

UNIVERSITETET I OSLO
Institutt for informatikk

Videostreaming i mobile miljøer

En studie av kvalitative og
kvantitative karakteristikk som
påvirker kvalitetsoppfattelsen ved
videostreaming i mobile miljøer

Masteroppgave
(60 studiepoeng)

Anita Andersen
Pål Backe

01.02 2006



Forord

Denne oppgaven er skrevet som en del av mastergraden i informatikk innenfor studieretningen distribuerte multimediasystemer ved Institutt for informatikk, som er underlagt det Matematisk-naturvitenskapelige fakultet ved Universitetet i Oslo. Arbeidet har pågått vår- og høstsemesteret 2005, samt deler av høstsemesteret 2006.

Vi vil gjerne takke vår interne veileder ved Institutt for informatikk, Thomas Plagemann, for oppmuntrende og konstruktiv veiledning underveis. Videre vil vi også takke vår eksterne veileder på Telenor, Anders Spilling. Vi er takknemlige for at du fikk oss til å føle oss velkomne på Telenor og at du bidro med mange lærerike tilbakemeldinger. Takk for lånet av ressurser og takk for særdeles god lunch på Telenor. Vedrørende Anders Spillings overgang til ny jobb i høstsemesteret 2005, vil vi takke Juan Carlos Calvet for støtten vi har fått de siste månedene av arbeidet med masteroppgaven.

En stor takk til testpersonene som gjorde brukerundersøkelsen mulig. Uten dere ville vi ikke kunne gjennomført oppgaven med samme problemstilling.

En stor takk går også til våre hjelpsomme korrekturlesere for gode innspill med hensyn til språk og oppbygning av oppgaven.

Oslo, 1. februar 2006

Anita Andersen

Pål Backe

Sammendrag

Denne oppgaven tar opp problematikken med å streame lyd og video over det mobile tredjegerasjonsnettverket, UMTS, til en mobiltelefon. Det legges vekt på de egenskapene ved UMTS og mobiltelefonen som er med på å definere utfordringene ved streaming i mobile miljøer. Med streaming menes her muligheten for å spille av en multimediasekvens uten å måtte laste ned hele sekvensen i forkant. Bruksområdet for streaming i denne oppgaven er hesteveddeløp.

I denne oppgaven vurderes protokoller og maskin- og programvarekomponenter med hensyn til å sette opp et streamingmiljø. Streamingmiljø forstås i denne oppgaven som de komponentene som trengs for å kunne streame lyd og video fra en streamingserver, via UMTS, til en mobiltelefon. På bakgrunn av dette streamingmiljøet, utvikles det en tjeneste for mobiltelefoner som kombinerer spill på hest med videostreaming. For å avdekke hva som påvirker kvalitetsoppfattelsen til potensielle brukere av denne streamingtjenesten, foretas en brukerundersøkelse som tester noen av begrensningene ved streaming av lyd og video i mobile miljøer.

Gjennomgående i oppgaven er vurderinger av tekniske hensyn for å tilpasse streamingtjenesten til brukerens behov på en best mulig måte. Dette tydeliggjøres gjennom vektleggingen av standarder i streamingmiljøet og det grafiske brukergrensesnittet i streamingtjenesten. Spesielt kommer brukerens synspunkter frem i brukerundersøkelsen der deres kvalitetsoppfattelse knyttes opp mot et utvalg av begrensninger man finner i et mobilt streamingmiljø.

Resultatene fra undersøkelsen viser at brukerne foretrekker at innholdet i videoklipp blir tilpasset mobilskjermen. Dette har med bildejusteringer og rammerate å gjøre. I videoklipp der detaljnivået i innholdet er viktig for opplevelsen, er lydbaserte instruksjoner sentrale. Undersøkelsen identifiserer ingen klare ressursbegrensninger på mobiltelefonen som benyttes, men tydeliggjør viktigheten av å ta hensyn til mobiltelefonens ressursbruk ved streaming. Det avdekkes åpenbare sammenhenger mellom rammerate og overføringshastighet ved streaming av video til mobiltelefon over UMTS. Dersom overføringshastigheten er lav (45 Kbit/s) bør også rammeraten være lav (5 rammer i sekundet). Dersom overføringshastigheten er høy (90 Kbit/s), bør også rammeraten være høy (15 rammer i sekundet). Brukerne ble negativt påvirket av tydelig reduksjon av tilgjengelig båndbredde. Pakketap var ingen begrensning.

Innhold

1. INNLEDNING	9
1.1 HISTORISK BAKGRUNN	9
1.2 MOTIVASJON	10
1.3 PROBLEMOMRÅDE	11
1.4 MÅLSETTING OG METODE	11
1.5 OPPGAVENS STRUKTUR	13
2. TEORETISK BAKGRUNN	14
2.1 KARAKTERISTIKKER VED MULTIMEDIABASERTE SANNTIDSAPPLIKASJONER	14
2.1.1 Applikasjonsparametere	15
2.1.2 Systemparametere	15
2.1.3 Nettverksparametere	17
2.1.4 Oppsummering av karakteristikk ved multimediaserte sanntidssystemer	17
2.2 STREAMINGPROSESSEN	17
2.3 RESSURSUTVIKLING PÅ MOBILTELEFONER	20
2.4 MOBILE NETTVERK	25
2.4.1 Mobil nettverksutvikling i Europa	25
2.4.2 UMTS	26
2.4.3 Pakkeflyten i pakkesvitsjet nettverk (PS)	31
2.4.4 Hastighet og tjenestetyper i UMTS	32
2.5 TJENESTEKVALITET I STREAMINGPROSESSEN	34
2.5.1 Applikasjonslaget	34
2.5.2 Systemlaget	38
2.5.3 Nettverkslaget	40
2.6 OPPSUMMERING AV TEORETISK BAKGRUNN	45
3. LIKNENDE ARBEID	46
3.1 BRUKERENS KVALITETSOPPLEVELSE	46
3.2 RUBBERDUCK MEDIA LAB	48
3.3 OPPGAVENS FOKUS MED HENSYN TIL LIKNENDE ARBEID	49
4. VALG AV STREAMINGMILJØ	50
4.1 VALG AV PROTOKOLLER I STREAMINGMILJØET	50
4.1.1 Kontrollprotokoller	50
4.1.2 Streamingprotokoller	52
4.1.3 Transportprotokoller	54
4.2 VALG AV MASKIN- OG PROGRAMVAREKOMPONENTER I STREAMINGMILJØET	56
4.2.1 Mobiltelefon	56
4.2.2 Kodek	58
4.2.3 Streamingserver	61
4.2.4 Transkoder	62
4.3 OPPSUMMERING AV VALG AV STREAMINGMILJØ	64
5. RIKSTOTO – EN TJENESTE SOM BENYTTER VIDEOSTREAMING	65
5.1 BAKGRUNN FOR UTVIKLINGEN AV TJENESTEN	65
5.1.1 Liknende tjeneste	65
5.2 KARAKTERISTIKKER AV HESTEVEDDELØP VED PRESENTASJON PÅ MOBILTELEFONEN	66

5.2.1	<i>Detalj- og fargesynlighet</i>	66
5.2.2	<i>Lydkvalitet</i>	67
5.2.3	<i>Bevegelsesmønstre</i>	67
5.2.4	<i>Lysforhold</i>	68
5.2.5	<i>Videoklippets lengde</i>	68
5.2.6	<i>Oppsummering av karakteristikk ved hesteveddeløp</i>	69
5.3	ARKITEKTUREN I RIKSTOTOTJENESTEN	69
5.3.1	<i>Rammeverk for Rikstotoapplikasjonen</i>	69
5.3.2	<i>Initialisering av Rikstotoapplikasjonen</i>	73
5.3.3	<i>Oppstart av video</i>	74
5.4	KOMMUNIKASJONSFLYT I RIKSTOTO	75
5.5	VALG AV PROGRAMMERINGSSPRÅK I RIKSTOTOAPPLIKASJONEN	76
5.6	PRESENTASJON AV PROGRAMMET	78
5.6.1	<i>Spillemodus</i>	79
5.6.2	<i>Videomodus</i>	80
5.7	ØNSKELIG FUNKSJONALITET I RIKSTOTOAPPLIKASJONEN	81
5.8	OPPSUMMERING AV RIKSTOTO - EN TJENESTE SOM BENYTTET VIDEOSTREAMING	82
6.	BRUKERUNDERSØKELSE	83
6.1	METODIKK	83
6.1.1	<i>Utvelgelse av deltakere</i>	84
6.1.2	<i>Valg av kvalitetsparametere og design av undersøkelsen</i>	85
6.1.3	<i>Tilrettelegging av testmiljøet</i>	90
6.1.4	<i>Spesielle krav til Studie 1 og Studie 2</i>	92
6.2	STUDIE 1: ZOOM- OG NAVIGERINGSJUSTERINGER	93
6.2.1	<i>Metode</i>	93
6.3	STUDIE 2: KONTINUERLIG VURDERING AV KVALITETSPARAMETERE	94
6.3.1	<i>Metode</i>	94
6.3.2	<i>Deltakere</i>	96
6.3.3	<i>Systemoppsett</i>	96
6.3.4	<i>Prosedyre</i>	96
6.4	FUNN I BRUKERUNDERSØKELSEN	97
6.4.1	<i>Kvalitative uttalelser og vurderinger av hesteveddeløpet</i>	97
6.4.2	<i>Applikasjonslaget</i>	100
6.4.3	<i>Systemlaget</i>	105
6.4.4	<i>Nettverkslaget</i>	108
6.5	OPPSUMMERING AV BRUKERUNDERSØKELSEN	116
7.	KONKLUSJON	118
7.1	RESULTATER	118
7.1.1	<i>Hvor finnes begrensningene i det mobile streamingmiljøet?</i>	118
7.1.2	<i>Hvilke karakteristikk ved det mobile streamingmiljøet har innflytelse på brukerens kvalitetsoppfattelse?</i>	119
7.1.3	<i>Konkluderende vurdering</i>	120
7.2	VIDERE ARBEID	121
7.2.1	<i>Forslag til å videre arbeid</i>	121
7.2.2	<i>Nye prosjekter</i>	122

VEDLEGG A: ORDLISTE	124
VEDLEGG B: AKRONYMER	127
VEDLEGG C: LISTE OVER FIGURER OG TABELLER	129
FIGURER:	129
TABELLER:	130
VEDLEGG D: UTTALELSER	132
VEDLEGG E: REFERANSER	133

1. Innledning

Overføring av lyd (audio) og bilde over trådbundne nettverk har fra midten av 90-tallet gjennomgått en gjennomgripende forandring. Utbygging av fastnettet og presentasjon av multimedia på PC, er faktorer som har bidratt til en ny virkelighet innen tilgangen på multimedia. Overføringen av multimedia over nettverket utviklet seg også til å omfatte streaming av lyd og video. Fordelen med streaming så man i muligheten for å spille av multimediasøkvensen samtidig som den ble lastet ned, noe som var effektiviserende. Streaming av multimedia regnes i dag som en populær tjeneste på Internett. En av grunnene til det er at datamaskiner og tilgang til Internett er å regne som en naturlig del av et moderne hjem.

Liknende utvikling ser man nå også innenfor det mobile markedet, hvor alle i dag disponerer en mobiltelefon enten i jobbsammenheng eller privat (teletilsynet 2005). Mobiltelefoner med støtte for mediaavspilling begrenser ikke lenger multimedia til hjemmebruk, men åpner for nye muligheter med hensyn til å kunne overføre lyd og video hvor og når som helst. Samtidig som mobiliteten innen streaming åpner for nye muligheter, fører den også med seg nye utfordringer.

1.1 Historisk bakgrunn

Multimedia på mobiltelefonen ble introdusert som ekstra funksjonalitet rundt år 2002. Endringer på skjermstørrelse, introduksjon av grafisk brukergrensesnitt og forbedringer av maskinvarekomponenter la grunnlaget for programvare og tjenester som muliggjorde behandling og overføring av video. Multimedia på mobiltelefonen ble spådd stor suksess. Den mest kjente multimediatjenesten, Multimedia Messaging Service (MMS), gjorde likevel ikke noe øyeblikkelig gjennombrudd sett i forhold til den allerede eksisterende tekstmeldingstjenesten, Short Message System (SMS). Fra 2003 til 2004 ble antall bilde- og videomeldinger firedoblet, men utgjorde kun 3,6 prosent av all meldingstrafikk (Hansen 2005).

Multimediagjennombruddet på mobiltelefonen var likevel viktig for videre utvikling av mobiltelefoner, tjenester og ikke minst det mobile nettverket. Behandling og overføring av multimedia krevde langt mer av ressursene på mobiltelefonen enn man opplevde med vanlig telefoni og tekstmeldinger. Behovet for ressursoppgraderinger var med på å utvikle mobiltelefoner som nå har liknende kapasitet som PC'en hadde i siste halvdel av 90 årene.

I tillegg til nedlasting av video, som for eksempel MMS, har utviklingen innen mobilteknologi også forbedret kvaliteten med hensyn til streaming. Ettersom streamingtjenester på Internett har blitt populært, forventes dette også å bli et viktig forretningsområde for mobile tjenester over bredbåndsnettverket Universal Mobile Telecommunication System (UMTS). Spesielt aktuelt er streaming av videoklipp med sportsinnhold (McCarthy, Sasse et al. 2004), men også direktesendt TV ser ut til å bli et viktig satsningsområde.

1.2 Motivasjon

For å oppnå suksess innen telekombransjen, holder det ikke bare at ny teknologi blir introdusert, forbrukeren må også se nytteverdien av teknologien (E-consultancy 2005). Nytteverdien blir ofte presentert gjennom nye tjenester eller videreutvikling av tjenester for å utnytte ny teknologi. Kostnadene for brukeren og innholdet i disse tjenestene har mye å si for hvor populær tjenesten blir, og hvordan den sprer seg i markedet (akseptansespredning). Hvordan tjenestetilbyderne utvikler og fremstiller tjenestene er dermed avgjørende for om forbrukeren ser nytteverdien og er villig til å betale for den.

Dette avsnittet ser på streamingtjenester¹ som tilbys over UMTS-nettverket i dag, og hvordan teknologien er med på å påvirke brukerens kvalitetsoppfattelse. Grunnen til at det fokuseres kun på tjenester i UMTS-nettverket, er at UMTS tilbyr bredbåndshastigheter. Dette gjør det mulig å sende mye data på kort tid og kan dermed være med på å øke kvaliteten på streamingtjenesten.

Den første i verden til å kommersialisere tjenester over mobilt bredbånd, var Japans ledende mobiloperatør, NTT DoCoMo. I 2001 ble streamingtjenesten V-Live lansert for japanske mobilbrukere. Tjenesten inneholder blant annet sport, musikk, nyheter og tegnefilmer. NTT DoCoMo utvikler stadig sin streamingtjeneste, men har enda ingen planer om å skape innhold for kringkasting (Japan 2005).

Som verdens største organisasjon innen telekombransjen, har også Vodafone tjenester som inneholder streaming. Produktet Vodafone Live!, som er basert på bruk av tjenester knyttet til multimedia, tilbyr streaming av lyd og video med mulighet for direktesending av diverse TV-kanaler. I forbindelse med multimediatjenester på 3G-nettverket, har Vodafone opprettet en egen TV-kanal for mobiltelefoner. Kanalen tilbyr høydepunkter innen sport, såpeserier og deler av andre TV-programmer. For å gjøre tjenesten interessant, sendes noen av programmene før de kommer på TV. I tillegg får brukere av mobil-TV også muligheten til å se ekstra videomateriell som videoklipp fra filmpremierer og eksklusive intervjuer. Tv på mobiltelefonen er i dag en av Vodafones mest populære informasjons- og underholdningstjenester.

Som operatør er det kun Telenor som tilbyr 3G-nettverk til mobiltelefonen i Norge og dermed også den eneste som kan utnytte dette nettverket med hensyn til streamingtjenester. I deres Entry-tjeneste kan brukerne enkelt nå sider hvor TV-kanaler, som NRK, TV2 og TV Norge, tilbyr streaming av videoklipp og direktesendinger på TV.

NRK var en av de første kringkasterne i Europa med et direktesendt streamingtilbud. Sendingene spesialtilpasses mobiltelefonen med tanke på blant annet overføringshastighet (bitrate), detaljfokusering, tidsredigering og bilderedigering, slik at opplevelsen på mobiltelefonen skal bli best mulig. Et eksempel på tilpasninger av en tjeneste finner man i dramaserien *Deadline Torp*. Serien er på 11 "mobisoder" som varer i ett og ett halvt minutt. Tilpasningsarbeidet med dramaserien har spesielt konsentrert seg om tidsreduksjon i hver scene, synlighet av bilder og situasjoner og å

¹ En streamingstjeneste defineres i denne oppgaven som en tjeneste som tar i bruk streaming av lyd og video

plukke ut høydepunkter. NRK anslo per 21.4 2005 at i underkant av 60.000 nordmenn hadde benyttet seg av deres mobil-TV (Stueland 2005).

Med hensyn til DoComo, Vodafone og Telenor ser man at streamingtjenester har blitt et interessant fokus hos mobiloperatørene. Mobiloperatøren DoCoMo, har siden 2001 eksperimentert med streaming for å tilby dette til sine mobilabonnenter. Telenor sammen med NRK har også hengt seg på denne bølgen og gjennom felles avtaler leverer de direktesendinger til mobiltelefonen. Hva slags holdning man har til slike tjenester og hvilke krav som stilles til kvalitet, får for tiden mye oppmerksomhet i ulike forskningsmiljøer. Hva som er viktig for kvalitetsoppfattelsen til brukere av streamingtjenester er av interesse for å kunne utvikle populære tjenester, med minimal ressursbruk. Derfor er en sentral del av forskningen å avdekke hvilke karakteristikk², eksempelvis tjenestekvalitetsparametre³ (QoS), som er viktige i et streamingmiljø⁴ for at kvaliteten på streamingtjenesten skal oppleves som tilfredsstillende.

1.3 Problemområde

Hvordan et videoklipp presenteres for brukeren er avgjørende for akseptansespredningen av en tjeneste som tilbyr streaming. Innen videostreaming til mobiltelefoner er de største tekniske utfordringene knyttet til egenskapene ved det mobile nettverket og mobiltelefonens tekniske spesifikasjoner. Mobiltelefonens tekniske spesifikasjoner vil i denne oppgaven si maskinvarekomponentene og programvaren som muliggjør streaming av multimedia. Hvordan man tilrettelegger et videoklipp for streaming med hensyn til disse utfordringene, og med tanke på selve innholdet i videoen, utgjør avgjørende faktorer for å få ønsket kvalitet.

Denne oppgaven tar utgangspunkt i følgende problemstilling:

Hvilke kvalitative og kvantitative karakteristikk ved UMTS og UMTS-kompatible mobiltelefoner er kritiske for brukerens opplevde kvalitet ved videostreaming.

For å komme frem til en løsning på problemstillingen tas følgende delproblemer opp:

- Hvor finnes begrensningene i et mobilt streamingmiljø?
- Hvilke karakteristikk ved et streamingmiljø har innflytelse på brukerens kvalitetsoppfattelse?

1.4 Målsetting og metode

Målet i denne oppgaven er å finne ut hva som påvirker kvalitetsoppfattelsen til en bruker ved streaming av lyd og video til UMTS-kompatible mobiltelefoner. Dette innebærer å finne ut hvilke krav som stilles til et streamingmiljø. Oppgaven deler

² Betegner i denne sammenhengen beskrivelsen av typiske trekk ved det mobile streamingmiljøet. Tjenestekvalitetsparametre i dette miljøet et eksempel på et typisk trekk.

³ Tjenestekvalitetsparametre er definert som en fellesbetegnelse for ytelsen til et system og hvordan disse påvirker hverandre for at et system skal fungere optimalt, Kalleberg, I. B. (2000). "Integrering av fleksibel signalisering i Da CaPo." Institutt for informatikk.

⁴ Et streamingmiljø omfatter maskinvare, programvare og protokoller som muliggjør streaming.

karakteristikk ved streamingmiljøet inn i tre lag: applikasjonslaget, systemlaget og nettverkslag, identifiserer de ulike parametrene på hvert lag, og utforsker et subsett av disse. I tillegg, blir det naturlig å utforske om det er en sammenheng mellom lagene. Det vil si om enkelte lag er avhengig av hverandre og dermed påvirker kvalitetsoppfattelsen.

For å nå målet består metodene for å løse oppgavens problemstilling i å tilegne seg kunnskap ut ifra litteraturstudier, sette opp et streamingmiljø, designe og utvikle en prototyp som tar i bruk streaming av multimedia og gjennomføre en brukerundersøkelse.

Det første som gjøres er å bli kjent med fagområdet ved å studere relevant litteratur, og å kartlegge problemområder rundt streaming av lyd og video til mobiltelefoner. Mye av informasjonsmaterialet vil dreie seg om streamingteknologi innen protokoller, programvare, maskinvare og nettverk. Det vil også legges vekt på spesielle konfigurasjoner av parametere innenfor tjenestekvalitet og ideer rundt mulige løsninger på eksisterende problemer innenfor streaming til mobiltelefoner. Dette vil studeres gjennom vitenskapelige artikler. På bakgrunn av litteraturstudiet vil det bli valgt komponenter i et streamingmiljø, og eksperimentert med ulike parameterjusteringer på de forskjellige tjenestekvalitetslagene.

For å illustrere bruken av videostreaming i en tjeneste, vil det designes, utvikles og implementeres en prototyp på grunnlag av en eksisterende spilltjeneste levert av Rikstoto. Rikstoto er landets største spilltjeneste innen hesteveddeløp, og derfor en interessant kandidat for å bruke tjeneste som kombinerer pengespill og videostreaming.

Avslutningsvis blir det gjennomført en brukerundersøkelse for å kunne svare på problemstillingen og for å oppnå målet med oppgaven. Sentralt her blir å undersøke hva som påvirker kvalitetsoppfattelsen til en bruker ved streaming av video. Brukerundersøkelsen tester derfor ulike karakteristikk og tjenestekvalitetsparametre, som vil gi kvalitative og kvantitative data. Kvalitative data blir samlet fra intervjuer hvor deltagerne svarer på spørsmål angående deres subjektive kvalitetsoppfattelse. De kvantitative data blir samlet ved å monitorere UMTS-nettverket samtidig som videoklippet blir streamet. I denne sammenheng analyseres et sett av karakteristikk og tjenestekvalitetsparametre som blir sammenliknet med kvalitetsoppfattelsen til deltagerne.

Fremgangsmåten kan oppsummeres ved følgende punkter:

- Foreta bakgrunnsstudier innen streaming av multimedia og applikasjonenes krav til et streamingmiljø.
- Velge komponenter i et streamingmiljø.
- Eksperimentere med parameterjusteringer ved streaming av videosekvenser med mye bevegelse.
- Designe og implementere en tjeneste som tar i bruk det valgte streamingmiljøet.
- Gjennomføre en brukerundersøkelse som avdekker karakteristikk og kvalitetsparametre som påvirker kvalitetsoppfattelsen til brukerne.

1.5 Oppgavens Struktur

Oppgaven er delt inn i 7 kapitler der kapittel 1 representerer innledningen med en historisk bakgrunn, kort beskrivelse av motivasjon, problemstilling og målsettingen og metodene som er benyttet i oppgaven. En teoretisk bakgrunn, som er nødvendig for å få fullt utbytte av innholdet i resten av oppgaven, blir presentert i kapittel 2. Kapittel 2 tar spesielt for seg tjenestekvalitet og teknologi som er aktuell med hensyn til videostreaming. Kapittel 3 omhandler liknende studier og arbeid som har bidratt med gode retningslinjer og ideer for denne oppgaven. Med hensyn til å sette opp et streamingmiljø, inneholder kapittel 4 valg av protokoller og komponenter. Disse protokollene og komponentene blir brukt i sammenheng med Rikstotoapplikasjonen som presenteres i kapittel 5. Kapitlet tar for seg utviklingen av en tjeneste på mobiltelefonen som benytter seg av videostreaming. For å kunne svare på problemstillingen, utføres en brukerundersøkelse i kapittel 6. Kapitlet omhandler kvalitetsopplevelsen til brukere ved videostreaming av hesteveddeløp og ser på karakteristikkene tjenestekvalitetsparametere ved det mobile streamingmiljøet med hensyn til undersøkelsen som foretas. Kapittel 7 inneholder en konklusjon med oppsummering av hva som er gjort i oppgaven, de viktigste funnene som er gjort og arbeid som kan være aktuelt å gjøre videre. Oppgavens struktur kan oppsummeres med følgende inndeling:

Kapittel 1: Presentere innledningen med bakgrunn, problemstilling, mål og metode.

Kapittel 2: Tar for seg tjenestekvalitet og teoretisk bakgrunn for streaming og knytter dette sammen i delen om Tjenestekvalitet i Streamingprosessen.

Kapittel 3: Refererer til liknende arbeid som er blitt utført og teknologi som har vært med på å prege denne oppgaven.

Kapittel 4: Omhandler valg av protokoller og maskin og programvarekomponenter.

Kapittel 5: Beskriver arbeidet som er utført i Rikstototjenesten.

Kapittel 6: Tar for seg brukerundersøkelsen som er utført og analyserer funnene.

Kapittel 7: Oppsummerer og konkluderer oppgaven samt foreslår temaer for videre arbeid.

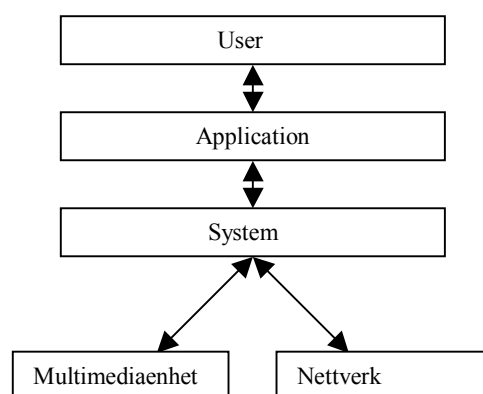
2. Teoretisk bakgrunn

Dette kapitlet tar for seg relevant bakgrunnsinformasjon om videostreaming som først og fremst skal bidra til å øke forståelsen av resultatene presentert i kapittel 6.

Avsnitt 2.1 ser på tjenestekvalitet i multimediaserte sanntidsapplikasjoner. Dette avsnittet setter rammen for hvordan karakteristikkene og tjenestekvalitetsparametrene ved det mobile streamingmiljøet i oppgaven blir delt opp i lag. Avsnitt 2.2 går gjennom streamingprosessen fra det filmes til det streames til en mobiltelefon. Avsnitt 2.3 gir en innføring i utvikling av ressursene på mobiltelefonen og tar opp hvordan dette påvirker trender innen videostreaming. Avsnitt 2.4 gir en generell bakgrunn for mobilkommunikasjon og fokuserer på problemene med streaming i et UMTS-nettverk. Til slutt gir 2.5 innføring i tjenestekvalitet i streamingprosessen hvor sentrale karakteristikk og tjenestekvalitetsparametre identifiseres.

2.1 Karakteristikk ved multimediaserte sanntidsapplikasjoner

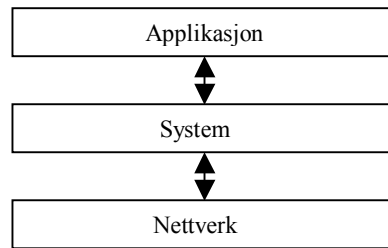
Tjenestekvalitet, eller Quality of Service (QoS), i en sanntidsapplikasjon basert på multimedia er karakterisert av et bredt spekter av parametre. Tjenestekvalitetsparametre blir her brukt om parametre som har innvirkning på videokvaliteten ved streaming. Betegnelsen sanntidsapplikasjonen defineres som en applikasjon som utfører oppgaver med minimum forsinkelse. Tradisjonelt sett har tjenestekvalitet vært knyttet til nettverkslaget i et kommunikasjonssystem. Ettersom ende- til endekvaliteten i et sanntidsmultimediasystem avhenger av langt flere parametre enn de som finnes på nettverkslaget, er tjenestekvalitetsbegrepet blitt utvidet. I den sammenheng, og for å få en oversiktlig fremstilling av tjenestekvalitetsparametrene, tar oppgaven utgangspunkt i Steinmetz og Nahrstedt sin lagdelingsmodell innenfor QoS i et multimediasystem (Figur 2.1) (Nahrstedt 1995). Denne modellen deler opp QoS-parametre i fire lag som består av bruker, applikasjon, system og nettverk/multimediaenhet.



Figur 2.1: Lagdeling av kvalitetsparametre. Hentet fra side 419 i (Nahrstedt 1995).

For å best mulig få frem fokuset i denne oppgaven, gjøres noen tilpasninger av modellen til Steinmetz og Nahrstedt. Først og fremst går disse tilpasningene ut på å sette lys på brukerens opplevde kvalitet, med hensyn til karakteristikk og kvalitetsparametrene på applikasjonslaget, systemlaget og nettverkslaget. Modellen

som vil benyttes i denne oppgaven har derfor ikke med brukeren som et eget lag. Den tar utgangspunkt i hvordan kvalitetsoppfattelsen til brukeren påvirkes av tjenestekvalitetsparametrene på lagene illustrert på Figur 2.2. Videre tilpasses modellen ved at tjenestekvalitetsparametrene på multimediaenhetlaget i denne oppgaven fordeles på system- og nettverkslaget. Denne tilpasningen gjøres med tanke på at antall kvalitetsparametere fra multimediaenhetlaget som er sentrale for denne oppgaven er såpass lite og likner i stor grad på de som finnes på system- og nettverkslaget. Eksempler på dette er tids- og gjennomstrømningskrav.



Figur 2.2: Kvalitetsmodellen

Videre introduseres de ulike parametrene på hvert av lagene i den nye QoS modellen. Spesielt hvilke som er viktige for mobiltelefoner og videostreaming.

2.1.1 Applikasjonsparametere

Karakteristikk ved applikasjonslaget beskriver hvilke krav applikasjonen må dekke for å tilfredstille brukerens kvalitetsoppfattelse med hensyn til multimediatjenesten. Multimediatjenesten er i denne sammenheng den tjenesten som tilbyr videostreaming. Kravene på dette nivået står i forhold til presentasjonen av multimediainnholdet.

Hvilke parametere på applikasjonsnivået som er sentrale i denne oppgaven, er også knyttet til at klienten er en mobiltelefon. For å kunne tilby brukeren en best mulig opplevelse av multimediainnholdet på en mobiltelefon, er man helt avhengig av å ta hensyn til egenskapene som kjennetegner mobiltelefonen.

På applikasjonsnivået er de fleste parametrene i denne oppgaven påvirket av skjermstørrelsen på mobiltelefonen. Skjermstørrelsen på en mobiltelefon er som regel mindre enn hva man er vant til fra andre presentasjonsmedier. Hvordan man presenterer et videoklipp avhenger i stor grad av dette. Det blir i den sammenheng viktig å konsentrere seg om de betydningsfulle delene av bildet og innholdet i videoklippet. I tillegg er oppløsningen i bildet, vurdering av hvor mange rammer som skal presenteres hvert sekund (rammerate eller fps), samt tenke gjennom varigheten og lyd kvaliteten i videoklippet, sentrale overveielsesområder ved presentasjon av videoklipp på denne skjermstørrelsen.

2.1.2 Systemparametere

Systemparametere beskriver i denne oppgaven ressurser som CPU, bufringskapasitet, grafikk og batterikapasitet. Det gis her en kortfattet innføring i hvordan disse påvirker videostreaming på mobiltelefoner.

De fleste nyere mobiltelefonene har operativsystemer som støtter multitasking. Dette betyr at telefonene kan eksekvere flere applikasjoner samtidig. Ressursene som er tilgjengelig på mobiltelefonen vil da deles. Dette betyr at multimediaapplikasjoner som benytter streaming av lyd og video, ikke er alene om bruken av ressursene på mobiltelefonen.

Videostreaming krever mer av ressursene på mobiltelefonen enn hva standard telefoni gjør. Dette er på grunn av at presentasjon og tilrettelegging av video krever mer CPU-tytelse. I tillegg til hastighetskravet er det viktig at CPU'en kan garantere kapasitet. Det at CPU'en garanterer kapasitet betyr at prosessering av data må utføres hurtig og i samsvar med tidsfrister. Dette er på grunn av at CPU'en skal utføre operasjonene rettferdig. Dersom en prosess, for eksempel en streamingapplikasjon, trenger mer CPU-kraft enn andre applikasjoner, bør denne prosessen få mer tilgang til CPU'en enn de andre prosessene. Det er også viktig å tenke på at kraftig utnyttelse av CPU'en tapper batteriet.

Ved videostreaming er bufferkapasiteten viktig. Teoretisk skal det være mulig å motta en og ramme og spille av disse uten å lagre rammene i bufferet⁵, men dette forutsetter en nøyaktig synkronisering mellom mottager og sender. Det vil si at transportprotokollen som brukes må ha en kompleks flytkontroll. Dette er umulig å oppfylle i praksis ettersom ulike faktorer som begrensninger i CPU-kapasiteten eller variasjon i overføringshastigheten spiller inn. Det vil derfor være behov for å bufre rammer. Det må da tas hensyn til hvor mye data per tidsenhet som da kan bufres opp i forhold til hvor mye som kan prosesseres. Det er da viktig å overholde tidsfrister for avspilling av rammene. Dersom en ramme ikke er tilgjengelig på et bestemt tidspunkt, blir den droppet. Dette er ikke alvorlig med tanke på opplevelsen av videoklippet så lenge etterfølgende rammer overholder tidsfristene. Lyd har mye strengere tidsfrister enn video på bakgrunn av at øret er mer sensitivt overfor forsinkelsesvariasjon (jitter) på lyd, enn menneskets øye er for forsinkelsesvariasjon på video.

Presentasjon av grafikk krever vesentlig større minneressurser enn for eksempel tjenester som SMS eller digital tale, og det er viktig at minneadministrasjonen sørger for tilgang til data med en garanti på forsinkelse og effektiv datamanipulering. For eksempel er det viktig å unngå fysisk kopiering i minnet da dette er kostbare operasjoner som påvirker den totale ytelsen. Det er da viktig med en rask CPU som ikke vil påvirke den totale ytelsen. Dette vil forsinke prosesseringen av rammer i bufferet og dermed vil ikke avspillingsfristen overholdes og pakkene som inneholder rammene vil droppes. Dette vil påvirke den opplevde kvaliteten.

Batterikapasiteten er viktig med tanke på å opprettholde mobiltelefonens strømforsyning. Dette er en begrensning med hensyn til at prosesseringen av multimedia konsumerer batteri. Prosesseringen av multimedia må i tillegg dele strømrressursene med de andre funksjonene i mobiltelefonen. Dette er blant annet tale og SMS-meldinger.

⁵ Buffer er betegnelsen på et mellomlager. I dette tilfellet et mellomlager på mobiltelefonen for pakker som kommer fra nettverket. Pakkene lagres her før de prosesseres av CPU'en.

2.1.3 Nettverksparametere

QoS-parametere i nettverket er sentrale ettersom sanntidsapplikasjoner har strenge tidskrav til leveranse av pakker. Det er derfor interessant å se på de ulike tjenestekvalitetsparametrene for å forstå hvordan kravene til applikasjonen oppfylles i nettverket.

For video er blant annet lav forsinkelse fra sender til mottager viktig. Nettverket kan ved forsinkelse tillate pakker å bufres i en bestemt tidsperiode eller garantere en bestemt båndbredde for pakkestrømmen. På denne måten kan multimediapakker oppnå en garanti for overføringen, slik at kravet om lav forsinkelse tilfredsstilles.

Det er flere mekanismer som er med på å forsikre kravet til lav forsinkelse. En av dem er unngåelse av retransmisjoner av pakker. Ved å unngå retransmisjoner dersom pakker ikke kommer frem, kan den tiden det tar å sende pakken på nytt, spares. Retransmisjoner har ofte heller ingen nytteverdi i sanntidsapplikasjoner ettersom pakkene er ubrukelige dersom de ankommer etter spillefristen.

I tillegg til forsinkelse kreves en lav forsinkelsesvariasjon. Dersom variasjonen i forsinkelse er for stor i forhold til kravet til applikasjonen, vil kvaliteten på videoklippet reduseres.

Pakketap er også med på å påvirke kvaliteten til sanntidsapplikasjoner, og bør ikke forekomme for ofte i et nettverk som transporterer videopakker ettersom mekanismer som retransmisjon er fjernet. Det er derfor viktig med et overføringsmedium som er pålitelig i forhold til kravet som stilles av multimediaapplikasjonen.

Videostreaming er ikke så sensitive mot feil i pakkene (bitfeil), som for eksempel nedlastning av tekstfiler er. Dette skyldes at helheten ved videostreaming ikke nødvendigvis påvirkes dersom enkelte pakker inneholder bitfeil. Det er derfor mer ønskelig å spille av en pakke med noen bitfeil enn at den kastes. Det kan forklares ut ifra at det er bedre å godta delvis korrupt informasjon enn å forkaste hele pakken som kan inneholde verdifull informasjon. Tekstfiler er derimot vesentlig mer sensitiv på bitfeil i og med at mangelfull tekst kan gi en helt ny mening.

2.1.4 Oppsummering av karakteristikkene ved multimediaserte sanntidssystemer

For å få bedre oversikt over karakteristikkene i et mobilt streamingmiljø deles de inn i tre lag: applikasjonslag, systemlag og nettverkslag. Kvalitetsmodellen som ble presentert i Figur 2.2, blir brukt som en referansemodell videre i oppgaven. Spesielt vil Kvalitetsmodellen være synlig i kapittel 2.5 om Tjenestekvalitet i streamingprosessen og i kapittel 6.4 om Funn i brukerundersøkelsen.

2.2 Streamingprosessen

Streaming er en overføringsmekanisme som gjør at man kan se video samtidig som den transporteres over nettverket. Ved tradisjonell nedlastning av video over nettverk har brukere vært vant til å måtte laste ned hele videofila før den kunne spilles av. Streaming kan deles inn i to kategorier: streaming ”på forespørsel” (”on demand”)

og ”direkte” (”live”) streaming. Det som i hovedsak skiller de to kategoriene, er at ved direkte streaming overføres videoklippet som en direktesending, mens det ved streaming på forespørsel overføres et opptak av videoklippet. Denne oppgaven konsentrerer seg om streaming på forespørsel.

Å presentere et overordnet perspektiv på prosessen fra det filmes til filmen kan vises på en mobiltelefon, er viktig for å kunne forstå detaljnivået senere i oppgaven. Prosessen er skissert i Figur 2.3, og starter med at videoklippet konverteres fra et format som lages av kameraet, til et type videoformat som støttes av PC. Denne prosessen blir kalt ”capturing” eller ”innfanging”.

Etter innfangingen kan videoklippet konverteres til et format for streaming. Dette blir kalt ”encoding” eller ”transkoding”. Transkoding har hovedsakelig to formål. Det ene er komprimering som har til hensikt å redusere antall bits som skal overføres i en tidsperiode (Glossery 2006). Dette er viktig for at videopakke skal komme frem til rett tid for avspilling på mobiltelefonen. Det andre formålet er å konvertere til et filformat som støttes av streamingsserveren og spilleren på mobiltelefonen. Komprimeringen og konverteringen utføres ved hjelp av en algoritme eller et program som går under betegnelsen kodek. Filformatene etter transkodingen kan for eksempel være av typen .mp4, .3gp eller .rm, avhengig av kodeken som benyttes for å komprimere videoklippet.

Ettersom det her fokuseres på videostreaming over et mobilt nettverk, er det behov for en transkoder som, ved hjelp av en kodek, kan tilpasse videoklippet til mobiltelefoner. For å kunne tilpasse videoklippet til en mobiltelefon må funksjonaliteten i transkoderen innebære tilpasning av skjermstørrelse/oppløsning. Det må også være mulighet for å justere parametere som er i samsvar med egenskapene ved det mobile nettverket og med hensyn til hva ressursene på en mobiltelefon kan håndtere.

Noen digitale kameraer foretar både innfanging og transkoding automatisk ved at de støtter kodeker som for eksempel MPEG-4SP. Dersom kameraet i tillegg kan kobles til Internett, kan det oppføre seg som en streamingsserver og presentere videoklippet på Internett samtidig som det filmes. Det finnes også programvare for PC som foretar innfanging og transkoding i en prosess. I denne oppgaven blir transkodingen gjort av et eget program (transkoder). Detaljer rundt andre teknologier blir ikke presentert videre.

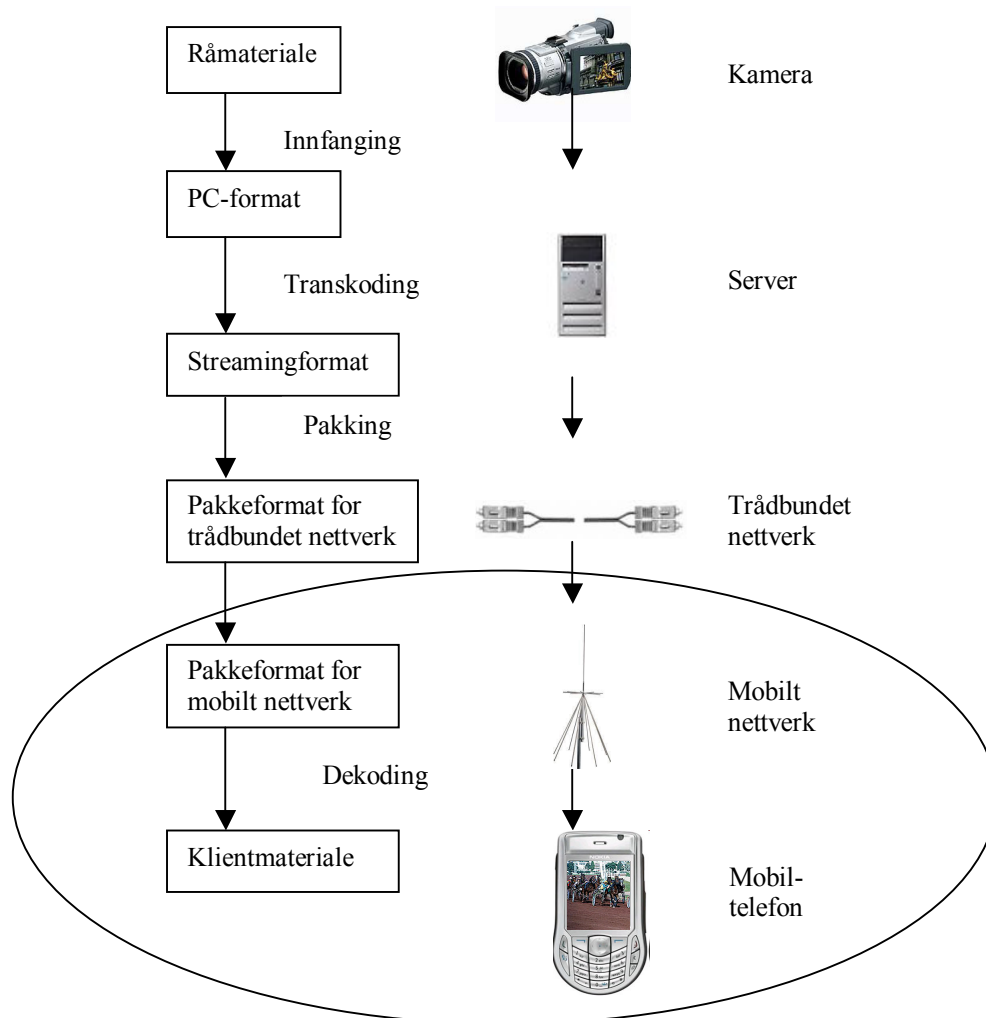
For at et videoklipp skal være tilgjengelig for streaming, er det nødvendig med en server som kan lagre og tilby videoklippet. Denne funksjonaliteten finnes i en såkalt streamingsserver. Ettersom videoklipp krever mye plass, er det viktig at streamingsserveren har stor lagringskapasitet. For å bidra til en best mulig streamingtjeneste, er det også viktig at serveren er dedikert til streamingoppgaven og er tilknyttet et nettverk med god overføringskapasitet. Hva som betegnes som god overføringskapasitet avhenger av hvor mange brukere som kobler seg opp mot tjenesten og hvilke krav man setter til kvaliteten på videoklippet.

Ved transportering av data over nettverket blir videoklippet delt opp i pakker. Fra serveren vil pakkene eksporteres over et trådbundet nettverk til en basestasjon. Basestasjonen sender pakkene videre over et mobilt nettverk, for eksempel UMTS, til en mobiltelefon, eksempelvis Nokia 6630. Basestasjonen er knyttet til det

dekningsområdet mobiltelefonen befinner seg i. Disse kommuniserer direkte med hverandre helt til klienten forlater området og knytter seg til en annen basestasjon eller avbryter overføringssekvensen.

Kommunikasjonen og overføringen av pakker over nettverket blir styrt av protokoller. For en videostreamingsekvens vil man typisk kunne opprette forbindelsen mellom mobiltelefonen og streamingserveren ved hjelp av Transmission Control Protocol (TCP), transportere pakkene ved hjelp av User Datagram Protocol (UDP), kontrollere strømmen ved hjelp av Real-Time Streaming Protocol (RTSP), og administrere overføringen av multimediainnholdet ved hjelp av Real-Time Transport Protocol (RTP). Protokollene beskrives nærmere i kapittel 5.1 om Valg av protokoller.

Når de første pakkene ankommer mobiltelefonen, dekodes dataene av samme kodek som ble brukt i kodingsprosessen. Deretter startes mediaspilleren opp, og videoen begynner å spille av. Samtidig som videoklippet spilles av, mottas og dekodes stadig flere pakker, og mer av filmen kan presenteres. Denne mekanismen er usynlig for brukeren og går stort sett ut på det samme som å se en vanlig film. Pakkene som mottas over nettverket kan ses på som de individuelle bildene en film består av.



Figur 2.3: Streamingmodellen viser streamingprosessen med oppgavens fokusområde.

Som vist på Figur 2.3 fokuserer denne oppgaven hovedsakelig på egenskaper ved det mobile nettverket og den mobile klienten som påvirker brukerens opplevde kvalitet av lyd og video.

2.3 Ressursutvikling på mobiltelefoner

Dette delkapittelet tar for seg utviklingen av ressursene på mobiltelefonene som er viktig å ta i betraktning for kvalitetsopplevelsen ved videostreaming. Det legges vekt på hva man kan forvente seg av kapasitet i dag og hvordan denne utviklingen kommer til å endre seg i fremtiden. Dette er med tanke på CPU-kapasitet, buftringskapasitet, grafikk og batterikapasitet. Disse ressursene er viktige å ta i betraktning i et streamingmiljø, da de påvirker den totale ytelsen. Grunnet ressursutviklingen presenteres trender i markedet som også er med på å påvirke kravet til å forbedre ressursene.

For å kunne støtte streaming av lyd og video, benytter mobiltelefonene seg av prosessorer som er tilpasset prosessering av multimedidata. ARM er et eksempel på en prosessorfamilie som er laget for dette, og designet for å kommunisere med en rekke operativsystemer på mobiltelefoner som Symbian OS, Microsoft Windows, Linux, Palm og SavaJE. I tillegg støtter prosessoren ulike kodeker som er optimalisert for streaming. En teknikk som brukes for å oppnå denne optimaliseringen, er å utvikle prosesseringsalgoritmer slik at det er mulig å oppnå høyere oppløsning og overføring av flere rammer per sekund (Intel 2005).

Innen ARM-familien finnes en rekke prosessortyper som for eksempel ARM7, ARM9 og ARM11. På grunn av kravet til økt prosesseringshastighet har ARM9-prosessenoren langt på vei erstattet ARM7 og finnes i en rekke mobiltelefoner i dag. Et eksempel på en mobiltelefon som benytter ARM9-prosessenoren er Nokia 7650 som kom ut i 2002 og var den første Nokiatelefonen som støttet streaming over General Packet Radio Service (GPRS). Prosessenoren i denne telefonen har en hastighet på 104 MHz. Den samme prosessenoren blir brukt i Nokia 6600 som kom ut året etter. Denne mobiltelefonen støtter også streaming over GPRS (CNet Sist besøkt 28-01.06).

Andre mobiltelefoner som bruker ARM9-prosessenoren er Nokia 6630 og Nokia 6680. Begge disse Nokiatelefonene er 3G-telefoner som støtter streaming. Nokia 6630 og Nokia 6680 skiller seg fra blant annet Nokia 6600 fordi den har en mer kraftfull CPU. Prosessorhastigheten i disse telefonene er på 220 MHz. Nokia 6680 kom ut i begynnelsen av 2005, og på 2 år har Nokia doblet CPU-hastigheten på sine series 60 telefoner. En av grunnene til økningen av CPU-kraften er at overføringen av data over 3G-nettverket er tilpasset høyere overføringshastigheter og dermed krever hurtigere prosessering enn overføring av data over GPRS. I fremtidige telefoner, der kravet til prosessorhastighet er enda høyere, kommer ARM9 til å bli erstattet av ARM11. Da vil prosessorhastigheten øke fra 200 til 500 MHz. Slike hastigheter på prosessenoren var vanlig i datamaskiner på midten av 90-tallet.

Blant annet på grunn av utvidet prosesseringskraft åpner fremtidens ARM11-telefoner for helt nye muligheter innen grafikk på mobiltelefoner. Under en demonstrasjon av en

ny Texas Instruments Open Multimedia Application Platform (TI OMAP) telefon, på en messe i Cannes februar 2005, eksekverte telefonen to applikasjoner på to forskjellige skjermer samtidig. Den ene skjermen, på størrelse med en mobilskjerm, eksekverte et spill samtidig som den andre skjermen viste en film. Dette er ikke mulig med dagens telefoner, hovedsakelig på grunn av begrensninger i prosessorkapasiteten (Segan 2005). Denne teknologien gjør det mulig å streamet to forskjellige innhold på en gang.

I tillegg til ARM-prosessoren benyttes også Intel-prosessoren i mobiltelefoner. I likhet med ARM, består Intel av flere ulike prosessorfamilier, blant annet Intel Xscale. Denne prosessorfamilien sørger for forbedret multimediatytelse. PXA255, som er en type prosessor innen Intel Xscale-familien, støtter hastigheter på 200, 300 og 400 MHz. Den er designet for å forlenge batterilevetiden, og egner seg derfor spesielt til bruk i mobiltelefoner. I tillegg har den 2 KB (Kilo Byte) mini data cash dedikert for datastreaming. Dette gjør at prosesseringen av data går raskere. Et annet medlem av familien og noe av det siste innen prosessorteknologi fra Intel, Intel PXA27X, støtter hastigheter fra 312-624 MHz (Intel 2005), og er også optimalisert for å forlenge batteriets levetid. Intel PXA27X nyttiggjør seg i tillegg av Intel Wireless Multimedia Extended (MMX) som brukes for å oppnå bedre ytelse for blant annet applikasjoner som streaming av lyd og video. Intel MMX muliggjør også bruk av større fargeskjermer.

På grunn av at Intel-prosessoren støtter større LCD-fargeskjermer brukes den i de fleste PDA'er. Et eksempel på dette er Microsoft som har valgt denne prosessoren i sine PDA-lignende QTEX-telefoner. QTEX-telefonene støtter prosessorhastigheter på 206, 263, 400 og 416 MHz avhengig av telefontype.

I de senere årene har også flere mobilprodusenter betrodd seg til Intel-prosessoren. For eksempel benytter Motorola Intel-prosessorer som støtter hastigheter på 200 eller 312 MHz. Samsung bruker også samme strategi som Motorola og har mobiltelefoner med prosessorer fra Intel som støtter hastigheter fra 206-520 MHz. Teknologien fra Intel benyttes i tillegg av Siemens og Blackberrytelefonene, og i enkelte håndsett fra Siemens oppnås en prosessorhastighet på 400 MHz. I Blackberrytelefonene, produsert av RIM, benyttes blant annet Intel PXA901 med en prosessorhastighet på 312 MHz. For å være konkurransedyktig i forhold til de andre mobilprodusentene, har også Nokia planer om å levere sine fremtidige telefoner med Intel Xscale prosessoren (3GNewsRoom 2004). De ulike mobiltelefonene fra de forskjellige mobilprodusentene, som benytter Intelprosessorer, støtter streaming av lyd og video.

I Tabell 2.1 til 2.4 fremstilles en oversikt over prosessorkraft, Random Acces Memory (RAM) og skjermopløsning til fire verdensomspennende mobilprodusenter. Dette er Samsung, Nokia, Motorola og Siemens. De forskjellige mobilmodellene som fremstilles er fra perioden 2003-2006. Disse mobiltelefonene er valgt med hensyn til støtte for streaming.

Modell	CPU (MHz)	RAM (MB)	Skjermopløsning	Utgitt
I300	Intel Xscale (416)	64	QVGA	2004
SGH P300	Intel Xscale (520)	64	QVGA	2005
SGH i819	Intel Xscale (624)	64	QVGA	2006

Tabell 2.1: Ressurser i Samsungtelefoner.

Modell	CPU (MHz)	RAM (MB)	Skjermopløsning	Utgitt
6600	ARM9 (104)	6	QCIF	2003
6680	ARM9 (220)	10	QCIF	2005
6233	Intel Xscale (520)	64	QVGA	2006

Tabell 2.2: Ressurser i Nokiatelefoner.

Modell	CPU (MHz)	RAM (MB)	Skjermopløsning	Utgitt
MPX	Ti OMAP (200)	32	QVGA	2004
RAZR V3	Ukjent	64	QCIF/VGA	2005
Q	Ukjent	Ukjent	QVGA	2006

Tabell 2.3: Ressurser i Motorolatelefoner.

Modell	CPU (MHz)	RAM (MB)	Skjermopløsning	Utgitt
SX1	ARM9 (104)	6	QCIF	2003
SL75	Ukjent	52	132x176 piksel	2005
Ingen utgivelse av mobiltelefoner i 2006 ⁶				2006

Tabell 2.4: Ressurser i Siemenstelefoner.

Med prosessorhastigheter støttet av Intel, ser man ut i fra tabellene en fremtredende økning i ytelse. Det støttes i dag en prosessorhastighet opptil 520 MHz, i forhold til 2003 hvor prosessorhastigheten i de fleste mobiltelefoner var 104 MHz. Dette er en økning med en faktor på omlag 5 på 2 år. Med en slik utvikling vil man i 2010, oppnå en prosessorhastighet på over 1.5 GHz. Ved streaming av video hjelper det ikke at kun CPU-ytelsen øker. Faktorer som blant annet bufningskapasiteten som opptar plass i RAM, påvirker også videokvaliteten.

Antall MB RAM telefonene inneholder i dag varierer, men mobiltelefoner som benytter Intel Xscale støtter opptil 128 MB. Smarttelefonene som er presentert i

⁶ Oversikt over de nyeste mobiltelefonen til Siemens: <http://www.mobile-review.com/phonemodels/siemens/siemens-sf65-en.shtml>

Tabell 2.1 til 2.4 benyttet 64 Mb i 2005 og i 2006. Siemens og Nokia ligger noe etter Motorola og Samsung i denne utviklingen. Nokia hadde i løpet av perioden 2005 til 2006 en økning på en faktor på 10, mens Siemens hadde en faktor på omlag 8 fra 2003 til 2005. Denne kraftige økningen skyldes blant annet overgangen til en mer kraftig CPU. I tillegg ble det i 2005 vanlig med QVGA-skjermoppløsning. Dette er en oppløsning på 320x240 piksler i forhold til QCIF som er 176x144 piksler. QCIF finnes i de fleste Nokiatelefonene under series 60 plattformen, og de første QCIF-telefonene kom ut i 2003.

Ettersom prosessorhastigheten, RAM og skjermoppløsningen øker, er det viktig å ta hensyn til utnyttelsen av batteriet. I eksisterende mobiltelefoner er det LCD-skjermen som trekker mest strøm, og forbruket øker med størrelsen på skjermen. Telefonen er som regel skrudd på hele tiden. Dermed vil LCD-skjermen kontinuerlig bruke batteriet. Skjermspare og innstillinger slik at lyset på displayet slukker når telefonen ikke er i bruk, er teknologi som er med på å spare batteriet. Antennen i mobiltelefonen tapper også batteriet spesielt ved sending. I områder der dekningen er dårlig, vil batteriet tappes på bakgrunn av at telefonen søker etter nettverk. Videostreaming vil også tappe batteriet for strøm. Dette er blant annet på grunn av bruk av CPU'en.

Ved videostreaming over 3G-nettverket vil prosesseringen av videoklippet bidra til ytterligere konsumering av batteriet, men i følge Intel vil Intel Xscale PXA270 konsumere mindre batteri enn forgjengeren, Intel Xscale PXA262. For eksempel vil batterilevetiden holde 42 prosent lengre ved avspilling av MP3 filer og 77 prosent lengre ved avspilling av QVGA video (Hardy 2004).

Med hensyn til at mobiltelefonene blir kraftigere, har noen mobilprodusenter gitt ut mobiltelefoner som er spesielt egnet for multimedia. Nokia har blant annet designet en egen serie som går under betegnelsen Nseries Multimedia Handset. I denne serien kom Nokia ut med en mobiltelefon ved navn N90 i 2005. Denne mobiltelefonen er designet for blant annet streaming av lyd og video, støtter 3G-nettverket og har en skjermoppløsning på 352x416. I tillegg har den en fargeoppløsning på 262,144 (18bits) og benytter ARM9 med en CPU-kraft på 220 MHz. Dette er den samme prosessoren som blir brukt i Nokia 6630 og 6680, og er den kraftigste prosessoren som blir brukt i dagens serie 60 telefoner basert på Symbian OS. N90 har totalt 48Mb RAM i motsetning til Nokia 6630 og 6680 som støtter 8-10 MB. Dette er en økning på omtrent en faktor med fem, og en faktor med 6 i forhold til den første Series 60 telefonen, Nokia 7650 (Jerz 2005).

Utviklingen av mobiltelefonen åpner muligheten for å skape nye trender i mobilmarkedet. Et eksempel på dette er digital TV-kringkastning. Mange land i verden planlegger å avslutte analog TV-kringkastning og satse på en digital overføring av signalene. I den forbindelse planlegger Japan å avslutte analog TV overføring i 2011 (Communications 2003). Dette åpner for nye muligheter for streaming til mobiltelefonen. Både ved streaming på forespørsel og ved direktesending.

Det er tydelig at Microsoft og Linux følger trendene i markedet når det gjelder digital TV på mobiltelefonen. I 2005 presenterte Microsoft og Linux en demo som viser High Definition Digital Television (HD DTV) til mobiltelefoner. Samsung har også fulgt med på denne trenden og presenterte samme år sitt første mobile Digital Video

Broadcasting-Handheld (DVB-H) håndsett som støttet 3G- og GSM/GPRS-nettverket. Dette håndsettet har innebygd TV-skjerm som mottar DVB-H kanaler i sanntid. Skjermen er en QVGA skjerm på 2 tommer som støtter presentasjon av opp til 30 bilder i sekundet. Støtte for det nyeste innen kodeker som H.264 og AAC+ video/lyd dekodningsteknologi, gjør dette til en foregangstelefon innen multimedia og mobilteknologi. Med dette menes at mobiltelefonen forventer å vise en forbedring med tanke på kvalitetsoppfattelse.

Innen TV, satser Samsung på filmer som skal vises på mobiltelefonene i fremtiden. De har lansert et nytt konsept som blir kalt "*Ubiquitous Film*". Filmene vises på Samsungtelefonene hvor det er mulig med interaksjon med tanke på å manipulere filmene. Det er da mulig å endre historiene og løse gåter relatert til filminnholdet. Det skal være 11000 forskjellige måter å se innholdet av filmene på (Newlaunches.com 2005).

Nokia og LG har også demonstrert mobiltelefoner med digitale TV-sendinger, med forskjellige digitale TV-standarder, levert over et mobilt nettverk. Nokia 7710 blir blant annet testet i Pittsburg sammen med Crown Castle og viser digital TV over et mobilt nettverk. Crown Castle er et av de ledende selskapene på dette området. De er eier og operatør av trådløse kommunikasjonslinjer og kringkastings infrastruktur. Digital TV er en allerede en realitet i Asia, og er nå i ferd med å entre det europeiske markedet (Segan 2005).

Blackberrytelefonene fra Research In Motion (RIM) satser ikke bare på skjermoppløsningen og TV-tjenester, men inneholder i tillegg grafikkort som støtter 3D. ATI, som er en av de ledende produsentene av 3D-grafikkort til mobiltelefoner, leverer grafikkprosessorene hvor man kan få opptil 32MB med grafisk minne på mobiltelefonen (Geek.com 2000). Siemens SL75 har en slik prosessor fra ATI (ATI Sist besøkt 29.01.06).

Fremtidens mobiltelefoner vil fortsette å kreve høyere prosesseringskraft, mer minne, bedre oppløsning og bedre batterikapasitet for å kunne tilby bedre kvalitet på videostreaming og TV-kringkastningsapplikasjoner. Kravet til høyere ytelse i neste generasjons mobiltelefoner kan ikke løses ved tradisjonelle prosessor som støtter seg til økt klokkefrekvens og store cash-lagre, noe som konsumerer energi ineffektivt. Kravet til minne vil også øke i takt med CPU-kraften. Ved presentasjon av video på en CIF-skjerm (352x240) vil enkodingsprosessen kreve mer en 1000 MHz. Dette støttes ikke av dagens prosessorer (Hardy 2004). Dekodingsprosessen krever i dag 200 MHz. For å forbedre ytelsen i prosessorene, med begrenset energi og minne, forsøkes det på en streamingprosessor ved navn RSVP. Denne prosessoren har blitt sammenlignet med ARM9 med hensyn til minnekapasitet og batteriforbruk. RSVP kom best ut av sammenligningen (Hardy 2004). Selv om ressursene forbedres på mobiltelefonen vil ikke dette nødvendigvis bety at kvalitetsoppfattelsen forbedres. I et streamingmiljø er man avhengig av andre komponenter som for eksempel nettverket. Overføringshastigheten bør derfor øke i takt med ressursene slik at den ikke utgjør flaskehalsen i systemet.

2.4 Mobile nettverk

Et mobilt nettverk er et radionettverk som består av et antall radioceller. Disse cellene sørger for radiodekning slik at det er mulig å kommunisere med en mobiltelefon over større geografiske områder.

Dette delkapittelet tar for seg UMTS på bakgrunn av at dette nettverket benyttes som overføringsmedium i denne oppgaven. Kapittel 2.4.1 tar opp utviklingen innen mobile nettverk. I 2.4.2. gis en innføring i UMTS for å gi leseren en forståelse av terminologien innen dette mobile nettverket og utfordringer ved videostreaming i slike miljøer. Deretter presenteres 2.4.3 pakkeflyten ved videostreaming i UMTS, og til slutt tar 2.4.4 opp hastigheter og de ulike typer av trafikk i UMTS-nettverket.

2.4.1 Mobil nettverksutvikling i Europa

Hensikten med dette delkapittelet er å forklare relevante begreper innen utviklingen av mobile nettverk.

Mobile nettverk kan deles inn i generasjoner: henholdsvis første- (1G), andre- (2G), tredje- (3G) og fjerdegenerasjonsnettverk (4G). Disse navnene er globale hvor hver enkelt generasjon er en fellesbetegnelse på type nettverk. Ettersom de forskjellige regionene i verden implementerer ulike versjoner innen hver enkelt generasjon, fokuseres det her kun på europeiske standarder. UMTS er et eksempel på en slik standard og går under fellesbetegnelsen 3G-nettverk. De europeiske standardene er utviklet av European Telecommunications Standards Institute (ETSI), mens Nordic Mobile Telephone (NMT), som var det første analoge mobile nettverket i Norden, er utviklet av en nordisk komité.

NMT er et eksempel på 1G-nettverk i Norden og var det første kommersielle mobilnettverket i Norge. På grunn av den svært gode dekningen i Norge var nettverket i bruk helt frem til 3. januar 2005 (Privatline Sist besøkt 29.01.06). Trafikken i NMT var kun tale over et linjesvitsjet nettverk. At nettverket var inkompatibelt med andre 1G nettverk i andre land utenom Norden var mye av grunnen til overgangen til 2G-nettverket.

Inkompatibiliteten endret seg med 2G-nettverket som ble utviklet i samarbeid med flere internasjonale organisasjoner innen telekommunikasjon. Dette førte til en Europeisk standard ved navn Global System for Mobile communication (GSM). Da GSM ble spesifisert var det kun tale over linjesvitsjede nettverk som utgjorde trafikken. Internettjenester og e-posttjenester var noen av hovedårsakene til behovet for ny type trafikk og høyere hastighet i GSM. For å oppnå høyere hastighet i GSM, ble det gjennomført oppgraderinger. En av disse oppgraderingene har fått betegnelsen GPRS (2.5G). Dette er et pakkebasert nettverk som utgjør blant annet en samling av protokoller som ligger over GSM. Protokollsamlingen støtter protokoller i andre nettverk som bruker for eksempel Internet Protocol (IP) og Hyper Text Transfer Protocol (HTTP). Støtte for protokoller i andre nettverk gjorde at Internett ble tilgjengelig over det mobile nettverket.

Internettilgang på mobiltelefonen ble muliggjort via Wireless Application Protocol (WAP). Dette er et sett av kommunikasjonsprotokoller som tilpasser internettsider til

små skjermer. WAP ble imidlertid ingen umiddelbar suksess med 2.5G-nettverket i Europa. Mye av grunnen var at det ble utviklet for få tjenester med interessant innhold, men også at tiden det tok å laste ned WAP-sider til mobiltelefonen var for lang i forhold til hastigheter som ble tilbudt over Internett (Dokuwiki 2005). Kravene til overføringshastighet førte til en optimalisering av GPRS. Denne oppgraderingen bestod i å bruke en annen modulasjonsteknikk som tillot høyere bitrate over luftgrensesnittet (Heikki Kaaranen 2005). Teknikken fikk betegnelsen Enhanced Data rates for GSM Evolution (EDGE) eller Enhanced GPRS (EGPRS).

Modulasjonsteknikken som brukes i EDGE kan kun benyttes dersom radioforholdene er gode. Dette innebærer at brukeren må være nærmere basestasjonen eller i et område med flatt terreng for å kunne nyttiggjøre seg av forbedringen EDGE potensielt kan tilby. For utnytte EDGE fullt ut kreves en omfattende oppgradering av alle basestasjoner eller at vesentlig flere basestasjoner bygges ut. Dette innebærer betydelige kostnader. På grunn av behovet for stabilt høye hastigheter ble det utredet nye spesifikasjoner av standardiseringsorganisasjonen 3rd Generation Partnership Project (3GPP). Disse har fått samlebetegnelsen 3G. Et eksempel på et 3G-nettverk er UMTS.

4G-nettet er ingen realitet i Europa enda, men standarder er under utvikling av International Telecommunication Unit (ITU) med Samsung Electronics som pågangsdriver under ITU-R WP8F. Samsung Electronics har opprettet et forum ved navn Samsung 4G Forum som har til hensikt å komme frem til en felles internasjonal standard. Overføringskapasiteten i dette nettverket vil forbedres betraktelig. I et labeksperiment oppnådde NTT DoCoMo en nedlink på 1 Gbit/s.

2.4.2 UMTS

Hensikten med dette delkapittelet er å forklare noen generelle mobilkommunikasjonsprinsipper som er nødvendig for å forstå begrensningene i det mobile nettverket. I tillegg presenteres arkitekturen til UMTS. Dette gir en oversikt over hvor de ulike komponentene befinner seg i det mobile nettverket, og øker forståelsen av pakkeflyten som presenteres senere. Pakkeflyten forklares for å gi en innsikt i hvordan kommunikasjonen mellom streamingserveren og mobiltelefonen foregår ved streaming av video i denne oppgaven. Til slutt gis det en innføring i hastigheten som tilbys og ulike trafikktypene i UMTS. Dette er viktig med tanke på hva slags QoS UMTS garanterer med hensyn til streamingapplikasjoner og hvordan streamingapplikasjoner prioriteres i forhold til annen trafikk.

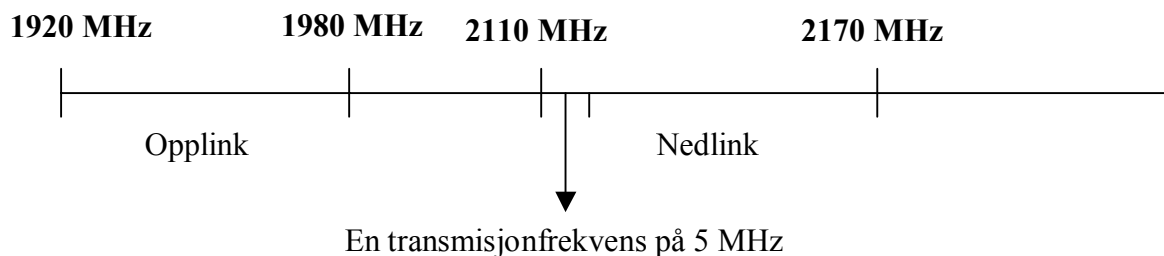
UMTS står for Universal Mobile Telecommunication System, og er en europeisk standard. Det offisielle navnet på 3GPPs europeiske UMTS er 3GPP System Release 4 som bygger på 3GPP System release 99.

Teleoperatører i Norge tilbyr i dag tre ulike mobile nettverk for overføring av data: GPRS, EDGE og UMTS. Alle disse nettverkene muliggjør videostreaming til mobiltelefoner, men med tanke på overføringshastighet egner UMTS seg best. For å danne et helhetsbilde av hvordan UMTS fungerer og tilegne kunnskap om begrensninger og muligheter som finnes i denne type nettverk, blir arkitekturen til UMTS presentert.

Generelle Mobilkommunikasjonsprinsipper for UMTS

I radiokommunikasjon deles frekvenser inn i et spektrum. UMTS bruker en del av spektrumet i form av et forhåndsbestemt frekvensområde. Figur 2.4 viser den delen av spekteret som er forbeholdt UMTS. I området fra 1920-1980 MHz defineres opplink. Dette er frekvenser hvor data og tale sendes, mens området fra 2110-2170 er frekvenser som benyttes ved nedlastning (nedlink). Inndelingen i opplink og nedlink gjør at mobiltelefoner kan sende og motta data samtidig. Videre deles opplink og nedlink inn i 5 MHz spektrumsblokker. Samlet sett består hele UMTS-spektrumet av 12 slike spektrumsblokker. Disse er delt mellom operatørene som opererer i de samme markedene. I skrivende stund opererer operatører kun med én transmisjonsfrekvens for sending og nedlastning. Dersom trafikken og antall brukere øker, vil hver bruker få tilgang til mindre overføringskapasitet. Da vil det være behov for flere transmisjonsfrekvenser for å øke overføringskapasiteten. Dette kan være tilfellet dersom videostreaming til mobiltelefonen blir populært.

Overføring av data og tale tilbys gjennom et radiogrensesnitt. Radiogrensesnittet bestemmer formatet på signalet som sendes over luften. I UMTS er dette basert på en aksessmetode som kalles bredbåndsspredt spektrum eller Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA). I praksis går aksessmetoden ut på at hver enkelt brukers informasjonssignal (som kan være tale, lyd, bilde og tekst), ved hjelp av spesielle koder, legges inn på en bæreølge slik at signalet spres utover et bredt frekvensbånd. I UMTS er denne båndbredden satt til å være 5 MHz.

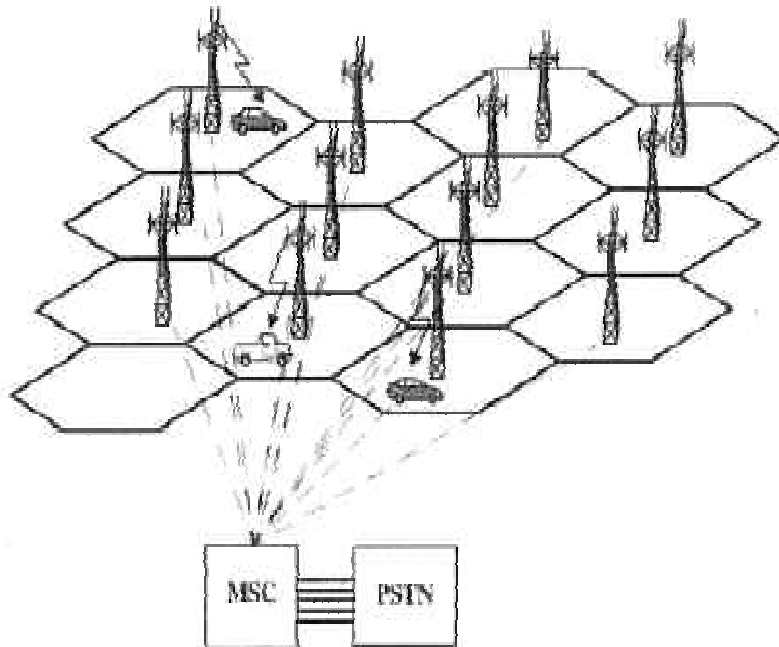


Figur 2.4: Dual mode spektrum i UMTS

I nettverksbasert radiokommunikasjon er signalstyrken og distansen mellom sender og mottager viktig. Signalstyrken avtar med økende avstand mellom sender og mottager. Ved videostreaming kan dette i praksis føre til pakketap eller korrupte data slik at kvaliteten blir dårligere hos endebrukeren.

På grunn av distansen mellom sender og mottager og kapasitetsbegrensningen over radiogrensesnittet, deles geografiske arealer inn i celler. Figur 2.5 viser hvordan cellene er delt inn og hvordan komponentene er koblet sammen. Komponentene som vises på figuren er mobile enheter (bilene), basestasjoner (tårnene), MSC (Mobile Switching Center) og PSTN (Public Switched Telephone Network). Basestasjonen binder de mobile enhetene til en celle og kommuniserer med MSC. MSC administrerer basestasjonene i nettverket og kobler det mobile nettverket til PSTN. PSTN er et linjesvitsjet nettverk. Over dette nettverket sendes tale.

Hver celle har en basestasjon med kapasitet til å håndtere et spesifikt antall brukere eller mobilabonnenter. Det finnes forskjellige teknikker som blir benyttet for å forbedre kapasiteten innad i en celle. Den mest sofistikerte teknikken som anvendes er Code Division Multiple Access (CDMA).



Figur 2.5: Et geografisk område delt inn i flere celler.

I CDMA kan flere brukere sende og motta signaler samtidig på samme frekvens. For å skille brukere som benytter samme frekvens tildeles unike koder. Kodene kan ha ulike lengder som er med på å bestemme overføringshastigheten. Dette gjør at brukere med forskjellige krav til overføringshastighet tildeles ulik hastighet.

På grunn av gjenbruk av frekvensene mellom brukere, er en av de største utfordringene i CDMA interferens. Interferens er, i denne forbindelse, degradering av et signal forårsaket av elektromagnetisk stråling fra en annen kilde (IT 2005). Interferens kan senke farten på overføringen eller avbryte den, avhengig av signalstyrken mellom mobile enheter og basestasjoner. Dette kan oppstå dersom mobile enheter befinner seg i samme celle, data eller samtaler er aktive i nabocellene, basestasjoner opererer på samme frekvensbånd, eller dersom andre systemer gir fra seg energi og forstyrrer trafikken i radiofrekvensbåndene. Forstyrrelsene i nettverket vil påvirke kvaliteten på videostreamingen.

Ved å øke antall brukere i CDMA, øker interferensfaktoren. Det er derfor ingen åpenbar grense på antall brukere i CDMA dersom tjenesten kan tolerere redusert kvalitet. Det kan dermed spesifiseres at interferensfaktoren vokser logaritmisk ettersom dataraten i kanalen økes. Ved matematisk analytisk metode av interferensfaktoren i CDMA, kan ikke belastningen på hver enkelt celle overstige 70 prosent (Heikki Kaaranen 2005). Da er interferens vanskelig å kontrollere og nettverket blir ustabil. Ved videostreaming vil kvaliteten også her påvirkes av

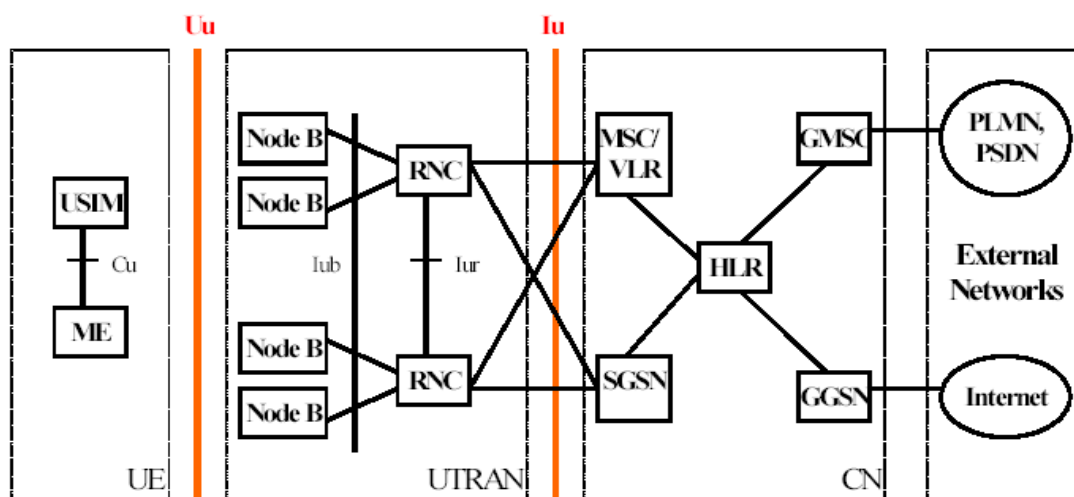
belastningen i nettverket, og dette vil være avhengig om man befinner seg i belastede celler eller ikke.

For å støtte bevegelse mellom basestasjonene, finnes det en teknikk i mobilkommunikasjon som går under betegnelsen "handover". En handoverprosedyre trigges avhengig av en rekke faktorer. Det kan for eksempel være signalstyrke, trafikkfordelingen eller mangel på kapasitet. Signalstyrken overvåkes i nettverket, og dersom den går under en viss grense, vil det være behov for handover. Dersom kapasiteten i en celle er på vei til å mettes, eller allerede er mettet, kan handover til en annen celle med mindre trafikk være ideelt. Dette er spesielt viktig dersom en mobiltelefon trenger mye kapasitet. Krav til kapasitet, trafikkfordeling og signalstyrke er dermed sentrale tjenestekvalitetsparametere som vurderes ved handover. Handover er kritisk ved videostreaming i og med at pakker kan gå tapt. Det kan også være et problem å streame lyd og video dersom man beveger seg fra UMTS dekning til GPRS dekning.

Nettverksarkitekturen til UMTS

Nettverksarkitekturen til UMTS består av "User Equipment" eller mobile enheter, "UMTS Terrestrial Radio Access Network" (UTRAN) og "Core Network" (CN). CN blir videre delt inn i Packet Switched (PS) og Circuit Switched (CS) som angir det pakkesvitsjede og linjesvitsjede nettverket. Figur 2.6 viser denne inndelingen av UMTS.

De ulike komponentene, vist i Figur 2.6, har forskjellige ansvarsområder eller spesielle oppgaver. Ansvarsområdene til de enkelte komponentene vil ikke nærmere beskrives da dette ikke er viktig for forståelsen videre i oppgaven. Det fokuseres her på å få en oversikt over arkitekturen til UMTS for å forstå pakkeflyten med hensyn til hvordan videoklippet overføres fra sender til mottager.



Figur 2.6: Oversikt over Netterksarkitekturen til UMTS. Hentet fra side 11 i [ref Tony]

Komponentene som utgjør UTRAN er basestasjon (BS), eller Node B, og Radio Network Controllers (RNC). Basestasjonene har hovedsakelig ansvaret for å sende og motta signaler, mens hovedansvaret til RNC er å vurdere handover. Som illustrert i Figur 2.6 kan flere basestasjoner være tilkoblet en RNC, og en RNC kan være

tilkoblet andre RNC-noder i nettverket. Kommunikasjonen mellom to RNC-komponenter trigges dersom mobiltelefonen kobles til en annen basestasjon som ikke administreres av den opprinnelige RNC-komponenten.

Komponentene i CN støtter pakkesvitsjing (PS) og linjesvitsjing (CS). Komponentene som er en del av det linjesvitsjede domenet er Mobile Service Switching Center/Visitor Location Registrer (MSC/VLR) og Gateway MSC (GMSC). Detaljene omkring linjesvitsjede nettverk er utelatt i denne oppgaven ettersom videostreaming kun bruker det pakkesvitsjede nettverket. Det blir i den forbindelse kun redegjort for pakkesvitsjet nettverk i UMTS.

Serving GPRS Support Node (SGSN) og Gateway GPRS Support Node (GGSN) illustrerer komponentene som utgjør det pakkesvitsjede domenet. SGSN har som hovedoppgave å administrere mobile aktiviteter for en pakkeforbindelse. Den vedlikeholder for eksempel informasjon ved å opprette eller avslutte pakkeforbindelser. For å overføre data må SGSN vite hvilken GGSN den tilhører. SGSN må derfor lagre GGSN-adresser for hver aktiv dataforbindelse.

Oppgavene til GGSN er å rute pakker til og fra de mobile enhetene via et eksternt nettverk, for eksempel Internett. Den kan også rute til andre enheter som ikke er mobile, for eksempel en server. GGSN fungerer som en gateway ved at den forbinder UMTS med blant annet Internett.

Tilgangen til Internett tilbys gjennom Access Point Names (APN). Disse defineres av operatørene og er tjenestespesifikke. GGSN må derfor definere alle APN som kreves av operatørene i det mobile nettverket. Eksempler på APN er Internet og WAP. Grunnen til at operatører skiller disse to er at kostnadene for bruk av tjenestene er forskjellig.

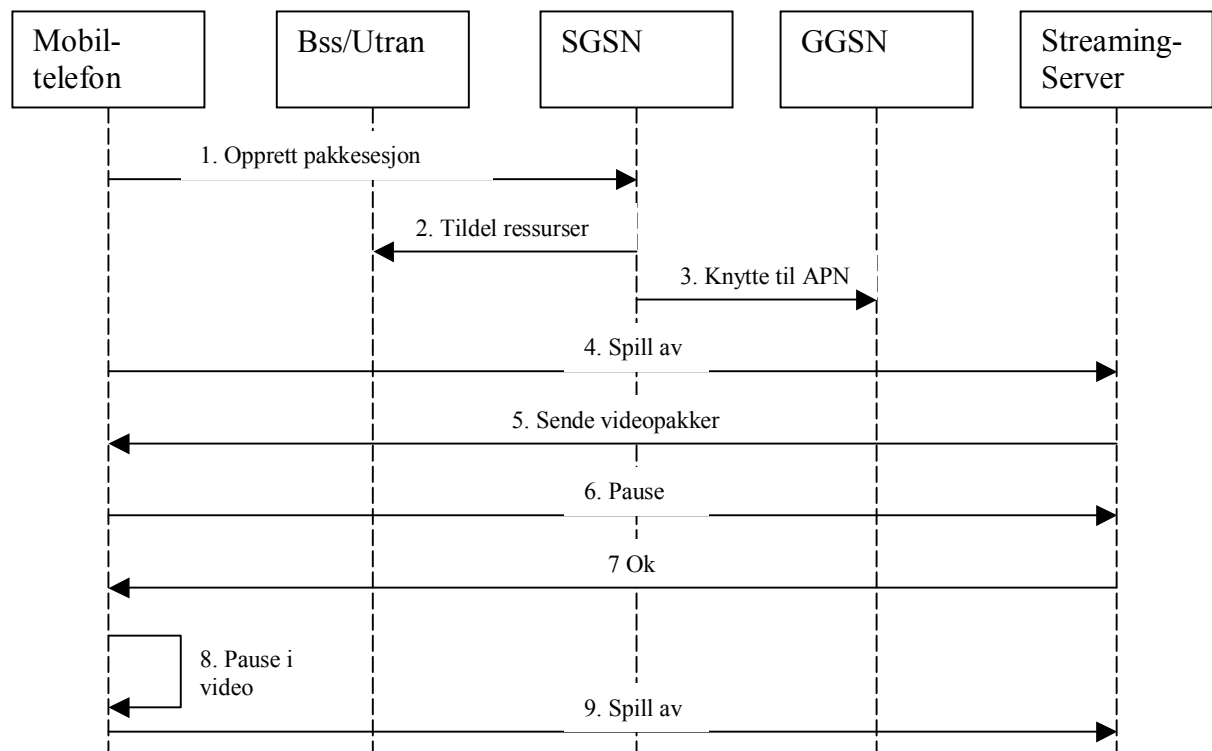
Mobile pakkesvitsjede nettverk trenger i tillegg til SGSN og GGSN, funksjonalitet for adressering og sikkerhet. For å adressere noder i det linjesvitsjede pakkedomenet (CN PS) brukes Domain Name Server (DNS). Dette muliggjør ruting internt mellom nodene. Elementet som brukes for sikkerhet er Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP). Denne serveren deler ut IP-adresser dynamisk. Det vil si at mobiltelefonene ikke har fast IP-adresse, men får denne tildelt av DHCP-serveren dersom det trengs. Dette er praktisk med hensyn til at mobiltelefoner som ikke benytter datatjenester, heller ikke okkuperer IP-adresser.

Mange operatører bruker også Network Address Translation (NAT) som et sikkerhetstiltak (IETF 1994). Dette benyttes dersom antall IP-adresser er mindre enn antall mobile enheter i nettverket. IP-adressen til den mobile enheten er da kun kjent internt i UMTS. På denne måten kan det pakkesvitsjede nettverket ses som et intranett. Den interne IP-adressen blir da koblet til en global IP-adresse av NAT-gatewayen og omvendt. Applikasjonsprotokoller som skal utveksle ip-adresser kan derfor få problemer.

2.4.3 Pakkeflyten i pakkesvitsjet nettverk (PS)

Streaming av video til mobiltelefonen trigges ved å sende en forespørsel til streamingsserveren. For eksempel ved å skrive *rtsp://maskinnavn.filnavn* i en nettleser på mobiltelefonen. Som angitt på begynnelsen av URL'en benyttes Real Time Streaming Protocol (RTSP) for å styre mediastrømmen i dette eksempelet. Protokollen beskrives mer detaljert i delkapittelet 4.1.

Som illustrert på Figur 2.7 vil mobiltelefonen, på bakgrunn av URL'en, starte en pakkesesjon (1). Det å opprette en pakkesesjon innebærer å forhandle om kvalitetsparametere i nettverket, utveksle informasjon og allokere ressurser mellom nettverkselementene i UMTS (2). Resursallokeringen utføres på bakgrunn av at en pakkesesjon trigges, men på Figur 2.7 inngår denne som en egen aktivitet. Dette er for å eksplisitt vise at resursallokeringen utføres. Videre vil pakkesesjonen knytte seg til et bestemt APN i GGSN slik at rutinginformasjon og QoS-parametere for type trafikk er gitt ved sesjonens start (3).



Figur 2.7: Eksempel på avspillingssekvensen av en videostrom.

Når den aktive pakkesesjonen er aktivert, kan overføringen av pakker begynne. Normalt vil mobiltelefonen sende en forespørsel til streamingsserveren om å begynne å spille av videoklippet (4). Som allerede nevnt, brukes RTSP-protokollen (IETF 1998) i dette eksempelet. Da blir Transmission Control Protocol (TCP) brukt som transportprotokoll over Internett og UMTS. IP blir brukt som nettverksprotokoll.

Når forespørselen ankommer serveren godkjennes eller avvises den. Dersom den godkjennes begynner serveren å sende User Datagram Protocol (UDP)-pakker over Internett. Disse pakkene rutes til korrekt GGSN i UMTS-nettverket (5) over det

samme APN'et som ble satt opp i steg 3. Dersom brukeren trykker pause i mediaspilleren (6), vil det igjen sendes en melding til serveren på samme måte som i steg 4. Serveren vil svare med en positiv melding og avbryte pakkestrømmen (7). Mediaspilleren vil da ikke lenger motta pakker. Det vil si at den slutter å bufre og dekode pakker for fremvisning (8). Dette oppholdet varer frem til brukeren velger å starte opp spilleren ved å trykke "*spill av*" i mediaspilleren. Da vil serveren fortsette å streame videosekvensen uten å starte en ny pakkesesjon (9).

2.4.4 Hastighet og tjenestetyper i UMTS

Dataraten til en fysisk kanal i radiogrensesnittet er 3.84 Mega cycles per seconds (Mcps). Transmisjonsbåndbredden er som nevnt i 2.4.2, 5 MHz per kanal. Dette er i teorien tilnærmet lik en datahastighet på 2,5 Mbit/s (Shanon's teorem). Det vil teoretisk si at hver kanal kan bære rundt 2,5 Mbit/s. UMTS er derfor et mobilt nettverk som er spesielt designet for tilgang til Internett med bredbåndshastigheter. Nettverket støtter datahastigheter opp til 2 Mbit/s, men det forutsetter optimale radioforhold innendørs. Optimale radioforhold vil i hovedsak være fri sikt og lite støy. I praksis er maksimal datahastighet omtrent 1 Mbit/s per celle ved utendørs bruk. Dette betyr som tidligere nevnt at området man befinner seg i vil påvirke kvaliteten ved videostreaming.

Høyere hastighet på nettverket fører med seg flere trafikktyper. Trafikken i UMTS kan deles i fire ulike klasser: Conversational, streaming, interactive og background, hvor videostreaming går inn under streamingklassen. Grunnen til at det gis en innføring i alle trafikktypene i UMTS, er at det er viktig å få en oversikt over alle typer trafikk i nettverket. Dette indikerer hvilke typer av trafikk streamingklassen konkurrerer med, og at man ikke er den eneste om ressursene i nettverket. Det er derfor betydningsfullt å få en oversikt over hvordan de andre trafikktypene prioriteres i forhold til streamingklassen. De ulike klassene presenteres under.

- Conversationalklassen omfatter trafikk som tale over linjesvitsjet nettverk, tale over IP (VoIP) og videokonferanse.
- Streamingklassen omfatter trafikk som streaming av lyd og video.
- Interactiveklassen omfatter trafikk som for eksempel web-browsing. Karakteristikken for slik type trafikk er tjenester som krever request-response.
- Backgroundklassen omfatter trafikk som E-post og nedlastninger av filer.

De ulike klassene stiller forskjellige krav til tjenestekvalitet. I UMTS vil disse trafikktypene dele de samme ressursene. På bakgrunn av at nettverksressursene er begrenset, er målet å allokere ressurser som tilfredsstillende kravene. Ved å analysere trafikken i UMTS er det mulig å optimalisere denne etter klasse. Oppførselen til de ulike klassene blir delt inn etter tjenestekvalitetsparametere. Et utvalg av disse blir beskrevet under.

- **Maximum bit rate (kb/s)**
Dette er en øvre grense en bruker eller applikasjon kan akseptere eller forvente. Dette avhenger i stor grad av UMTS-bæreren, men også forholdene i nettverket. Forholdene i nettverket vil i denne sammenheng være kapasiteten

som til enhver tid er tilgjengelig. Et av poengene med dette attributtet er å begrense båndbreddebruken.

- **Guaranteed bit rate (Kbit/s)**
Dersom nettverket på et tidspunkt er belastet, er applikasjonen eller tjenesten garantert en viss bitrate. Dette er garantert bitrate i forhold til tilgjengelig ressurser og ressursallokasjon i UMTS.
- **Delivery order (Y/N)**
Dette attributtet antyder mottak av pakker i sekvens over UMTS-bæreren. Innholdet avhenger av kravene til trafikktype.
- **Maximum SDU size (octets)**
Pakkene på linklaget går under fellesbetegnelsen SDU. Pakkene er definert med en maksimal størrelse, og dette attributtet sørger for dette. Dersom pakkene er større, kan pakkene droppes eller videresendes med redusert QoS.
- **Transfer delay (ms)**
Dette attributtet bestemmer maksimal forsinkelse, og er avhengig av type tjeneste.
- **SDU error ratio**
Dette attributtet spesifiserer deler av pakkene som tapt eller korrumpert.
- **Delivery of erroneous SDUs (Y/N)**
Dette attributtet bestemmer om pakker skal leveres eller kastes.

Tabell 2.5 viser hvilke QoS parametere som støttes i de ulike klasser av trafikk.

Traffic class	Conversational class	Streaming class	Interactive class	Background class
Maximum bit rate	X	X	X	X
Delivery order	X	X	X	X
Maximum SDU size	X	X	X	X
SDU error ratio	X	X	X	X
Delivery of erroneous SDUs	X	X	X	X
Transfer delay	X	X		
Guaranteed bit rate	X	X		
Source statistics descriptor	X	X		

Tabell 2.5: QoS for ulike typer av trafikk i UMTS.

Ut i fra tabellen støtter Streamingklassen og Conversationalklassen alle de ulike QoS, men at Interactiveklassen og Backgroundklassen ikke gjør dette. Grunnen til dette er at de to førstnevnte klassen har trafikktyper som krever lav forsinkelse, og trenger derfor en garanti fra nettverket. De to sistnevnte klassene har trafikk hvor lav forsinkelse ikke er så strengt som de to andre. Dette gjelder spesielt e-post som ikke har noe krav til forsinkelse overhodet. En annen detalj som er verdt å merke seg er at nettverket støtter delvis korrupte pakker. Dette kan være hensiktsmessig i sanntidsapplikasjoner hvor man kan identifisere de bitene hvor dataene er sensitive og dersom disse ikke inneholder feil droppes ikke pakken. Dette kan være med på å kvalitetsøke brukeropplevelsen ved streaming.

Det er viktig å ikke ha for mange og for strenge krav til QoS i et nettverk. Dette kan føre til et komplekst system. QoS blir kontrollert ved å sende signaler i form av meldinger. Signalene blir sendt over dedikerte kanaler. Disse kontrollsignalene utgjør

dermed en del av trafikken i nettverket og okkuperer fysiske kanaler. Det kan også føre til forsinkelser i nettverket dersom kontrollering av QoS ikke er planlagt.

2.5 Tjenestekvalitet i streamingprosessen

For å adressere sentrale karakteristikk som eksempelvis tjenestekvalitetsparametere innenfor videostreaming til mobiltelefoner, vil det være nyttig å identifisere de tydeligste forskjellene fra tradisjonell videostreaming til PC over trådbundne nettverk. Hovedsakelig vil forskjellene forekomme i fokusområdet som er merket av på Figur 2.1. Dette avsnittet vil fortrinnsvis se på egenskaper ved det mobile nettverket og mobiltelefonen som har innvirkning på QoS ved videostreaming.

I og med at videoklippet skal presenteres til en bruker, vil ikke kvaliteten bare vurderes ut fra innholdet i videoklippet og egenskapene på nettverket og mobiltelefonen. Kvaliteten vil også ses ut fra hvordan disse egenskapene preger brukerens kvalitetsoppfattelse. Grunnen til at brukerens oppfatning av QoS parametere er betydningsfull, baserer seg på spørsmålet om hvorfor en streamingtjeneste velges fremfor en annen (Song, Won et al. 2002).

For å vurdere hva som påvirker brukerens kvalitetsoppfattelse, ser denne delen på ulike karakteristikk ved de ulike lagene som ble presentert i kapittel 2.1. Dette er kun et subsett av karakteristikk og er spesielt identifisert med hensyn til begrensningene i det mobile miljøet. På applikasjonslaget legges det vekt på hvordan videoklippet komprimeres med tanke på innhold og spesifikke karakteristikk som egenskaper ved innholdet i videoklippet, rammerate og oppløsning. Systemlaget tar for seg mobiltelefonens prosesseringsegenskaper og systemspesifikke kvalitetsparametere som CPU-kraft, minnekapasitet og batterikapasitet. Kvalitetsparametere knyttet til trafikk, mangfoldighet og mobilitet blir presentert i forhold til særegne tjenestekvalitetsparametere på nettverkslaget.

2.5.1 Applikasjonslaget

Innholdet i videoklippet

Ved streaming av video til små skjermer, for eksempel mobiltelefoner med skjermoppløsning 176*208 piksler og størrelse på 2 tommer, kan den opplevde kvaliteten på videoklippet preges av ressursbegrensninger. Dette er med tanke på komprimeringskravene til det mobile nettverket og den fysiske størrelsen på skjermen. I praksis kan dette bety et videoklipp der sentrale detaljer, som for eksempel tekst, ikke kan leses fordi skjermen er for liten eller komprimeringen har gjort den uleselig. Hvordan man oppfatter videoklippet beror også på lyd kvaliteten.

Hva som er sentrale detaljer i et videoklipp avhenger, i de fleste tilfeller, av innholdet i videoklippet. En bruker som ser en nyhetsopplesning vil ikke legge vekt på de samme detaljene som forekommer i et fotballklipp. I en opplesning av nyheter vil man typisk konsentrert seg om nyhetsoppleseren og hva som ble sagt. I et fotballklipp vil det være viktig å kunne se fotballen og hva som skjer på banen.

På bakgrunn av at innholdet i ulike videoklipp ofte er vidt forskjellige, er det viktig at tilpasningene av videoklippet ved komprimeringen, gjenspeiler hva som er det

sentrale innholdet i videoklippet. Det betyr at videoklipp med ulikt innhold ofte bør behandles ulikt i komprimeringsprosessen for å opprettholde QoS på applikasjonslaget (Liu and Choudary 2004). I utenlandske filmklipp vil mange brukere være helt avhengig av å se teksten, mens direkte sendte sportsarrangement er umulig å tekste. Sportsarrangementet vil legge vekt på andre deler av videoklippet som for eksempel hvem som leder i et 200-meterløp. Samtidig finnes det også likheter mellom disse sjangrene. Det vil eksempelvis være nyttig med en oppsummerende resultatliste for 200-meterløpet, og da vil tydeliggjøringen av tekst være ønskelig.

For å unngå at filstørrelsen ikke overstiger den mengden av data som kan overføres over det mobile nettverket i et gitt tidsrom (les: maksimum filstørrelse⁷), er det samtidig viktig å være klar over at fremhevingen av sentrale detaljer går på bekostning av detaljer som ikke er like sentrale. I nyhetsopplesningstilfellet vil for eksempel bakgrunnen være av vesentlig mindre betydning enn nyhetsoppleseren, og i en fotballkamp vil det være naturlig at fotballen får mer oppmerksomhet enn tribunen.

Selv om fokuset i ulike videoklipp kan være forskjellig, er ofte likheten mellom videoklippene at de viktige detaljene holder seg til spesielle deler av skjermen gjennom mesteparten av videosekvensen (Won-Sik Cheong 2002). Nyhetsoppleseren vil eksempelvis holde seg midt på skjermen det meste av tiden. I videoklipp med mer bevegelse vil kameraet følge bevegelsen, og objektene som beveger seg har ofte samme posisjon i bildet.

Tanken om at de viktige detaljene holder seg til en spesiell lokasjon i bildet, synliggjøres i metoden som går under betegnelsen "*Water Ring*", introdusert av Cheong et al. (Won-Sik Cheong 2002). Metoden arter seg likt som bølgen når en stein faller i vannet. Fra midtpunktet blir vannbølgen mindre og mindre tydelige. I sammenheng med behandlingen av et videoklipp blir den interessante regionen i et bilde kodet med tanke på bra bildekvalitet, mens områdene rundt vil inneha dårligere og dårligere kvalitet. Metoden har til hensikt å forbedre brukerens opplevde kvalitet. I og med at områder som ikke er sentrale for opplevelsen er av redusert kvalitet, vil maksimum filstørrelse opprettholdes.

For å bedre videokvaliteten på et videoklipp som skal streames til en mobiltelefon, kan det være effektivt å vurdere komprimeringsjusteringene opp mot hvilken sjanger videoklippet tilhører. Gruppering i ulike sjangere er i dette tilfellet basert på hvor mye bevegelse som forekommer i videoklippet. En video med mye bevegelse setter større krav til antall bilder som presenteres i sekundet (rammerate) enn en video med lite bevegelse. Ved for lav rammerate i et videoklipp med mye bevegelse kan videoklippet oppleves som hakkete (Liu and Choudary 2004).

For å opprettholde maksimum filstørrelse, går rammeraten på bekostning av kvalitet i hvert bilde. Høy rammerate fører til dårligere bildekvalitet i hver ramme. Det vil si at skarpheten i bildene blir dårligere. Ved få rammer per sekund vil man beholde mer av skarpheten i bildene (Liu and Choudary 2004).

⁷ Største mulige filstørrelse som, med tilfredsstillende kvalitet, kan overføres på nettverket og behandles av klienten.

Hvorvidt innholdet i et streamet videoklipp har noe å si for komprimeringsstrategien, med tanke på rammerate, er et sentralt spørsmål. Det viser seg at bilder som inneholder instruksjonsbasert informasjon krever mer av bildekvaliteten enn at det presenteres mange rammer i sekundet (Liu and Choudary 2004). Bilder som inneholder instruksjonsbasert informasjon er som regel basert på tekst eller figurer. Ved presentasjon av slike videoklipp er det viktig at bildene er tydelige. Tydeligere bilder oppnår man ved å fokusere på kvaliteten i hver ramme. Rammer som ikke inneholder instruksjonsbasert informasjon viser seg i følge Liu et al. (Liu and Choudary 2004) å kreve mer av rammeraten enn bildekvaliteten.

Liknende funn ble gjort i Song et al. (Song, Won et al. 2002) som eksperimenterte med om rammeraten hadde noe å si for hvor mye man fikk med seg av innholdet i en video. Interessant nok viste det seg at man fikk med seg mer informasjon dersom rammeraten var lav ved instruksjonsbasert video.

I McCarthy et al. (McCarthy, Sasse et al. 2004) konkluderer forfatterne med at regelen om at rammeraten er viktigere enn bildekvaliteten i videoklipp med aktivitet, ikke gjelder for presentasjon på små skjermer. Videoklipp med aktivitet dreier seg, i dette forsøket, først og fremst om sport og fotball. Økt rammerate fjerner viktig informasjon om fotballspillerne og ballen. Dette fører til at man ikke ser hvor ballen befinner seg eller hva spilleren gjør med ballen. Artikkelen slutter seg til at opplevelsen av sportsklipp er relativt insensitiv på endringer i rammerate.

Så lenge skjermstørrelsen på en mobiltelefon er så liten som den er i dag, vil opplevelsen av den skille seg fra TV og PC-skjermer. Dette har blant annet med hvor behagelig det er å se på skjermen til en mobiltelefon over lengre tid. For å ivareta brukerens kvalitetsoppfattelse og tilpasse videoklippet slik at det best mulig egner for presentasjon på mobilskjermen, er det flere grep som kan gjøres. En viktig detalj er klippets lengde. I og med at videokvaliteten ofte er dårligere på mobiltelefoner og at skjermen er vesentlig mindre enn hva man er vant til på TV, vil et langvarig videoklipp kunne oppleves som slitsomt å se på. Det viktigste i et videoklipp er ofte sentrert rundt noen sekunder. Derfor anbefales det å bare vise de sentrale tidsperiodene i et videoklipp (Pham and Wong 2004). Et eksempel på dette er når det scores mål i ulike lagsporter. Et annet eksempel er å dele opp en nyhetsending i mindre deler der hver del representerer en nyhet. Da trenger man ikke se hele sendingen for å få med seg det man synes er viktig.

Et annet grep for å tilpasse videoklippet, er å simplifisere innholdet i videoklippet. Det vil i denne sammenheng si å presentere videoklippet på en mer lettfattelig måte enn originalen som vises på TV. Eksempler på dette er å benytte seg av setninger som forklarer innholdet. Det vil typisk være bedre å vise større skrift i stikkordsform som gir mening for brukeren, enn å vise en komplett tekst som ikke synes (Pham and Wong 2004).

Simplifiseringen av innholdet i et videoklipp kan også dreie seg om å fjerne deler av et bilde som er uvesentlig for selve innholdet. I og med at størrelsen på skjermbildet fortsatt er like stort, vil objektene i det gjenværende bilde bli større. Dette er et virkemiddel for å hjelpe brukeren til å observere det som er viktig i bildet (Yeadon, Davies et al. 1998), men også ofte nødvendig for at brukeren i det hele tatt skal kunne se hva som skjer (RealNetworks 2004).

Justeringene man foretar i komprimeringsprosessen har, som sagt, mye å si for hvordan kvaliteten oppfattes av brukeren, men påvirker også tiden det tar å tilrettelegge videoklippet for streaming. Behandling som øker kvaliteten tar ofte lang tid. Det er derfor viktig å overveie hvor lang tid man kan bruke på komprimeringsprosessen i forhold til hvilket kvalitetsnivå man ønsker. Denne vurderingen påvirker tjenestekvaliteten ved at behandling av innholdet i videoklippet går utover tiden det tar fra det filmes til brukeren kan streame videoklippet. Dette er sentralt med hensyn til forsinkelse ved direkte streaming der man komprimerer videoklippet kontinuerlig. Ved videostreaming på forespørsel er ikke dette like kritisk. Likevel er det viktig at det ikke tar for lang tid å tilpasse videoklippet slik at hensikten med streamingtjenesten er borte. Dette kan eksemplifiseres ved en tjeneste som tilbyr kontinuerlige oppdateringer fra en skiskytingsstafett. Dersom høydepunktene fra stafetten ikke kan streames til mobiltelefonen før stafetten er over, grunnet for mye arbeid med videoklippet, vil informasjonen være utdatert, og brukerne vil antakeligvis se liten nytteverdi i tjenesten.

Det er også viktig å ta hensyn til hvordan tilpasninger og redusert informasjon passer til praktiske behov. I nyhets- og sportssammenhenger finnes det tydelige høydepunkter og områder i bildet som er sentrale for opplevelsen. Dette gjør tilpasningen av videoklippet enklere. Ved presentasjon av TV-serier eller filmer kan det være vanskeligere å få en helhet ved å bare se utvalgte og tilpassede videoklipp. Dersom det er vanskelig å finne de klare høydepunktene i et videoklipp, vil også bearbeidelsen av videoklippet ofte kreve mer for å oppnå fornøyde brukere av streamingtjenesten (Digi 2005).

I rekken av faktorer for hvilke innholdsmessige detaljer i et videoklipp som influerer brukeropplevelsen, er også tilrettelegging av lyd viktig (Beerends and Caluwe 1999), (R. Voelcker 1997), (Hands 2004), (M P Hollier 1999). Beerends et. al. (Beerends and Caluwe 1999) tar opp problematikken med å bedømme video uten å høre på lyden og konkluderer med at dette nærmest er umulig.

Avhengig av innholdet i videoklippet har lyden ulik funksjon. Eksempler på dette kan være at lyden har en underholdende funksjon i musikk, mens en instruerende funksjon i nyhetsopplesninger. I andre tilfeller kan lyden ha effektgivende funksjon, eksempelvis i filmer. Uansett hvilken oppgave lyden har, er det viktig å ta hensyn til den.

Relasjonen mellom lyd og video blir ofte vurdert ut fra hvorvidt de er synkronisert. Kvalitetsopplevelsen til en bruker blir negativt påvirket dersom denne synkroniseringen ikke er bra nok. Beerends et al. (Beerends and Caluwe 1999) hevder at dersom lyden kommer 150 millisekunder (ms) før bildet vil dette oppfattes som irriterende. Man er mindre sensitiv dersom bildet kommer før lyden. Da vil det ikke oppfattes som irriterende før 300 ms.

Viktigheten av synkronisering mellom lyd og bilde er i stor grad avhengig av om man ser den som snakker (Hands 2004), (M P Hollier 1999). Dette går under betegnelsen leppesynkronisering. I en nyhetssending der man ser ansiktet på nyhetsoppleseren vil man eksempelvis være mer sensitiv for bildeforsinkelse, enn i et naturprogram der man ser dyrene og hører en naturfotograf fortelle. Hvilken funksjon lyden har bør i

følge Hollier (M P Hollier 1999) knyttes opp mot hvor mye ressurser og hva slags kodingsalgoritmer man skal ta i bruk.

På applikasjonslaget er det, som presentert i denne delen, viktig å forstå hvordan man skal behandle videoklippet med tanke på presentasjon av innholdet. Dette har med bildejusteringer, rammerate og simplifisering av innholdet å gjøre. I tillegg er lyd kvaliteten en påvirkende faktor for hvordan brukeren opplever videoklippet.

2.5.2 Systemlaget

Videoprosessering på klienten

Videostreaming til mobiltelefoner er preget av ressursene som prosesserer videoklippet. Mobiltelefonens størrelse er med på å begrense kraft og størrelse på disse ressursene. Derfor er administrering og riktig utnyttelse viktig for å opprettholde QoS på systemlaget slik at de i minst mulig grad påvirker brukerens kvalitetsoppfattelse i negativ retning.

Når videopakken ankommer mobiltelefonen, legges de inn i et temporært lager før de vises på skjermen. Dette lageret kalles et buffer. Størrelsen på dette bufferet, avhengig av størrelsen på hver pakke, angir hvor mange pakker som kan vente i kø. Ved starten av en videoavspilling på en mobiltelefon, opplever man en ventesituasjon der bufferet samler opp et visst antall pakker for å kunne starte videoklippet. Dette kalles initiell bufferforsinkelse og utføres for å kompensere for svingninger i dataraten på nettverket. Hvor lang denne forsinkelsen er, påvirker QoS. Forsinkelser på mer enn åtte sekunder er sjelden tolerert ved videoklipp som varer mindre enn ett minutt (Huang, Horn et al. 2002).

Bufferstørrelsen preger kvaliteten på videoklippet i de tilfellene der bufferet enten er fullt eller tomt. I de tilfellene der bufferet er fullt, kan ikke flere pakker som kommer fra nettverket lagres, og pakkene går tapt. Det vil i praksis si at bilder som skulle bli vist på skjermen ikke vises. I de tilfellene der bufferet er tomt, vil ikke skjermen ha noe å presentere. Det kan skje i tilfeller der pakkene prosesseres og presenteres raskere enn de kommer inn i bufferet. Dette har mye med hastigheten på nettverket å gjøre, men kan også være et resultat av at mange pakker først ikke har fått plass i bufferet og blitt kastet. Når avspillingen deretter krever mange pakker over kort tid, blir bufferet fort tomt, og man må vente på at pakker fra nettverket skal ankomme. Dette kan brukeren oppleve som at videoklippet henger i en viss tid, avhengig av hvor fort nye pakker kommer fra nettverket.

En av de viktigste faktorene for å opprettholde QoS i bufferet, er kommunikasjon med nettverket. Synkronisering og tilpasninger mellom klient og nettverk er viktig for å ikke ende opp med for mye eller for lite overføringer på nettverket i forhold til klientens behov. Riktig bruk av planleggingsalgoritmer fører til effektiv bruk av nettverksressurser uten å oversvømme eller tømme klientbufferet. Samtidig minimerer det også kravet til bufferstørrelse og bufferforsinkelsen på klienten. En mulig løsning på kommunikasjonsproblematikken mellom sender og mottager, er i følge Huang et al. å bruke en proxy⁸. Denne vil ha som oppgave å styre overføringen av pakker med hensyn til trafikkvariasjoner på det trådbundne nettverket og pakkebehov på klienten.

⁸ Server som administrerer nettverkstrafikk.

Proxien bufferer og skedulere pakkene som overføres og vil dermed skjerme det mobile nettverket fra Internett. På bakgrunn av studiene som er gjort, fører dette til bedre utnyttelsen av det mobile nettverket (Huang, Horn et al. 2002).

Metning i bufferet har i tillegg med klientens prosessorkraft å gjøre. Dersom prosessoren ikke er rask nok til å prosessere pakkene som ligger i bufferet, vil nyankomne pakker til klienten bli kastet på grunn av metning (Shojania and Li 2001). En av grunnene til at dette kan skje er fordi behandling av multimedia krever mye av prosessoren. Dekoding med MPEG-4 av video krever en CPU på 200 MHz over UMTS (Hardy 2004). Nyere telefoner som støtter UMTS, det vil si telefoner som kom ut i løpet av 2005, inneholder prosessorer på rundt 200 MHz og takler som oftest pakkeprosesseringen. Mobiltelefoner i fremtiden kommer også med flere prosessorer for å bedre kunne takle dette bufferproblemet og andre problemer knyttet til å behandle multimediainnhold (Cotton 2004).

Komprimeringskravet til det mobile nettverket påvirker også prosessorutnyttelsen. I og med at videoklippet er kraftig komprimert, trengs det mye prosessering for å dekode videoklippet når det ankommer klienten. Hvor mye prosessoren må jobbe, er avhengig av hvor avansert kodingsalgoritmene er laget. Avveininger med hensyn til kvaliteten på videoklippet må derfor ses i lys av hvor mye prosessorkraft som er tilgjengelig. Et eksempel som illustrerer dette problemet er bruken av det nye gjennombruddet innen kodek, H.264. Kodingsalgoritmene og strategiene som brukes i denne kodeken fører til vesentlig bedre kvalitet enn hos forgjengen H.263. Et av problemene er derimot at de avanserte algoritmene som bidrar til den gode kvaliteten, krever mer prosesseringskraft enn ved bruk av enklere kodingsalgoritmer (TeliaSonera 2004). Dersom CPU'en ikke klarer å prosessere i takt med visningen av videoklippet, vil videoklippet oppfattes som hakkete og påvirke brukerens kvalitetsoppfattelse.

Prosesoraktivitet virker samtidig utmattende på batteriet. Lengre videoseanser på mobiltelefonen er avhengig av god batterikapasitet. Blir batteriet utladet under streaming av en video, vil telefonen, naturlig nok, slå seg av. God batterikapasitet er derfor en nødvendighet for å kunne se video på en mobiltelefon over lengre tid. Dersom batteriet fort blir utladet, vil mest sannsynlig vanlig telefoni bli prioritert fremfor streamingtjenester.

For å spare CPU'en for arbeid, som igjen fører til lengre levetid for batteriet, foreslår Pham et al. (Pham and Wong 2004) bruk av en proxy som avlaster noe av prosesseringen på mobiltelefonen. Proxien vil være designet for å ta vare på informasjon om klientens maskinvare og programvare. Denne informasjonen vil være nyttig for å best mulig tilrettelegge videoklippet slik at minst mulig prosessering skjer på klienten.

Ressursene på mobiltelefonen er spesielt begrenset med tanke på størrelse. Ved videostreaming, som er ressurskrevende, er det derfor viktig å være økonomisk spesielt med tanke på utnyttelse av CPU, minne og batteri.

2.5.3 Nettverkslaget

Tilpasning av trafikk i nettverket

Videotransmisjon over mobile nettverk blir ofte karakterisert som et sett av begrensninger som innebærer blant annet lave bitrater, lave rammerater, pakketap og forsinkelse. Dette avsnittet går nærmere inn på hvordan disse begrensningene kan påvirke brukerens kvalitetsoppfattelse.

For å kunne tilby videostreaming med akseptabel kvalitet, er tilgang på tilstrekkelig båndbredde en betydelig faktor. Den viktigste grunnen til dette er at båndbredden er avgjørende for hvor mye informasjon som kan overføres i et gitt tidsrom. Innen videostreaming vil dette i praksis si at dersom man tilpasser videoklippet til en lav overføringshastighet, eksempelvis 45 Kbit/s (Kilobits per sekund), vil videoklippet komprimeres mye og kvaliteten vil mest sannsynlig oppleves som dårlig. Dersom man har tilgang på en høyere overføringshastighet, eksempelvis 10 Mbit/s (Megabits per sekund), vil mer informasjon kunne overføres og komprimeringen er grovere. Kvaliteten vil, av den grunn, sannsynligvis oppleves som bedre.

Studier som er gjort innen videostreaming over mobile nettverk (Dufaux 2003), har funnet tydelige sammenhenger mellom begrensningene i båndbredde og hvordan brukere oppfatter kvaliteten. Et påfallende funn er sammenhengen mellom opplevd kvalitet, overføringshastighet og skjermstørrelse.

Skjermstørrelse og oppløsning har åpenbart mye å si for hvordan man oppfatter kvaliteten på et videoklipp. Streaming over mobile nettverk er ofte preget av lave overføringshastigheter og presentasjon på mindre skjermer (Song, Won et al. 2002). Disse kvalitetsbegrensningene synes å påvirke hverandre. Hvordan man opplever kvaliteten på et videoklipp er sterkt påvirket av overføringshastigheten. Det som imidlertid blir observert i, er at den oppfattede kvalitetsdegraderingen øker med overføringshastigheten videoklippet er tilpasset til når man ser på små skjermer tilsvarende mobilskjermer med QCIF oppløsning. Resultatet kom frem etter sammenlikning av oppfattelsen til brukere og Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)⁹ utregninger. Det betyr, i følge Winkler (Winkler 2003) at økning av hastighet fra for eksempel 40 Kbit/s til 60 Kbit/s, gir større utslag med tanke på opplevd kvalitet, enn hva en økning fra 60 Kbit/s til 80 Kbit/s gjør. Denne observasjonen gir grunnlag for å si at den oppfattede kvaliteten ved videopresentasjon på små skjermer ikke er like sensitiv når nettverkshastigheten kommer opp til et visst nivå (Winkler 2003). Dette støttes av Song et al. (Song, Won et al. 2002) der brukerne ikke merket kvalitetsforskjell når overføringshastigheten økte fra 384 Kbit/s til 1.5 Mbit/s.

Hvor stor hastighet man tilpasser videoklippet til, påvirker også hvor sensitiv man er i forhold til andre parametere som influerer oppfattet kvalitet. Dersom man opererer med lave overføringshastigheter (under 384 Kbit/s) og presenterer videoklippet på 2 tommer skjermer vil, i følge Song et al. (Song, Won et al. 2002), ikke endringer i rammerate være utslagsgivende for den oppfattede kvaliteten på videoklippet. Dette begrunnes i vanskeligheten med å se detaljene i bildet når video presenteres på små skjermer. Dersom skjermstørrelsen og/eller overføringshastigheten øker, vil detaljnivået bli høyere, og brukerens sensitivitet overfor endring i rammerate øker. Dette er et eksempel på at kvalitetsparametere fra ulike lag påvirker hverandre.

⁹ Utregning av signalstyrke i forhold til støy i en radiokanal

Rammerate og skjermstørrelse, som befinner seg på applikasjonsnivået er i følge Song et al. (Song, Won et al. 2002) kvalitetsmessig sterkt avhengig av overføringshastigheten som befinner seg på nettverkslaget.

Viktigheten av hver bit og hver ramme øker når videoklippet komprimeres og rammeraten reduseres. Opplever man bitfeil eller tap av rammer ved streaming av videoklippet, vil dette påvirke brukerens kvalitetsoppfatning i større grad dersom videoklippet er kraftig komprimert og rammeraten kraftig redusert (Yeadon, Davies et al. 1998). Ved streaming til mobiltelefoner vil man typisk operere med rammerater rundt 7-10, men dersom videoklippet ikke er komprimert vil denne raten ligge på rundt 30. Mister man en ramme, er det derfor innlysende at påvirkningen av brukerens kvalitetsoppfattelse vil være større ved streaming av video over mobile nettverk enn over trådbundene nettverk der man opererer med høyere overføringshastighet og flere rammer i sekundet (Yeadon, Davies et al. 1998).

Samtidig som den opplevde kvaliteten preges av hvilken hastighet videoklippet overføres over, er også andre karakteristikk ved det mobile nettverket viktig å ta hensyn til. Med tanke på at det mobile nettverket bruker et radiogrensesnitt mellom basestasjoner og mobiltelefonen, er nettverket, i følge kapittel 2.4.2, mer sårbart mot forstyrrelser. Disse forstyrrelsene kan forårsake tap av pakker. I praksis vil det si at bildene som lå i de tapte pakkene aldri blir vist. Dersom flere pakker etter hverandre går tapt, kan dette påvirke kvalitetsoppfattelsen. Ettersom rammeraten ved streaming av video over mobile nettverk er begrenset, er man som nevnt enda mer følsom for tap av pakker. Presenteres det få bilder i sekundet, er informasjonen i hvert bilde viktigere enn dersom det presenteres mange bilder i sekundet.

For å sikre at alle pakkene kommer frem til mottageren ville streaming ved hjelp av TCP vært et alternativ. Denne protokollen sikrer at pakken kommer frem ved hjelp av retransmisjonsmekanismer. Med hensyn til at streaming av video har et strengt krav til avspilingsfristen ved overføring av pakker, vil benyttelse av denne protokollen være til større ulempe enn fordel for den opplevde kvaliteten. Et alternativ til å bruke TCP-protokollen er presentert i (Hao-Song Kong 2002), der det foreslås at viktige pakker i en videooverføring sendes om igjen uansett om de går tapt eller ikke. Dette vil øke sjansen for at viktige pakker kommer frem og minimere sjansen for å påvirke brukerens kvalitetsoppfattelse i negativ grad. Dersom det ikke forekommer pakketap blant pakkene som sendes dobbelt, kaster klienten de overflødige pakkene.

En annen måte å administrere pakketap på, er å innføre funksjonalitet som tar seg av dataintegriteten før pakkene overføres på det mobile nettverket (Pham and Wong 2004). Ved å benytte en proxy-server vil man kunne lagre et buffer av de pakkene som sendes ut til mobiltelefonen. Dersom noen av pakkene går tapt, vil mobiltelefonen kontakte basestasjonen og pakkene vil sendes om igjen.

Som diskutert i kapittel 2.1 har streaming av lyd og video et krav til sanntid. Funksjonaliteten til en proxy-server i denne sammenheng, ville være å redusere tiden det ville ta å sende pakken på nytt fra avsender. Proxy-serveren ville i de fleste tilfeller befunnet seg vesentlig nærmere enn avsenderen. Denne formen for forhandling mellom proxy og mobiltelefonen kan bidra til økt QoS hos brukeren i form av at færre bilder i videoklippet vil gå tapt, men også bedre kontroll med tanke på utsendelse av pakker til mobiltelefonen (Pham and Wong 2004).

Mangfoldighet

Forrige avsnitt om ”Tilpasninger av trafikken i nettverket”, innledet med tilgjengelig båndbredde som en av de sentrale faktorene for å oppnå et akseptabelt kvalitetsnivå ved videostreaming. I den forbindelse var tilpasning av videoklippet viktig med tanke på overføringshastighet. I mobile nettverk er denne tilpasningen problematisk i og med uforutsigbarheten i hvor mye båndbredde som er tilgjengelig (Annesley 2005). Ved videostreaming til mobiltelefoner velger ofte brukeren hvilket nettverk videoklippet skal overføres over (NRK Sist besøkt 29.01.06). En server hos tjenestetilbyderen vil, på bakgrunn av brukerens valg, velge ut en konfigurasjon av videoklippet som best mulig passer til det aktuelle nettverket. I og med at nettverksdekningen ofte endrer seg ved bevegelse betyr dette at man, ved videostreaming over mobile nettverk, kan oppleve store kvalitetsforskjeller ved bevegelse. Dersom man eksempelvis befinner seg i et område med UMTS-dekning når man starter med videostreamingen, og er på vei inn i et annet område som kun har GPRS-dekning, vil den tilgjengelige båndbredden minke kraftig. Denne overgangen vil føre til at videoklippet ikke lenger kan streames fordi videoklippets informasjonsmengde, i et gitt tidsrom, er for stor for å overføres via GPRS. Ved videostreaming vil kvalitetsoppfattelsen til brukeren bli negativt påvirket med tanke på at videosekvensen avbrytes.

Den samme problematikken finner man også innad i UMTS-nettverket. Beveger man seg fra en celle til en annen, kan man oppleve at den tilgjengelige båndbredden vil øke eller minke. Dette har å gjøre med hvor mye trafikkbelastning det er i cellene. Dersom denne belastningen er stor, vil hastigheten videoklippet er tilpasset til ikke samsvare med overføringshastigheten i cella. Konsekvensen av dette vil være liknende dekningsproblematikken i eksempelet over. Man vil oppleve avbrudd i videosekvensen.

Mangfoldet av nettverk og overføringshastigheter setter krav til løsninger, der videostreamingen kan tilpasse seg den tilgjengelige båndbredden og gi best mulig videokvalitet til brukeren under hele videosekvensen. Disse kravene kan tilfredsstilles ved å dele opp videoklippet i ulike kvalitetslag der hvert lag utgjør en kvalitetsforbedring av videoklippet (Radha 2001). I omgivelser som muliggjør høye overføringshastigheter vil flere kvalitetslag kunne overføres, mens ved lave overføringshastigheter vil kun basislaget nå mottageren. I praksis vil brukeren oppleve at kvaliteten på videoklippet endres ved ulike overføringshastigheter. Forbedringen ligger i at avpillingen av videoklippet fortsetter selv om overføringshastigheten minker.

For å minske graden av hvordan en bruker blir påvirket ved båndbreddevariasjoner, er kommunikasjonen og forhandlingene mellom mottager og sender betydningsfull. I forhold til eksempelet om kvalitetslag i avsnittet ovenfor, vil mottageren be om flere eller færre kvalitetslag ettersom hvor mye båndbredde som er tilgjengelig. Denne forespørselen sendes til serveren som administrerer datastrømmen til mottageren.

På bakgrunn av at hastighetsproblemet ofte er knyttet til det mobile nettverket, vil en strategisk plassering av administreringsnoden som bestemmer hvor mange kvalitetslag som skal benyttes, være mellom det trådbundne og mobile nettverket. Eksempelvis på Gateway GPRS Support Node (GGSN) i UMTS (Radha 2001).

Administreringsnoden vil motta pakker fra et trådbundet nettverk, mellomagre disse, og sende pakkene ut etter forespørsler fra mottageren.

Mangfoldet innen mobilkommunikasjon viser seg, i tillegg til nettverket, også på klientsiden. Forskjellige mobilterminaler prosesserer og presenterer videoklipp ulikt på bakgrunn av egenskaper som ytelse, størrelse og oppløsning. For å kunne tilby best mulig kvalitet til alle typer mobilterminaler, kan kommunikasjon over nettverket og utveksling av informasjon mellom mottager og sender bli viktig også her (Annesley 2005), (Halvorsen 2001).

Utteksling av informasjon mellom mottager og sender, med hensyn til terminaltilpasninger, krever mindre administrasjon enn tilpasninger med tanke på forhandlinger knyttet til hastigheter på nettverket. Forskjellen ligger i at terminalinformasjonen ikke endres underveis i en streamingsesjon, noe den tilgjengelige båndbredden har en tendens til å gjøre. Initieringsfasen passer derfor ideelt for en slik forhandling. Før selve videoklippet starter å streame, vil terminalen utveksle informasjon til avsenderen. Informasjonen vil typisk kunne være telefontype/modell og prosesseringsegenskapene presentert i avsnittet om systemlaget. Avsender vil, på bakgrunn av denne informasjonen, kunne tilpasse videoklippet slik at det best mulig passer for den aktuelle mobiltelefonen.

Denne formen for å skreddersy streamingtjenester *"on the fly"* med hensyn til mangfold i nettverk og terminaler, vil kunne bidra til at brukerens kvalitetsoppfattelse i mindre grad påvirkes av begrensninger på nettverket og systembegrensninger på mobiltelefonen.

Mobilitet

Mange av begrensningene innenfor streaming til mobiltelefoner skyldes at telefonene skal støtte mobilitet. Muligheten for å bevege seg er sentralt i mobilitetsbegrepet, og et vesentlig problemområde. Utfordringene med bevegelse i et mobilt nettverk, som for eksempel UMTS, oppstår når brukere beveger seg hurtig gjennom celler mens de for eksempel streamer video. Brukerens kvalitetsoppfattelse kan da bli påvirket av at nettverket ikke klarer å levere den tjenestekvaliteten brukeren har behov for (TeliaSonera 2004).

Hurtig forflytning mellom celler vil typisk forekomme dersom brukere benytter ulike former for transportmidler, eksempelvis bil og tog. Tenker man seg at brukeren entrer en celle i 100 km/t, og reiseruta innebærer 1 km dekning i denne cella, vil man oppholde seg der i 36 sekunder før en handover til en ny basestasjon blir nødvendig. Er den totale distansen 2 mil, vil man, ut fra tallene ovenfor være innom 20 celler i løpet av turen. Antall celler man er innom er selvfølgelig avhengig av hvor lenge man er i dekningsområdet til hver celle ved en fart på 100 km/t. Selv ved korte distanser ser man at antall besøkte celler er relativt høyt (Kyriakidou, Karelos et al. 2005). Dette eksempelet er forenklet med tanke på at man i virkeligheten ofte er tilkoblet flere basestasjoner samtidig.

Et av de største problemene med handover, i forbindelse med videostreaming, er forsinkelse (Kyriakidou, Karelos et al. 2005). Dette er på grunn av at en ny basestasjon skal ta seg av utsendelsen av videopakker til den mobile klienten. Administreringen av dette byttet mellom basestasjoner, påvirker hastigheten

videopakken blir sendt ut på i negativ grad. Ved streaming av video er brukere sensitive til handover i og med at forsinkelsene kan oppleves som små opphold i videosekvensen. Dersom disse oppholdene forekommer hyppig, vil dette kunne påvirke brukerens kvalitetsoppfatning i stor grad.

Ved å forutsi hvordan brukere beveger seg, vil man kunne forberede basestasjoner til handoverprosessen forut for når den egentlig skjer. Dette vil føre til at forsinkelsen med hensyn til administrering av handover vesentlig begrenses (Kyriakidou, Karelos et al. 2005).

Ettersom det ofte er hurtig bevegelse som påvirker brukerens kvalitetsoppfatning ved handover, er det viktig å adressere steder der brukere beveger seg raskt. Som nevnt tidligere, vil dette typisk være ved bruk av transportmidler som bil og tog. Lokasjonene der hastigheten er størst vil være på motorveien og mellom togstasjonene.

En av de tydeligste forskjellene mellom hvordan tog og biler forflytter seg, er bevegelsesmønsteret. Bevegelsesfriheten er vesentlig større ved bruk av bil enn ved tog. Dette gjenspeiler også problematikken ved å forutsi hvordan brukere beveger seg. Tog har en fastsatt rute og man vet hvor og når toget går. Administrering av handoverprosedyrer i forkant av selve hendelsen vil derfor ikke by på store utfordringer. Ved bruk av bil, eller andre hurtiggående transportmidler som benytter veinettet, er forutsigbarheten, med hensyn til bevegelsesmønstre vesentlig mer komplisert. Likevel finnes det noen holdepunkter som vil kunne minke forsinkelsene ved handover.

Et av disse holdepunktene er å studere bevegelsesmønstre. Ved å studere historiske bevegelsesmønstre på steder der biler beveger seg hurtig, vil man kunne forutsi mange av handoverprosedyrene og når de vil foretas (Kyriakidou, Karelos et al. 2005).

Steder hvor biler beveger seg hurtig, og handover forekommer hyppig er blant annet på motorveier. Motorveien er en definert vei på lik linje som en togskinne og bevegelsesmønsteret er derfor tydelig definert. Dersom man tar av motorveien vil bevegelsesmønsteret brytes. Resultatet av dette er enten at farten avtar eller at man entrer en ny motorvei og beveger seg i liknende hastighet, i et nytt definert bevegelsesmønster. Mønsteret man beveger seg i påvirker hvilken basestasjon man vil få kontakt med og hastigheten påvirker når man vil få kontakt med basestasjonen.

Reisemønstre kan også overvåkes av eksisterende teknologi som UMTS location Service (LCS) og det mer kjente Global Positioning System (GPS). LCS identifiserer hvilken celle brukeren befinner seg i, mens GPS bidrar til en mer nøyaktig posisjonslokalisering. GPS er i ferd med å inkluderes som en ny funksjonalitet i mobiltelefoner og er derfor veldig aktuell i bevegelsesproblematikken (Kyriakidou, Karelos et al. 2005).

Dersom man med stor nøyaktighet kan bestemme når og hvor en handoverprosedyre vil foretas, vil det være mulig å segmentere videoklippet slik at forskjellige deler av videoklippet sendes til forskjellige basestasjoner (Kyriakidou, Karelos et al. 2005). En slik segmentering vil kunne minimere trafikken i nettverket betraktelig. Dersom man skal streame et videoklipp med lengde på 2 minutter og befinner seg i cellene 36

sekunder, vil hver basestasjon kun få videopakker som tilsvarer 36 sekunder. Dette krever nøyaktig tids- og lokasjonsberegninger og er avhengig av mye administrasjon med tanke på trafikkproblemer som kan sinke trafikken og endre bevegelsesmønstrene. Mindre trafikk i nettverket vil begrense sjansen for at nettverket oppnår metning, og dermed også minimere sjansen for at brukernes kvalitetsoppfattelse påvirkes av trafikkmengden i en celle.

Handoverprosedyrer og forsinkelsesproblematikken blir ytterligere satt på prøve dersom man forflytter seg mellom ulike typer nettverk eller endrer frekvens i det nettverket man befinner seg i. Dette kan oppstå i tilfeller der man ikke har dekning eller der metningen i et bestemt frekvensområde er for høy. Da vil handover oppstå, og kommunikasjonene med nettverket vil på et tidspunkt brytes for å igjen bli tilkoblet det nye nettverket eller den nye frekvensen. Som nevnt i avsnittet om Mangfoldighet, vil kommunikasjonen mellom nettverket og klienten være avgjørende for hvor mye brukeren blir påvirket ved en slik hendelse.

Ved videostreaming til mobiltelefonene er man i stor grad preget av nettverksforholdene. Som nevnt i dette avsnittet om nettverkslaget, er man avhengig av at begrensningene på nettverket administreres slik at de i minst mulig grad gir negativt utslag i kvalitetsoppfattelsen til brukeren. Kommunikasjonen mellom mottager og sender samt å ta hensyn til mobiliteten i nettverket er en viktige faktorer for å opprettholde denne kvaliteten.

2.6 Oppsummering av Teoretisk bakgrunn

Dette kapitlet har tatt for seg relevant teori med fokus på begreper innen kommunikasjonsprinsipper. Hensikten har vært å gi en generell forståelse av teorien som brukes videre i oppgaven. Dette kapitlet legger grunnlaget for valg av karakteristikk og tjenestekvalitetsparametre i brukerundersøkelsen og Valg av streamingmiljø i kapittel 4.

3. Liknende arbeid

Dette kapitlet tar for seg bidrag innen videostreaming som har nær sammenheng med arbeidet som er utført i denne oppgaven. Med tanke på tjenestekvalitetsparametere og fokuset oppgaven har på brukerens opplevde kvalitet, er det i kapittel 3.1 tatt høyde for to artikler som utfører brukertester ved videostreaming i mobile miljøer. Innen oppsett av streamingkomponenter og streamingløsninger som tilbys, foretas det i 3.2 en beskrivelse av hvordan en av foregangsfigurene på det norske markedet i dag, Rubberduck Media Lab, opererer. Denne oppgaven konsentrerer seg spesielt på bruk av standarder i deres løsning. Oppgavens fokus med tanke på liknende arbeid presenteres i kapittel 3.3.

3.1 Brukerens kvalitetsopplevelse

I artikkelen ”Sharp or Smooth? Comparing the effects of quantization vs. frame rate for streamed video” (McCarthy, Sasse et al. 2004) ble en ny metodologi for å evaluere observert kvalitet på en video med variabel fysisk kvalitet introdusert. Fysisk kvalitet på et videoklipp er i denne sammenheng verdien på kvalitetsparametere som rammerate og bildekvalitet. Forfatterne tok utgangspunkt i sportsklipp med mye bevegelse, og vurderte retningslinjen om at høy rammerate var viktigere enn kvaliteten i hvert bilde. Dette ble testet i to forsøk der videoklippet ble manipulert med ulike nivåer av rammerate og bildekvalitet for å identifisere når kvaliteten ble vurdert som akseptabel og uakseptabel av brukeren. Et av forsøkene ble gjort på en skjerm med oppløsning tilsvarende en mobiltelefon, 176*144 (QCIF). Samme forsøket ble også utført på en PC-skjerm med oppløsning 352*288 (CIF).

Motivasjonen bak å gjøre overnevnte studie, ble begrunnet i tjenestetilbyderes behov for målinger som knytter observert kvalitet til fysisk kvalitet. Det vil alltid være behov for kunnskap som sikrer at brukerens krav imøtekommes, samtidig som tjenestetilbydernes ressurser administreres effektivt. Grunnen er at dette mer direkte kan relateres til forbrukerens villighet til å betale for en tjeneste. Artikkelen peker på at kunnskap om kvalitet med hensyn til ressursbruk er spesielt viktig under forhold med begrensede ressurser. Et eksempel på det er mobile miljøer.

For å komme frem til relevante resultater innen kvalitetsaksept blant brukere, benyttet McCarthy et al. (McCarthy, Sasse et al. 2004) en metodologi som var enkel å forstå blant testpersonene og ikke virket forstyrrende ved videoobservasjonen. I tillegg var den tilpasset med hensyn til videoklipp som var preget av variabel kvalitet og relaterte mer til krav fra tjenestetilbydere. Dette gikk ut på å øke eller senke verdien på kvalitetsparametrene på videoklippet mens testpersonene så på og kontinuerlig ga tilbakemelding om kvaliteten var akseptabel eller ikke. Målet med dette var å finne det kritiske punktet hvor kvaliteten ble uakseptabel.

Videoklippene som ble presentert ble delt opp i intervaller på 30 sekunder, og for de ulike videoklippene ble forskjellige innstillingene testet. Dersom testpersonene etter 15 sekunder ga tilbakemelding om at kvaliteten var uakseptabel, ville kvaliteten være akseptabel 50 prosent av tiden for den aktuelle innstillingen.

Konklusjonen McCarthy et al. (McCarthy, Sasse et al. 2004) kom frem til var at deltakerne var mer følsomme for reduksjon i bildekvalitet enn for endring av

rammerate, og at mye bevegelse ikke nødvendigvis betydde krav til høyere rammerate på små skjermer, eksempelvis 2 tommer.

Et tett relatert arbeid til McCarthy et al. (McCarthy, Sasse et al. 2004) finnes i ”Empirical Study of User Perception Behavior for Mobile Streaming” (Song, Won et al. 2002). Dette studiet undersøkte tre forskjellige videoklipp med varierte parametersettinger. Fokuset var først og fremst videostreaming i mobile miljøer med overføringshastigheter lavere enn 1.5 Mbit/s og presentasjon på skjermer med oppløsninger på mellom 176*244 og 320*240 piksler. Artikkelen la vekt på viktigheten av å sørge for riktig justering av parametersettinger for å maksimere observert QoS blant brukere, samtidig som man fokuserte på å minimere ressurskravene for avspilling av en komprimert video. Dette var viktige faktorer som gjorde seg gjeldene når forbrukeren skulle velge én tjeneste fremfor en annen.

Tjenestekvalitetsparametrene som ble satt opp mot hverandre i undersøkelsen var rammerate, oppløsning og overføringshastighet på nettverket. Hastigheten på nettverket var basert på hastigheter i 3G-nettverket.

Rangeringsmetoden i dette arbeidet baserte seg på en skala fra 1 til 5, der 1 var dårligst og 5 var best. Testpersonene fikk 20 sekunder i etterkant av hvert videoklipp til evaluering av hele videoklippet og mulighet for å uttrykke sin kvalitetsoppfattelse.

Resultatene viste at påvirkningen rammeraten hadde på testpersonenes opplevde QoS, var sterkt avhengig av hva slags overføringshastigheter man opererte med og hva innholdet i videoklippet var. Lavere hastigheter (under 384 Kbit/s) var mindre følsomme for endringer i rammeraten enn det høyere hastigheter var. Dette ble begrunnet med blant annet at kvaliteten på videoklippet ved lav overføringshastighet, ikke var god nok til å se forskjell på endring i rammerate. Testpersonene var mer følsomme ved endringer av rammerate ved observasjon av drama og sportsklipp enn ved observasjon av nyhetsklipp. Grunnen til dette var i følge Song et al. (Song, Won et al. 2002) forskjellen på bevegelsesmengde i videoklippet.

Skjermstørrelsen var en dominerende faktor med tanke på justeringer av rammerate og bitrate. Det viste seg at når man opererte med små skjermstørrelser, tilsvarende mobilskjermer, ville ikke rammerate og bitrate ha så mye påvirkning på brukernes kvalitetsoppfattelse. Dersom man opererer med PC-skjermer, påvirket disse parametrene brukeren i større grad. Grunnen til dette er, i følge Song et al. (Song, Won et al. 2002) at detaljene i videoklippet kommer tydeligere frem ved større skjermer med bedre oppløsning.

Artikkelen konkluderte med at rammeraten var den mest influerende faktoren for observert QoS. Videre viste det seg at kvalitetsparametrene påvirket hverandre og at innholdet med hensyn til justering av kvalitetsparametere hadde innflytelse på hvordan brukerne opplevde videoklippet. Som de tok opp i artikkelen ble ikke pakketap målt i arbeidet. Denne oppgaven kan dermed ses som et videre arbeid på det området.

3.2 Rubberduck Media Lab

Rubberduck Media Lab har på bakgrunn av forskning innen videostreaming kommet frem til et streamingmiljø som de tilbyr på markedet i dag. Som tjenestetilbyder innen multimediestreaming utgjør Rubberduck Media Lab i dag "State of the art" i Norge. Firmaet spesialiserte seg på utvikling og integrering av løsninger for nettverksoperatører og innholdsleverandører som ønsker innhold og tjenester levert over mobile nettverk.

Rubberduck har avtale med de største TV-kanalene og de to ledende telekommunikasjonsoperatørene nasjonalt, samt flere internasjonale radio og TV-kanaler og mobilprodusenter. Dette nettverket av aktører er i stor grad med på å bidra til økt kvalitet på tjenestene og bedre dekningsgraden blant brukerne.

Løsningen deres, Studio:1, er en komplett streaminginfrastruktur som er bygget på distribuert Java-arkitektur. Infrastrukturen i streamingmiljøet består av streamingservere, transkoder, live enkoder og en base som tilfører brukerne et komplett Content Management System. Ved transkoding lastes det rå videoformatet inn i Studio:1 ved hjelp av et enkelt administrasjonsgrensesnitt. Dette kan gjøres av for eksempel innholdsleverandører som skal tilby videoklipp. Etter at administratoren har satt opp kvalitetsparametere, starter Studio:1 å kode/komprimere videoklippet. Når selve transkodingen er fullført tilbys videoklippet til publikum via en streamingserver. I tillegg til koding, transkoding og streamingfunksjonalitet tilbyr også Studio:1 mekanismer for DRM (Digital Rights Management)¹⁰, billing¹¹ og administrasjon av innhold.

Rubberduck Media Lab tilbyr multimediestreaming på forespørsel og direkte streaming over 2.5G- og 3G-nettverk. For levering av multimedieinnhold i mobile nettverk, benytter Studio:1 standard formater som 3GP, 3GP2, KWSIF, RM og WMV. 3GP-formatet er støttet av tilnærmet alle mobiltelefoner med innebygd mediaspiller. Dette betyr at Studio:1 ikke betror seg til proprietære tredjeparts spillere som installeres på mobiltelefonen.

Hvilken posisjon man innehar i et marked, kan knyttes mot hvilke fremgangsmåter bedriften benytter seg av. Rubberduck Media Lab fokuserer på nettverket av innholdsleverandører og nettverksoperatører, enkelheten med hensyn til administrering av videoklipp i Studio:1 og på standarder innen filformater¹²

I tillegg til standarder innen filformater baserer Rubberduck Media Lab seg på standardiserte kontroll-, transport- og streamingprotokoller. Studio:1 støtter flere ulike streamingprotokoller som benyttes avhengig av hvilken type filformat klienten forespør. Avhengigheten dirigeres av type mediaspillere. Studio:1 støtter derfor de ledende mediaspillerne på markedet for mobiltelefoner. Dette er RealPlayer fra RealNetworks og Windows mediaspiller fra Microsoft. Med dette oppnår Rubberduck en bred støtte blant mangfoldet av mobiltelefoner.

¹⁰ Håndtering av rettighetene til den/de som eier det digitale innholdet

¹¹ Betalingshåndtering av tjenester

¹² Informasjon hentet fra www.rubberduckmedialab.no.

3.3 Oppgavens fokus med hensyn til liknende arbeid

Hensikten med denne oppgaven er hovedsakelig å opprette et streamingmiljø, utvikle en tjeneste som benytter seg av streaming og utføre en brukerundersøkelse som tar for seg hva som påvirker testpersonenes kvalitetsoppfattelse ved streaming av video til mobiltelefoner over UMTS.

Med hensyn til opprettelse av et streamingmiljø i denne oppgaven, er hovedmålet å velge streamingkomponenter og protokoller som fungerer sammen. Valgene som blir gjort med tanke på streamingmiljøet er, som kapittel 4 vil vise, en sentral del for å nå dette målet. Grunnen til at opprettelsen av streamingmiljøet vurderes som såpass viktig i denne oppgaven er at kapittel 5, om Rikstotoapplikasjonen og kapittel 6 som tar for seg brukerundersøkelsen, er avhengig av et streamingmiljø som fungerer.

I sammenheng med streamingmiljøets viktighet i denne oppgaven, har det vært betydningsfullt å se hvordan Rubberduck Media Lab legger opp strategien for å tilby streaming til mobiltelefoner. Spesielt hvordan bedriften legger vekt på bruk av standarder har vært viktig for det som er utført innen oppsett av streamingmiljø i denne oppgaven.

Som nevnt utgjør også brukerundersøkelsen en sentral del av oppgaven. For å utføre en undersøkelse som tar utgangspunkt i brukerens kvalitetsoppfattelse har det vært behov for å se på eksisterende arbeid med kvalifiserte metoder for å bedømme nettopp dette. Studiene som er presentert i denne delen av oppgaven bidrar også til utvelgelse av sentrale kvalitetsparametere og vurdering av tilretteleggelse av videoklippet med tanke på innhold.

Likheten denne oppgaven har i forhold til artikkelen "Sharp or Smooth? Comparing the effects of quantization vs. frame rate for streamed video" har mest med at begge tar for seg en vurdering av hvilke karakteristikk ved mobile streamingmiljøer som er sentrale for brukerens kvalitetsoppfattelse. I den forbindelse vil denne oppgaven fokusere på hvordan McCarthy et al. (McCarthy, Sasse et al. 2004) utfører brukerundersøkelsen og benytter kvalitetsparametere (rammerate og bitrate) for å se hvordan kvalitetsoppfattelsen til testpersonene påvirkes. Sentralt blir det også å diskutere hva brukerne krever av begrensningene i det mobile miljøet.

I og med at artikkelen "Empirical Study of User Perception Behavior for Mobile Streaming" tar opp det samme problemområdet, vil også dette studiet relateres tett til denne oppgaven. Artikkelen bidrar spesielt med hensyn til å tydeliggjøre at innholdet i et videoklipp ofte er utslagsgivende med tanke på hvordan man komprimerer videoklippet før det presenteres for en bruker. Interessant er det at begge artiklene fokuserer på videostreaming av sport og understreker at mye tyder på at denne genren kommer til å bli populær når det gjelder videostreaming til mobiltelefoner.

Konkret, med hensyn til liknende arbeid, fokuserer denne oppgaven på opprettelse av et fungerende streamingmiljø som danner grunnlaget for utvikling av en tjeneste som benytter videostreaming. Streamingmiljøet danner også grunnlaget for brukerundersøkelse som ser på brukerens kvalitetsoppfattelse vedrørende parametere som rammerate, hastighet, type innhold og bildeegenskaper.

4. Valg av streamingmiljø

Dette kapittelet omhandler valg av komponenter som skal brukes ved oppsett av streamingmiljøet. Kapittel 4.1 kategoriserer og vurderer ulike protokoller ut fra behovene i streamingmiljøet. Andre del av dette kapittelet, 4.2, gjør overveielser på bakgrunn hva som fungerer sammen av maskin- og programvare. Valgene som gjøres baserer seg i stor grad på standarder og kostnader knyttet til produktet.

4.1 Valg av protokoller i streamingmiljøet

I dette delkapittelet vurderes ulike protokoller innenfor kontrollprotokoller, streamingprotokoller og transportprotokoller. I hver del foretas det valg av protokoller som passer streamingbehovene i oppgaven best.

4.1.1 Kontrollprotokoller

De viktigste kravene som ligger til grunn for valg av kontrollprotokoll er at den skal kunne kontakte en server og at det skal være mulig å kontrollere videostreamen. Dette kan for eksempel være å stoppe, starte eller avbryte den. Det legges også vekt på protokollens enkelhet og relevans med tanke på å streame på forespørsel med unicastadresser.

HTTP

HyperText Transfer Protocol (HTTP) er en protokoll som vedlikeholdes av World Wide Web Consortium (W3C), og standarden er beskrevet under RFC 2616. HTTP definerer hvordan meldinger formateres og transporteres. Meldingene kan være av ulike formater og setter ingen begrensninger på hva som kan overføres.

De viktigste kommandoene er GET og PUT. Operasjoner som utføres ved kommandoen GET er at klienten forsøker å hente en fil fra en web-server. Ved kommandoen PUT lagres en fil under en spesifikk Uniform Resource Locator (URL). Uniform Resource Identifier (URI) blir sendt med som en parameter til kommandoene GET og PUT. En slik URI kan for eksempel peke på en videostream.

HTTP egner seg best for overføring av web-sider og filer som ikke skal overføres i sanntid. Grunnen til dette er at protokollen ikke tilbyr noen form for kontroll av videostreamen. Den kan avbryte eller starte strømmen, men når videostreamen avbrytes, brytes også sesjonen mellom klient og server. For å starte datastrømmen på nytt, må en ny sesjon opprettes.

HTTP kan brukes i de tilfeller der nettleseren har støtte for å åpne mediaspilleren, enten direkte i nettleseren eller som en selvstendig applikasjon. Da vil HTTP kun brukes for å få kontakt med web-serveren. Avspillingen og kontrollen av videostreamen vil overlates til andre protokoller som støtter dette.

SDP

Session Description Protocol (SDP) er en protokoll som vedlikeholdes av IETF og er beskrevet under RFC 2327. SDP er et format for å definere multimediasesjoner. SDP-filen beskriver mediatypen, hvilken kodek som er brukt for denne sesjonen, hvor mye overføringskapasitet som kreves, og sier noe om hvem som får lov til å delta i en

forbindelse. Protokollen er ikke ment for å forhandle om mediainnhold eller tjenestekvalitetsparametere, men blir brukt til kunngjøring av sesjoner og invitasjon til en sesjon. Denne protokollen egner seg derfor best til å definere multimediasesjoner for konferanser over Internett.

SDP-syntaksen er enkel, lett å utvide, og kan brukes sammen med HTTP, hvor HTTP har ansvaret for å kontakte webserveren. Webserveren inneholder en SDP-fil som sendes tilbake til klienten. Denne filen vil blant annet inneholde en link til en fil på en streamingserver. Klienten kontakter streamingserveren og ber om filen, som igjen streames til klienten. SDP bruker typisk multicast for å annonsere multimediasesjoner, men støtter også unicast.

Selv om SDP har en enkel syntaks, er det vanskelig å lage en SDP-beskrivelse manuelt. Det kreves da teknisk informasjon om video- og lydstrømmen. Et annet problem er å måtte kontakte to servere via URI. Dette er overflødig ved streaming på forespørsel, og dermed egner denne protokollen seg best for applikasjoner hvor flere brukere skal koble seg til samme sesjon. Dette er applikasjoner som bruker multicastadresser. Eksempler på det kan være videokonferanse eller ved direkte streaming. Denne oppgaven begrenser seg til å se på videostreaming på forespørsel ved bruk av unicastadresser.

SIP

Session Initiation Protocol (SIP) er en protokoll som vedlikeholdes av IETF og en beskrivelse av den finnes under RFC 3261. SIP brukes for annonsering av multimediakonferanser og telefonsamtaler over Internett. Signaliseringen bygger på samme prinsipp som HTTP hvor klienten og tjeneren utveksler informasjon. En forespørsel fra klienten kan være å invitere til en videokonferansesesjon. Dette gjøres ved kallet *"INVITE"*. Serveren kan svare med forskjellige statuser, eksempelvis *"trying"*, *"ringing"*, *"queued"* eller *"ok"*. Meldingene utveksles primært over UDP, men TCP kan også benyttes. SIP benytter SDP for å beskrive mediastrømmen.

Problemet med å bruke SIP i denne oppgaven er at protokollen er best egnet for annonsering av multimediakonferanser. Annonseringen og oppkoblingen av en sesjon krever tid. Dette innebærer at klienten tar kontakt med en server, spør serveren hvor en bruker ved navn *"brukernavn@maskinnavn"* er, og dersom brukeren eksisterer vil den bli invitert til samme videokonferansesesjon. Disse operasjonene er kompliserte og derfor tidkrevende. Dette er noe av grunnen til at protokollen er lite brukt ved streaming på forespørsel hvor brukere kobler seg opp mot en server ved hjelp av unicastadresser.

RTSP

Real Time Streaming Protocol (RTSP) er en protokoll definert i RFC 2326 som vedlikeholdes av IETF. RTSP setter opp forbindelsen mellom klienten og serveren, og kontrollerer og synkroniserer mediastrømmen. Den opptrer som en fjernkontroll for multimediatjenester med støtte for operasjoner som *"spill av"*, *"stopp"* og *"pause"*. Denne protokollen krever en beskrivelse av presentasjonen. Presentasjonen blir beskrevet ved hjelp av SDP. SDP-filen blir automatisk generert av servere, som støtter RTSP-protokollen, og sendes til klienten som svar på *"DESCRIBE"*-kommandoen.

RTSP er en mye brukt protokoll for streaming av lyd og video, mye på grunn av at det er enkelt å sette opp en forbindelse. Protokollen egner seg bra for lyd/video-kringkasting og streaming på forespørsel, og kan brukes for å tunnelere RTP-trafikk slik at det blir enklere å unngå problemer med brannmurer og andre nettverkselementer. RTSP fungerer bra for streaming av lyd- og video med tidskrav og hvor pakkemottak er tidsbasert. Protokollen støtter både unicast og multicast.

Tabell 4.1 nedenfor viser noen av egenskapene til kontrollprotokollene. I cellene hvor verdien "alle" er angitt, menes alle kodekene som diskuteres i denne oppgaven. Det vil si MPEG-4SP, H.263 og RealVideo.

Krav	HTTP	SIP	SDP	RTSP
Beregnet for multimedia	Nei	Ja	Ja	Ja
Enkel virkemåte	Ja	Nei	Nei	Ja
I utstrakt bruk	Ja	Ja	Ja (Ofte brukt i multicast)	Ja
Støtte for kontroll av videostrøm	Nei	Nei	Nei	Ja
Støttet av Nokia 6630 og 6680	Ja	Ja	Ja	Ja
Støtte for videokodek	Alle	Alle	Alle	Alle

Tabell 4.1: Oversikt over kravene som ligger til grunn ved valg av kontrollprotokoller.

Ut ifra kravene listet opp i Tabell 4.1, er HTTP-protokollen ikke spesielt godt egnet for streaming. Den har ikke støtte for kontroll av videostrømmen og er heller ikke tilpasset multimediaapplikasjoner. SIP er mer egnet for videokonferanse over Internett, instant messaging og applikasjoner som etterligner telefoni, for eksempel VoIP eller videokonferanse over mobile nettverk. SDP benyttes av RTSP. Protokollen er integrert på servere som tilbyr RTSP. Den eneste muligheten for å kontrollere videostrømmen med SDP er å spesifisere i SDP-filen at den skal bruke RTSP. Dette er en tungvinn løsning ettersom RTSP kan benyttes direkte via en URL fra klienten. RTSP er kontrollprotokollen som best oppfylder kravene i denne oppgaven. Den er enkel å bruke og mye brukt ved streaming på forespørsel. I tillegg har den muligheten for å kobles opp mot en server og kontrollere videostrømmen under videofremvisningen. Valget faller dermed på denne protokollen.

4.1.2 Streamingprotokoller

Viktige krav som ligger til grunn for valg av streamingprotokoll er støtte for forskjellige mediatyper, og at den ikke er applikasjonsavhengig.

RTP

Real-Time Transport Protocol (RTP) er en transportprotokoll som sørger for ende-til-endeoverføring av sanntidstjenester. RTP sørger for ekstra informasjon til applikasjonslaget ved at sekvensnummer, tidsstempling, payload type og kontroll av RTP-strømmer er integrert med funksjonaliteten i transportlaget. Dette er for eksempel bruk av UDPs sjekksum og multipleksing.

RTP sørger ikke for QoS (RFC 1889). Den garanterer ikke at pakker kommer frem i tide, men benytter seg av laverelagsprotokoller til dette. Laverelagsprotokollene er ikke avhengig av en pålitelig transportprotokoll som leverer pakker i riktig rekkefølge. Sekvensnummeret i RTP-headeren tillater mottageren å rekonstruere rekkefølgen på pakkene. Sekvensnummeret blir også brukt til å bestemme riktig lokasjon til en pakke, for eksempel ved videodekoding, uten å dekode pakkene i sekvens.

RDT

Real Data Transport (RDT) er utviklet av RealNetworks. Den er utviklet for å støtte RTSP. Problemet med RDT er at det er en proprietær streamingprotokoll fra RealNetworks. Selv om flere av de store telefonleverandørene som Nokia, Samsung og SonyEricsson kan benytte mediaspillere som støtter RDT, blir man, ved valg av en proprietær protokoll, i større grad bundet til valg av andre streamingkomponenter som transkodere og servere. Et annet problem ved å bruke RDT er at det begrenser valg av kodeker til de som er utviklet av RealNetworks.

MMS

Microsoft Media Server (MMS) er Microsofts proprietære nettverksstreamingprotokoll. Microsoft har ikke utgitt spesifikasjonen for å beskrive hvordan den fungerer. MMS har mekanismer for å levere data og kontroll av mediastrøm ved funksjonalitet som stopp, pause og spill av. Benyttes MMS som protokoll binder man seg til Microsoft Windows og Windows Media Player. MMS kan brukes over TCP og UDP.

Tabell 4.2 viser noen av egenskapene til streamingprotokollene. I de feltene hvor "Alle" representeres, menes det utvalget av videoformater oppgaven tar høyde for. Dette er videoformater støttet av MPEG-4SP og H.263 og RealMedia.

Streamingprotokoll	RTP	RDT	MMS
Beregnet for multimedia	Ja	Ja	Ja
Støtte for videoformater	Alle	.rm, rv	.mms
I utstrakt bruk	Ja	Nei	Nei
Standardisert	Ja	Nei	Nei
Proprietær	Nei	Ja	Ja
Sekvensiering av pakker	Ja	Ja	Ikke offentliggjort
Tidsstempling av pakker	Ja	Ja	Ikke offentliggjort

Tabell 4.2: Oversikt over multimedia streamingprotokoller.

Problemet med RDT og MMS er at de er proprietære og kun støtter sine egne formater. Disse formatene avgjør hvilke andre komponenter som kan benyttes i streamingmiljøet. Det vil si server, klient, nettverk og kodek. RTP har derimot støtte for et bredt spekter av medieformater og er ikke applikasjonsavhengig.

RTP er protokollen som best oppfyller kravene i denne oppgaven. Derfor velges denne protokollen som streamingprotokoll.

4.1.3 Transportprotokoller

Det eksisterer i dag en rekke transportprotokoller som brukes på Internett. Bruken av de avhenger av kravene til applikasjonen. Det er derfor viktig å velge en protokoll som tilfredsstillere kravene til sanntidsapplikasjoner. Kravene som stilles til transportlaget av sanntidsapplikasjonene i denne oppgaven er minst mulig kontroll som retransmisjoner av pakker. Dette er viktig for å opprettholde kravet til lav forsinkelse og lav forsinkelsesvariasjon. Andre krav som ikke direkte stilles av applikasjonen, men som likevel er viktige, er at protokollen benyttes i utstrakt omfang, er beregnet for multimedia og er en standard.

TCP

Transmission Control Protocol (TCP) er en protokoll definert i RFC 793 som vedlikeholdes av IETF. TCP sørger for en pålitelig forbindelse. Det vil si at den garanterer at pakkene kommer frem til mottageren. TCP har funksjonalitet som gjør det mulig å retransmittere pakkene dersom de ikke kommer frem. I tillegg utfører den feilsjekking og korleksjon og er ansvarlig for å kontrollere hastigheten til datastrømmen som blir sendt over nettverket. Denne egenskapen hindrer metning i nettverket ved at hastigheten blir satt ned dersom nettverket er på vei til å mettes. Dette er kontrollmeldinger som blir sendt av IP-laget. TCP bruker flytkontrollmekanismen til å håndtere disse meldingene. Metningskontrollen og flytkontrollen er funksjoner som gjør at TCP ikke mister pakker. Disse egenskapene gjør TCP til en populær transportprotokoll på Internett ettersom IP ikke har funksjonalitet som gjør forbindelsen pålitelig.

TCP egner seg ikke som en transportprotokoll for videostreaming (Pai Hsiang Hsiao 2002). Grunnen til dette er at TCP er en pålitelig protokoll, hvor forsinkelse vil forårsakes hver gang pakketap eller bitfeil oppstår. Dette skjer på grunn av retransmisjonsmekanismen i TCP. Som regel er det ikke hensiktsmessig å vente på pakker som retransmitteres for en sanntidsapplikasjon. Det er derimot ønskelig å kaste pakkene dersom de ankommer for sent til å avspilles på klienten. Retransmisjoner vil føre til forsinkelsesvariasjon, noe som bryter et av de viktigste kravene til sanntidsapplikasjoner. I tillegg skalerer TCP dårlig. Dette skyldes at tilstandsmaskinen til TCP er mer komplisert, og vil dermed kreve mer minnekapasitet og CPU-kraft.

UDP

User Datagram Protocol (UDP) er en protokoll definert i RFC 768 som vedlikeholdes av IETF. UDP er en upålitelig transportprotokoll som leverer pakker etter beste evne. Det betyr at UDP ikke garanterer at pakker kommer frem eller at rekkefølgen på pakkene bevares. UDP gir heller ingen informasjon om når pakken ble sendt. Det den sørger for av funksjonalitet, er å multiplekse/demultiplekse datastrømmer og enkel feilsjekking ved hjelp av sjekksum. UDP håndterer ikke metningskontroll eller retransmisjon. På grunn av lite kompleksitet, er UDP en enkel og dermed mindre CPU-krevende protokoll.

En av fordelene ved UDP er at den har lav forsinkelse. Dette er på grunn av at den ikke støtter retransmisjoner. Protokollen støtter både unicast og multicast og skalerer bedre enn TCP.

På grunn av at UDP ikke minker dataraten dersom nettverket er på vei til å mettes (Huang, Horn et al. 2002), og at den mangler flytkontroll, vil dette kunne føre til tap av pakker. Det er derfor viktig på en klient med liten CPU-kraft og bufringskapasitet å tilpasse overføringshastigheten slik at avspillingsfristen overholdes. Tilpasningen av overføringshastigheten bør justeres til et minimum.

UDP lite

UDP lite er en protokoll definert i RFC 3828 som vedlikeholdes av IETF. UDP lite er en utvidelse av UDP som tillater delvis sjekksum på data i en pakke. Det er opp til applikasjonen å spesifisere, per pakke, hvor mange bits i en pakke som er sensitive. Dersom det oppstår feil i de sensitive bitene, blir pakken kastet. Som tidligere nevnt i kapittel 2.4 tillater UMTS-nettet å motta delvis korrupte pakker på linklaget, og sende disse videre til neste lag i protokollstakken. Dette tillater applikasjonen å motta delvis korrupte pakker dersom bitfeilen ikke forekommer i de sensitive delene av pakken. Det fører til lavere pakketap, høyere gjennomstrømning (throughput), lavere ende- til endeforsinkelse og jevnere pakkestrøm. Dette er ønskelig for sanntidsapplikasjoner.

Utvidelsen av UDP er positiv med tanke på å bedre kvaliteten ved videostreaming (Singh, Konrad et al. 2001). Dette med hensyn til piksler som henger igjen fra det forrige bildet og ujevnheter i bildet. UDP lite er en lite brukt protokoll på grunn av at den ikke er en del av alle operativsystemer. Protokollen er blant annet lite utbredt blant operativsystemer på mobiltelefoner.

Tabell 4.3 viser noen av egenskaper til transportprotokollene.

Transportprotokoll	TCP	UDP	UDP Lite
Beregnet for multimedia	Nei	Ja	Ja
Standard	Ja	Ja	Ja
Retransmisjoner	Ja	Nei	Nei
Flytkontroll	Ja	Nei	Nei
Metningskontroll	Ja	Nei	Nei
Sekvensiering av pakker	Ja	Nei	Nei
Multipleksing av datastrømmer	Ja	Ja	Ja
Lav forsinkelse	Nei	Ja	Ja
Sensitiv sjekksum	Nei	Nei	Ja

Tabell 4.3: Oversikt over noen av egenskapene til transportprotokoller.

Ut ifra Tabell 4.3 er ikke TCP beregnet for streaming av multimediaapplikasjoner. Protokollen er for pålitelig, tar ikke hensyn til krav som lav forsinkelse og kaster ikke pakker som ankommer klientens buffer for sent. Dessuten krever TCP mer minne og større CPU-kapasitet enn UDP.

UDP og UDP lite er protokoller som tar hensyn til lav forsinkelse ved at retransmisjoner ikke støttes av protokollene. Pakker kastes dersom de ankommer bufferet etter tidsskjemaet. På grunn av mangel på metningskontroll vil trafikken være

mer regelmessig enn TCP, og avspillingen av videosekvensen vil dermed være jevnere. UDP Lite ville egnet seg bedre for streaming på forespørsel enn UDP på grunn av mindre sensitiv sjekksom, men ettersom de mobile klientene som benyttes i denne oppgaven ikke har støtte for UDP Lite, velges UDP fordi denne protokollen også støtter kravene som ble stilt innledningsvis.

4.2 Valg av maskin- og programvarekomponenter i streamingmiljøet

Valg av komponentene i et streamingmiljø er avhengig av flere faktorer. I denne oppgaven er blant annet kostnad og støtte for standarder gjennomgående vurderingsområder. En helt nødvendig del innenfor vurderingen av komponenter, er hvorvidt de, i det hele tatt, fungerer sammen. Grunnet proprietære formateiere og produsenter er maskin- og programvareindustrien preget av komponenter som ikke kan kommunisere med hverandre. Dette preger valgene i stor grad.

4.2.1 Mobiltelefon

Det finnes en rekke mobiltelefoner som støtter streaming av video. Dette utvalget begrenser seg imidlertid betraktelig når et av kravene til mobiltelefonen i denne oppgaven er at den skal støtte UMTS-nettverket. I Norge er det, i skrivende stund, kun to mobiltelefoner som er laget for dette nettverket, Nokia 6630 og Nokia 6680. Dette er Series 60 telefoner, noe som beskriver telefoner som bruker Series 60 plattformen over mobiloperativsystemet Symbian OS. Series 60 mobiltelefonene er også kjent under betegnelsen "*Smartphones*". Navnet kommer av telefonenes avanserte egenskaper og skjermstørrelse sammenliknet med andre mobiltelefoner på markedet. Ettersom det ikke finnes noen gratis alternativer til de telefonene som kreves i denne oppgaven, vil ikke kostnadene vurderes med tanke på valg av telefon.

Egenskaper til mobiltelefonen

I vurderingen av hvilken mobiltelefon som skal brukes i streamingtjenesten er det naturlig å ha med egenskaper som prosessorkraft, minnestørrelse, batterikapasitet og skjermoppløsning. Ettersom UMTS-nettverket begrenser utvalget av antall mobiltelefoner til to stykker, som spesifikasjonsmessig nesten er helt like, er ikke disse parametrene så. På en annen side er både Nokia 6630 og Nokia 6680 også såkalte "*state of the art*"-telefoner i Norge med hensyn til nettopp prosessorkraft, minnestørrelse, batterikapasitet og skjermoppløsning. I Tabell 4.4 er Nokia 6630 og Nokia 6680 sammenliknet med en annen type Series 60 telefon, Nokia 6600, for å få frem hvordan UMTS-telefonene i større grad er tilpasset multimedia.

Mobiltelefoner	Nokia 6630/Nokia 6680	Nokia 6600
Mediaspiller	RealPlayer, Helix™ Player (v4.0.0.477)	RealPlayer
Video filformat (Kodeker)	.mp4 (MPEG-4SP video), .3gp (MPEG-4SP video, H.263) .rm(RealVideo, RealAudio)	.mp4 (MPEG-4SP video), .3gp (MPEG-4SP video, H.263) .rm(RealVideo, RealAudio)
Streamingprotokoller	RTP med RTSP link.	RTP med RTSP link
Transportprotokoller	TCP/UDP	TCP/UDP
Kontrollprotokoller	SDP, HTTP, RTSP, SIP	SDP, HTTP, RTSP
Mobile nettverk	GSM, GPRS, 3G	GSM, GPRS
Nedlastingshastigheter:	WCDMA2000: 384 Kbit/s EGPRS (EDGE): 237 Kbit /s GPRS: 53,6 Kbit /s	GPRS: 40,2 Kbit/s
Nettlesere	Opera, innebygd nettleser.	Opera, innebygd nettleser
Prosessorkraft	220 MHz	104 MHz
Minne	10+64 MB	10+32 MB
Batterikapasitet	Standby: 6-11 dager Tale: 2-6 timer (GSM) 2,2-3.3 timer(WCDMA)	Standby: 6-11 dager Tale: 2-4 timer
Skjermopløsning	176 x 208 piksler	176 x 208 piksler

Tabell 4.4: Sammenlikning av mobiltelefoner.

Bortsett fra bredere nettverksstøtte og tilgang vesentlig bedre overføringshastigheter, viser Tabell 4.4 at Nokia 6630/Nokia 6680 også har betydelige forbedringer innen prosessorkraft og minnestørrelse i forhold til Nokia 6600. Som diskutert i kapittel 2.3 om mobiltelefonens utvikling og 2.5.2 om systemressurser på mobiltelefonen, er disse forbedringene viktige for kvaliteten ved videostreaming. Det andre kravet som settes til mobiltelefonen er egenskapene til mediaspilleren.

Mediaspiller

Kravene som stilles til mediaspilleren i denne oppgaven er at den skal støtte de vanligste streamingformatene og være lett tilgjengelig på mobiltelefonen.

Nokia 6630 og Nokia 6680 bruker samme versjon av RealPlayer som standard mediaspiller. Denne spilleren er utviklet av RealNetworks og gjør det mulig å streame lyd og video med de vanligste standard streamingformatene som .3gp og .mp4. Produktene til RealNetworks støtter også det proprietære formatet .rm.

Innenfor nedlastbare mediaspillere til Serie 60 telefoner, har RealNetworks utviklet Helix Media Player, som er basert på Helix plattformen. Denne spilleren støtter også de mest brukte standardformatene, men inneholder et mer begrenset brukergrensesnitt og mindre funksjonalitet enn RealPlayer. Erfaringer i oppgaven viser at knyttes problematikk rundt nedlasting av Helix Media Player. Manglende komponenter gjør det i flere tilfeller umulig å spille av videoklipp med Helix Media Player.

Mediaspillere	RealPlayer	Helix™ Player (v4.0.0.477)
Filformater	.rm, 3gp, mp4,	.ram, rm, 3gp, mp4
Mobiltelefoner	Standard spiller på Nokia 6600, Nokia 6630, Nokia 6680	Nedlastbar for Nokia series 60 telefoner

Tabell 4.5: Sammenlikning av mediaspillere på mobiltelefon.

På bakgrunn av tilgjengelighet (allerede installert på Nokiatelefonene) og bredere funksjonalitet, vil RealPlayer benyttes som mediaspiller på mobiltelefonen i denne oppgaven.

4.2.2 Kodek

En kodek er en teknologi som tillater å lage (kode) og vise (dekode) komprimert mediaformat¹³. Noen dyp gjennomgang av teori bak hvordan de ulike kodekene komprimerer et videoklipp, er ikke innenfor denne oppgavens rammer. For å forstå hvordan størrelsen på en videofil reduseres, er det likevel interessant å se på noen grunnleggende teknikker.

Kodeken ønsker først og fremst å fjerne overflødig visuell- og lydbasert data fra filen. Dette dreier seg blant annet om data som mennesker ikke er i stand til å oppfatte. Eksempler kan være lydfrekvenser som er utenfor oppfattelseevnen eller farger som ikke det legges merke til. Ved å fjerne denne type data vil videoklippet minke i størrelse uten at den oppfattede kvaliteten blir dårligere.

For å oppnå ønskelig størrelse på et videoklipp, holder det imidlertid ikke bare å fjerne overflødig data. Kodeken må også fjerne ikke-overflødig informasjon i bildet, noe som ofte fører til at kvaliteten på videoklippet blir dårligere. Dette gjør ved å velge ut en kombinasjon av informasjon i bildet som er minst viktig for den visuelle oppfattelseevnen (for eksempel fargekontraster) og informasjon som er minst viktig for den subjektive oppfattelsen av kvaliteten på bildet (for eksempel bakgrunnsdetaljer).

En annen teknikk som brukes ved komprimering er beregning av forskjellen mellom etterfølgende bilder (rammer) som skal overføres. Dersom deler av bildene inneholder samme informasjon, sendes denne informasjonen bare med den ene rammen og brukes av flere etterkommende rammer. Typiske deler av et bilde som gjentar seg over flere rammer, er bakgrunnen. Ettersom man ikke trenger å sende samme bakgrunn flere ganger, sparer man båndbredde. Noe av det samme skjer ved bevegelse. Beveger man et kamera vil informasjonen i rammene endre seg. Noen områder vil antakeligvis likevel være like, men forflyttet i bildet. Ved å bruke bevegelsesvektorer der man sammenlikner deler av et bilde med områdene rundt i et annet bilde, kan man finne områder som bare trengs å kodes en gang. Hvor vanskelig et videoklipp er å kode, har blant annet med hvor mye bevegelse det er i videoklippet å gjøre, samt hvor kompleks strukturen i bildet er. Forekommer det mye bevegelse (eksempelvis langrennsløp) og komplekse strukturer (oversiktsbilde med mange detaljer) i videoklippet blir ofte kvaliteten dårligere etter komprimering.

Kvaliteten avgjøres også av hvor mye som trengs å komprimeres. Hvor mye som må komprimeres avhenger i stor grad av overføringshastigheten på mediet som skal transportere videoklippet. Ved videostreaming over UMTS, trenger videoklippet eksempelvis å komprimeres mer enn dersom videoklippet skal overføres på et trådbundet bredbåndnettverk. For å illustrere hvordan nettverket påvirker hvor mye man må kode, er det her tatt utgangspunkt i filstørrelsen på et videoklipp før og etter

¹³ Definisjon tatt fra <http://www.mp3-cdburner.com/MP3-glossary.shtml>

komprimering. Originalfila, som var på MPEG-format, hadde en filstørrelse på 3217 KB. Etter komprimering ved en nettverkstilpasning på 75 Kbit/s, som står i forhold overføringshastigheter på UMTS, ble størrelsen på videoklippet 258 KB. Dette er en reduksjon på 2959 KB. Dersom man skulle tilpasset et nettverk som kunne overført 20 Kbit/s, eksempelvis GPRS, ville filstørrelsen vært på 114 KB. Størrelsene på videoklippet angir blant annet hvor mye nettverket kan håndtere ved overføring.

Hvilken kodek man kan bruker i transkodingsfasen, avhenger i stor grad av hva slags streamingformat som støttes av mediaspilleren det skal streames til, og streamingserveren som lagrer og tilbyr videoklippet. Etersom lyd og bilde kodes hver for seg finnes det kodeker for både lyd og video. Med tanke på begrensninger på mobiltelefonen og mediaspilleren som skal brukes i denne oppgaven, er valget av videokodeker forbeholdt tre typer: H.263, MPEG-4SP og RealVideo. Innen komprimering av lyd vil AAC, AMR og RealAudio vurderes.

Valg av videokodek

H.263 er en standard utviklet av International Telecommunication Unit (ITU). I utgangspunktet ble den laget for å kode video som skulle overføres på nettverk med bitrater lavere enn 64 Kbit/s, men denne begrensningen ble fjernet fordi den også egnet seg bra på nettverk med høyere bitrater. Det finnes flere varianter og forbedringer innen H.263, men her vurderes kun baseline-versjonen. Baseline-versjonen av H.263 er en forbedring av forgjengeren H.261. Forbedringen består blant annet at H.263 er beregnet til å bruke halvparten av båndbredden og gi samme kvalitet, sammenliknet med H.261.

For å oppnå god kvalitet og lave båndbredder benytter H.263 seg av Discrete Cosine Transform (DCT) for å skille ut deler av bildet med ulik betydning for bildets visuelle kvalitet. Med hensyn til bevegelseskompensasjoner baserer H.263 seg på halvering av pikselpresisjon (Javvin Sist besøkt 28.01.06). Til forskjell fra sin forgjenger som støttet to oppløsninger, QCIF og CIF, støtter H.263 fem: QCIF, CIF, SQCIF, 4CIF og 16CIF. Innen streaming til Nokia 6630 og Nokia 6680 anvendes QCIF (176*144 piksler). Ved bruk av H.263 kodeken kan man lage filformater som .3gp og mp4.

Den andre aktuelle kodekstandard er MPEG-4SP. MPEG-4SP ble, som navnet antyder, utviklet av standardiseringsorganisasjonen Moving Picture Expert Group og er basert på H.263 baseline. At MPEG-4SP er basert på H.263 betyr i denne sammenheng at de lager samme streamingformater og at den grunnleggende teknologien ikke utgjør noen tydelige forskjeller. På bakgrunn av at MPEG-4SP ble laget for å blant annet kunne overføre video til mobiltelefoner med veldig lav båndbredde, ble det utviklet funksjonalitet som gjorde at videoklippet kunne komprimeres mer. Blant annet har man mulighet for å bruke Wavelett komprimering i stedet for DCT (Wikipedia Sist besøkt 28.01.06). Wavelett-transformeren komprimerer bildet bedre enn DCT (Kulander 2004).

Et annet område MPEG-4SP skiller seg fra H.263 er oppdeling av bildet i objekter. MPEG-4SP gjør det mulig å dele opp bildet i objekter og kode de ulike objektene hver for seg. Dette er praktisk dersom deler av bildet ikke er vesentlig for innholdet av videoklippet. Ofte vil bakgrunnsinformasjon utgjøre det minst viktige i et bilde. Dersom bakgrunnen i et bilde er statisk, kan man med MPEG-4SP definere bakgrunnen som et objekt, komprimere det kraftig og sende det en gang over

nettverket. Dette vil føre til at så lenge ikke bakgrunnen endrer seg, brukes den bakgrunnen som ble sendt over nettverket første gangen som bakgrunn i de andre bildene. Dette utgjør tydelige besparelser med tanke på begrensede ressurser i det mobile nettverket.

Den eneste proprietære videokodeken RealPlayer støtter er RealVideo. RealVideo er utviklet av RealNetworks og forekommer i flere versjoner. De mest kjente er RealVideo G2 SVT, RealVideo 8 og RealVideo 9. På bakgrunn av at dette er en proprietær kodek, er den uaktuell for streamingmiljøet i denne oppgaven.

Videokodek	H.263	MPEG-4SP	RealVideo
Audiokodek	AMR/AAC	AMR/AAC	RealAudio
Standard	Ja	Ja	Nei
Eksportformat	.mp4, .3gp, .3g2	.mp4, .3gp, .3g2	.rm

Tabell 4.6: Sammenlikning av kodeker som brukes i Helix Mobile Produser 10 Professional.

I og med at H.263 innehar mindre funksjonalitet enn MPEG-4SP, blir sistnevnte benyttet videre i oppgaven.

Valg av kodek for komprimering av lyd

AAC er en kodingsalgoritme som benytter seg av to primære strategier for å redusere datamengden ved formidling av digital lyd med høy kvalitet. Den ene strategien går ut på å skille ut lyd som er irrelevant, likt det videokodeker gjør med bilder. Dette går ikke over på bekostning av hvordan lyden oppfattes. Den andre strategien går ut på å fjerne overflødige lyd signaler (Licensing Sist besøkt 29.01.06). På bakgrunn av resultater fra lyttetester presentert av Apple, vurderes denne kodeken å ta over for MP3 ved overføring av musikk (Apple Sist besøkt 29.01.06).

AMR deles inn i Narrow Band og Wide Band. Forskjellen på de to er hvor mye bitrate som brukes ved overføring på nettverket. Narrow band støtter lave overføringshastigheter, mens Wide band støtter høyere overføringshastigheter. AMR er en variabel bitratekodek, noe som betyr at den tilpasser bitraten mellom tale og kanalforhold (3GPP 2002). Dette fører til en optimalisering av talekvaliteten i forskjellige radiokanalforhold.

På lik linje med RealVideo, er RealAudio også en proprietær kodek som støttes av Real Networks sine produkter. På bakgrunn av at dette ikke er en standard som kan brukes på tvers av produktleverandører, og at den må brukes sammen med RealVideo, vil den ikke være aktuell for streamingmiljøet som settes opp i denne oppgaven.

AMR vil benyttes som lydkodek i denne oppgaven. Bakgrunnen for dette er at 3GPP, som standardiserer UMTS, har spesifisert AMR på bakgrunn av egenskaper i UMTS. Videre er dette en kodek som i stor grad fokuserer på tale og er optimalisert for mobile miljøer (Ericsson 2002). Dette er viktige faktorer for videostreamingen i denne oppgaven (Sørensen 2004).

Versjonen AMR-NB velges fremfor AMR-WB fordi førstnevnte bruker mindre båndbredde, men oppnår god nok lyd slik at man kan oppfatte hvert ord som sies

under videoklippet. Hadde streamingen dreid seg om musikk ville AMR-WB blitt valgt fremfor AMR-NB på bakgrunn av at musikkkvaliteten ville blitt bedre.

I følge dokumentasjonen som følger med Helix Mobile Producer 10 Professional (RealNetworks 2004), er det anbefalt at innstillingene for lyd holdes til standardinnstillingene. Unntaket er dersom man er profesjonell innen lydteknikk. I denne oppgaven er lyden på videoen viktig, men så lenge standardinnstillingene holder god nok kvalitet, vil ikke ytterligere justeringer foretas.

Tabell 4.7 viser hvilke lydkodeker som kan er kompatible med ulike videoformater. Av tabellen som er hentet fra Helix Mobile Producer (RealNetworks 2004), kan man se at mp4 ikke støttes av AMR-NB. MPEG-4SP kan likevel benyttes som videokodek i og med at den også kan lage filformatet .3gp.

Lydkodek	AAC	AMR-NB	AMR-WB	RealAudio
MPEG-4SP (mp4)	X			
3GP (3gp)	X	X	X	
3GPP (3g2)	X	X	X	
RealMedia (rm)				X

Tabell 4.7: Kompatibilitet mellom lydkodek og videoformater.

4.2.3 Streamingserver

Streamingserveren utgjør en sentral del av et streamingmiljøet. I forhold til oppgavens fokus, vil det likevel ikke bli foretatt noen grundig vurdering av ulike servere og oppsett av servere. Grunnen til dette er at valg og oppsett av de fleste kostnadsfrie streamingserveren ikke utgjør noen forskjell om man streamer fra trådbundet eller mobilt nettverk. Problematikken rundt lagringskapasitet, skalerbarhet og behovet for dedikerte nettverk og maskiner, er den samme uansett om man streamer til PC eller mobiltelefon. Det forutsettes i denne oppgaven at programvare og maskinvare, knyttet til streamingserveren, er tilfredsstillende.

Kravene som blir stilt til streamingserveren her er at den er kostnadsfri og har støtte for standard kodeker og streamingformater. Utvalget av servere knytter seg i stor grad til de mest kjente produsentene som Sun Microsystems, RealNetworks, Apple, og Microsoft. På bakgrunn av at kun Darwin Streaming Server fra Apple og Helix DNA Server fra RealNetworks, er kostnadsfrie og tilgjengelig for nedlasting, er disse testet ut.

Streamingservere	Darwin	Helix
Plattform	Windows	Windows
Video filformat (videokodek)	.mov (Cinepack, H261, H263, MPEG-4SP video, Sorensen Video, Sorensen Video 3, Video), .mp4 (MPEG-4SP video), .3gp (MPEG-4SP video)	.rm (RealVideo)
Audio filformat (Audiokodek)	.mov (MPEG-4 Audio ACC Low Complexity, QDesign Music 2, Qualcomm PureVoice, uLaw 2:1) .mp4 (MPEG-4 Video AAC Low Complexity) .3gp (AMR-NB Speech, AAC Low Complexity)	.rm (RealAudio)

Tabell 4.8: Støttede kodeker på streamingservere.

Ved valg av streamingserver i denne oppgaven er støtte for streamingformat og kodek begrenset av mediaspilleren på mobiltelefonen. Sammenlikner man Tabell 4.4 og Tabell 4.5, ser man at både Darwin Streaming Server og Helix DNA Server kan benyttes. Begrenser man seg til .rm-formatet hos Helix DNA Server, vil man bare kunne tilby videoklipp til mediaspillere som støtter dette formatet (RealNetworks 2004). For denne oppgaven sin del er det faktum at Darwin støtter flere standardiserte formater utslagsgivende. Darwin støtter .mp4- og .3gp-formatet, men bare dersom de er laget av MPEG-4SP kodeken. Tabell 4.6 viser at også H.263 kan lage disse filformatene, men den støttes ikke av Darwin-serveren.

4.2.4 Transkoder

Transkoderen er en programvare som har til oppgave å konvertere og komprimere videoklippet ved hjelp av en kodek, slik at videoklippet kan streames over nettverket. Hvordan man behandler et videoklipp avhenger først og fremst av hvilke tilpasninger man ønsker å gjøre med tanke på hastigheten nettverket tilbyr, og egenskaper ved klienten som skal motta videoklippet. For at man skal kunne tilpasse videoklippet til ulike skjermer, nettverkshastigheter og liknende, er det derfor viktig at transkoderen tilbyr et bredt utvalg av parametersettinger.

Transkoderen benytter seg av en kodek for å kunne spesifisere parametersettinger og komprimere det opprinnelige videoklippet til et streamingformat. Hvilken transkoder som skal benyttes, vurderes hovedsakelig ut fra kostnad, funksjonalitet og kodekstøtte. Det vil kun prøves ut programvare som kan lastes ned gratis som fullversjon eller prøveversjon.

For å tilpasse et videoklipp til de ressursene og tjenestene man skal tilby, er det viktig at fleksibiliteten med hensyn til hva man kan gjøre med videoklippet er stor. For å kunne tilby best mulig kvalitet med tanke på videoklippets innhold, er det viktig at man har mest mulig kontroll over videoklippets egenskaper. Vurderingen av funksjonalitet dreier seg om hva og hvor mye man kan gjøre med videoklippet. Spesifikke minimumskrav er at transkoderen må ha funksjonalitet for å tilpasse

videoklippet til mobiltelefoner, og at det er mulig å stille inn overføringshastighet, rammeraten, justere bildet og oppløsningen.

Det viktigste innen kodekstøtte er at transkoderen støtter kodeker som kan produsere streamingformater med tanke på hva som kan spilles av på mediaspilleren til mobiltelefonen. Det er også viktig at transkoderen bruker de samme kodekene som støttes av serveren videoklippet skal hentes fra. Her vil det legges vekt på i hvilken grad transkoderen har støtte for standarder kontra proprietære løsninger.

RealNetworks har flere alternativer innenfor transkodere. Her vil kun prøveversjonen av Helix Mobile Producer 10 Professional Offline vurderes. Med hensyn til funksjonalitet dekker denne kravene til innstillingsparametere. I tillegg har man ved bruk av Helix Mobile Producer 10 Professional Offline utvidet mulighet til å blant annet stille inn lyd, fargebruk og klarhet i bildet.

Transkoderen til Helix gir mulighet til å bruke videokodekene H.263, MPEG-4SP og RealVideo. Innenfor audiokodeker kan AAC, AMR og RealAudio benyttes. Streamingformatene som kan lages av kodekene er .3gp, .3g2, .mp4 og .rm. På bakgrunn av kodeker/streamingformater, som aktuelle servere og klienter i denne oppgaven støtter, kan Helix benyttes som transkoder.

Mobile Media Maker (Demo) er utviklet av Nokia og er en meget enkel form for transkoder. Transkodingen foregår ved hjelp av en tre-trinns veiviser. Utfallet blir en .3gp-fil som egner seg til å streames til mobiltelefoner. Med tanke på kodekstøtte og pris, dekker den kravene som blir stilt i oppgaven. Med hensyn til funksjonalitet ligger den langt lavere enn kravene som stilles. Ser man på videokvalitet kan det kun settes to generelle parametere: om videoen er en hjemmevideo eller en film og om transkodingen skal legge mest vekt på lyd eller video.

Apple har, gjennom merkevaren Quicktime, også posisjonert seg innen transkodere. Quicktime Pro muliggjør editering og transkoding av lyd og video. Dette er et alt-i-et multimedieverktøy som tilbyr avspilling av lyd og video, editering og transkoding. Pro-versjonen til Quicktime har også støtte for H.264 kodeken som er spådd til å bli en mye brukt kodek innen videostreaming i fremtiden på bakgrunn av forbedrede kodingsalgoritmer. Innenfor funksjonalitet og kodekstøtte dekker Quicktime Pro kravene som stilles til transkodere i denne oppgaven (Apple Sist besøkt 28.01.06). Produktet koster imidlertid rundt 300 kroner. For å få full utnyttelse av produktet er man i tillegg avhengig av å velge spiller og server fra Quicktime eller produkter som har tilsvarende funksjonalitet. Dette er over kostnadsrammene i denne oppgaven og blir dermed sett på som uaktuelt.

Microsoft tilbyr tilpasninger av multimedia gjennom Windows Media Maker. Programvaren er gratis og tilbyr nok funksjonalitet i forhold til kravene i oppgaven. Ettersom Microsoft i stor grad baserer produktet sitt på proprietære kodeker og filformater, er Windows Media Maker likevel uaktuell som transkoder i denne oppgaven.

Transkodingsverktøy	Helix mobile produser 10 proffesional offline	Mobile Media Maker	Windows Media Maker	Quicktime Pro
Produsent	RealNetworks	Nokia	Microsoft	Apple
Videokodeker	H.263, MPEG-4SP RealVideo	Ukjent	Windows Media Video 9	H.263, MPEG-4SP, H.264,
Eksportformat	3gp, 3g2, mp4, rm	3gp	.wmv	3gp, mp4, mov

Tabell 4.9: Sammenlikning av transkodingsverktøy.

Tabell 4.9 viser en oversikt over egenskapene til transkoderne som er vurdert.

Evalueringen av transkoderne, baserer seg på vurderinger av funksjonalitet, kostnad og kodekstøtte. Kun en av de transkoderne som ble vurdert, dekket kravene som ble satt, Helix Mobile Producer 10 Professional Offline.

4.3 Oppsummering av Valg av streamingmiljø

I dette kapittelet er det foretatt valg av ulike protokoller og program- og maskinvare komponenter for å kunne sette opp et streamingmiljø. Listene nedenfor gir en oversiktelig fremstilling av hvilke valg som er gjort.

Ut ifra vurderinger av kontrollprotokoller, streamingprotokoller og transportprotokoller velges:

- RTSP som kontrollprotokoll grunnet mulighet for kontroll av videostrøm
- RTP som streamingprotokoll som i hovedsak skyldes støtte for ulike mediatyper og at den er applikasjonsuavhengig.
- UDP som transportprotokoll på grunn av at det er en enkel protokoll med lite kompleksitet.

På bakgrunn av vurderingene av mobiltelefon/mediaspiller, kodek for lyd og video, streamingserver og transkoder, er følgende valg foretatt:

- Nokia 6680/6630 som mobiltelefon på bakgrunn av at disse var de eneste tilgjengelige telefonene med 3G-dekning ved oppgavens oppstart.
- Realplayer blir benyttet som mediaspiller på grunn av bred støtte for kodekstandarder og at kommer ferdig installert med Nokia 6680/6630
- MPEG-4SP blir benyttet som videokodek grunnet at det er en standard og at den innehar bred funksjonalitet.
- AMR-NB blir brukt som lydkodek av den grunn at den er en standard og fordi den er spesielt tilpasset UMTS.
- Darwin Streaming Server benyttes s som streamingserver på bakgrunn av støtte for standard filformater og fordi den støtter MPEG-4SP kodeken.
- Helix Mobile Producer velges som transkoder ut fra bred støtte av standard filformater og kodeker, samt at den innehar den funksjonaliteten som oppgaven krever.

5. Rikstoto – En tjeneste som benytter videostreaming

Med ønske om å illustrere bruken av videostreaming i en tjeneste har det, i denne oppgaven, blitt utviklet en applikasjon som tar for seg hesteveddeløp. Dette er kun en prototyp som er utviklet med tanke på å presentere en tjeneste som benytter videostreaming, forbedre en allerede eksisterende tjeneste og med tanke på strategier for å tilpasse et videoklipp med hensyn til videoklippets innhold. Streamingmiljøet som benyttes baserer seg på kapittel 4 om valg av protokoller og program og maskinvarekomponenter.

Kapittelet er delt inn i sju deler. I kapittel 5.1 presenteres bakgrunnen for utviklingen av tjenesten og 5.2 vurderer karakteristikk ved hesteveddeløp som er sentrale for brukeropplevelsen. Kapittel 5.3 beskriver arkitekturen i systemet og 5.4 gjennomgår kommunikasjonsflyten mellom mobiltelefonen og de aktuelle serverne ved spill og streaming av video. I 5.5 velges programmeringsspråket som benyttes for å utvikle tjenesten og det etterfølges av kapittel 5.6 som tar en gjennomgang av skjermbilder og funksjonalitet i streaming/spill-tjenesten som er utviklet. 5.8 tar så for seg hva som er utviklet og ønskelig funksjonalitet i fremtiden

5.1 Bakgrunn for utviklingen av tjenesten

Innenfor mobiltelefoni har Rikstoto, i samarbeid med Telenor, muliggjort spill på hest ved å sende SMS fra mobiltelefonen. Her kan man velge mellom Dagens Dobbel (DD), V75, V65 og V5. Man spiller ved å sende inn <type spill> <beløp> til <telefonnummer>. Skal man spille V5 for 250 kroner sender man: V5 250 til 2500. Når meldingen er sendt, velges automatisk de hestene med best odds, og man mottar en bekreftelse per SMS. Spillet går under betegnelsen "Lyntoto". I følge Rikstotos årsrapport fra 2004 dobles spill på mobiltelefonen seg fra 2003 til 2004 til nesten 4,2 millioner kroner (Rikstoto 2004).

Lyntoto er spesielt utviklet for de som er interessert i pengespill, og ikke like mye for de spesielt hesteinteresserte. Sistnevnte gruppe møter som regel opp på travbanen eller følger løpet på TV. Det som også kjennetegner hesteentusiastene er at de ønsker større frihet med tanke på hvilken hest de vil spille på. I tillegg benyttes ofte kompliserte systemer for å bedre sjansene til å vinne. Lyntoto er først og fremst basert på enkelhet for de spilleinteresserte som ikke har så god greie på hest.

For å gjøre tjenesten, som tilbyr spill på hest fra mobiltelefon, mer attraktiv for spillinteresserte, er det ønskelig å utvikle en applikasjon som benytter seg av et grafisk brukergrensesnitt og videostreaming.

5.1.1 Liknende tjeneste

At The Races, i samarbeid med William Hill¹⁴ og mobiloperatøren 3, lanserte i juni 2005 en tjeneste for videostreaming av hesteveddeløp til mobiltelefoner over 3G-nettverket. Tjenesten tilbyr direktesendinger av hesteveddeløp og interaktiv spilling på hest. For å benytte seg av tjenesten må brukeren anvende videotelefonifunksjonen

¹⁴ Verdens største telefonoperatør innen betting

på mobiltelefonen og ringe opp et bestemt nummer. Samtidig som løpet vises og kommenteres direkte på mobiltelefonen, har brukeren mulighet for å plassere satsningen sin interaktivt. Tjenesten er hovedsakelig ment for å tilby hesteveddeløp til flest mulig, men også beregnet på allerede hesteinteresserte som ønsker å få med seg alt som skjer innen sporten (3GPP 2002).

11. juli 2005 ble også tjenesten tilgjengelig for Vodafone sine 3G-kunder som, sammen med kundene til operatøren "3", utgjør majoriteten av 3G-kunder i Storbritannia. Med dette ser At The Races en vesentlig økning i potensielle spillere og spås en lysende fremtid med tanke på inntjening (3GPP 2002).

5.2 Karakteristikker av hesteveddeløp ved presentasjon på mobiltelefonen

For å oppnå best mulig kvalitet på et hesteveddeløp som streames over et mobilt nettverk og presenteres med en oppløsning tilsvarende QCIF, er det avgjørende å se på hvilke karakteristikker som preger denne typen sjanger. Viktigheten med å tilpasse videoklippet med hensyn til innhold, ble diskutert i 2.5.1. Spesielt er det viktig å tilfredsstille de minimumskravene en som spiller på hest har til et hesteveddeløp.

Blant det viktigste for en som spiller på hest og benytter seg av streamingtjenesten presentert i dette kapittelet, er å få med seg om tipset går inn. En helt sentral del av brukeropplevelsen går derfor ut på å kunne følge de tre-fire ledende hestene gjennom løpet, eventuelt om noen utfordrer bakfra, og oppfatte hvem som vinner til slutt. Avhengig av hvilket spill man spiller (Dagens Dobbel, Trippel, Duo, V5, V64, V75), og hvor interessert man er i hest, vil også andre plasseringer være interessante. Dersom man for eksempel spiller Duo, vil det være betydningsfullt for spilleren å vite hvem som kommer på andreplass. I de spillene som tilbys i Lyntoto i dag er kun hesten som vinner viktig for å vinne penger.

5.2.1 Detalj- og fargesynlighet

For å skille hestene fra hverandre har hver hest, i hver konkurranse, et unikt nummer. Dette er festet på siden av hesten. Plasseringen av nummeret er strategisk ut ifra at hestene og publikum oftest befinner seg på langsiden av en travbane. I de fleste tilfeller befinner også kameraet seg på langsiden. Nummeret er likevel vanskelig å se dersom avstanden mellom publikum og hestene blir for stor, eller dersom kameraet ikke zoomer godt nok inn på hestene.

I og med at nummeret til tider kan være vanskelig å se, spiller draktfargen til kusken en vesentlig rolle. Kusken bruker som regel samme draktfarge i alle løp og kan derfor gjenkjennes ved den. Hesteentusiaster ser av den grunn ofte mer på kuskens drakt enn de gjør på hestens nummer (Vedlegg D Marti). Problemet oppstår imidlertid når to kusker har tilnærmet samme farge på drakten eller lysforhold gjør det vanskelig å se fargen.

Nummeret på hesten og draktfargen er detaljer som nærmest er umulige å få med seg når videoklippet presenteres på en 2 tommers skjerm med QCIF oppløsning. For at man skal kunne se nummer og draktfarge, samt få med seg de 4-5 beste hestene, kan

et virkemiddel være å stille inn bildet slik at den aktuelle delen blir tydeligere. Velger man et utsnitt av et bildet og presenterer det på samme skjermstørrelse, vil objektene i bildet, som for eksempel hestene, bli større. Dette medfører også at detaljene kommer klarere frem. Å klippe bort deler av originalklippet som er ment å vises på TV, vil ikke være kritisk for spillerne på bakgrunn av at dette videoklippet ofte har med objekter i bildet som er uvesentlig for hesteveddeløpet. Et eksempel på dette er tribunen rundt travløpsbanen.

Ettersom det visuelle inntrykket i er tilpasset TV-skjermen når det filmes, må videoklippet bearbejdes for at brukeropplevelsen skal opprettholdes når man ser på mobilskjermen. En av de tydeligste forskjellene mellom presentasjon på ulike skjermstørrelser er at detaljer i bildet blir vanskeligere å se når skjermstørrelsen og oppløsningen minker.

5.2.2 Lydkvalitet

I de tilfellene der man visuelt sett får problemer med å følge med på travløpet, bidrar kommentatoren til at man får med seg hva som skjer. Kombinasjonen av lyd og det visuelle inntrykket kan derfor være sentralt for brukerens opplevelse. På travbanen kommenteres løpet av en speaker, mens TV-presentasjonen av løpet ofte blir kommentert av en som har tilknytning til TV-kanalen. På bakgrunn av at man ikke ser kommentatoren og at endringer i plasseringen av hester ikke skjer plutselig (under 1 sekund), er synkroniseringen av lyd og bilde ikke betraktet som kritisk her. Diskusjonen i 2.5.1 om tjenestekvalitet i applikasjonslaget støtter oppunder dette.

I utgangspunktet legger kommentatorene mye vekt på å beskrive hvordan travløpet utarter seg. Bruk av navn, plassering og travløpsterminologi gjør at man får et godt inntrykk av hva som foregår uten at man nødvendigvis får med seg detaljene i bildet. Avhengig av hvor mange som er i feltet, hvem som er favoritt og hvem utfordrer teten, får de 4-5 ledende hestene mest omtale.

5.2.3 Bevegelsesmønstre

Det finnes også andre karakteristikker ved hesteveddeløp som er med på å prege kvaliteten på videoklippet når det streames til små skjermer. Blant annet er bevegelse et problem. I hesteveddeløp beveger hestene seg med en fart på omtrent 50 km/t. Som kapittel 2.5.1 drøftet, kan bevegelse i innholdet prege kvaliteten på videoklippet. Grunnen til dette er at bevegelse i bildet krever hyppigere oppdateringer og flere rammer i sekundet enn når det ikke er noe bevegelse. Når man ser et videoklipp av et hesteveddeløp, er det viktig for opplevelsen at hestene beveger seg jevnt og at videoklippet ikke hakker.

Vurderer man bevegelsesmønsteret og hastigheten gjennom et hesteveddeløp, er denne ganske forutsigbar. Bevegelsesmønsteret er rundt banen, med noen galoppunntak, og hastigheten ligger på rundt 50 km/t hele tiden. Dette er faktorer som gjør behandlingen av videoklippet lettere. Man vet alltid hvor hestene er på vei og at de stort sett holder samme fart. Dette gjør at man enklere kan sette egenskaper under transkodingen som gjelder hele videoklippet. Her kan man se et skille fra eksempelvis behandling av et fotballklipp der bevegelsene og hastigheten er svært uforutsigbare.

Tilpasningen av slike videoklipp krever mer behandling av hver enkelt ramme dersom kvaliteten skal oppfattes som tilfredsstillende (Digi 2005).

Hvordan man tilrettelegger filmingen med hensyn til kameraføring, kan også ha noe å si for hvordan bevegelsen oppfattes. På en travbane identifiseres det i oppgaven tre ulike måter å filme et travløp på. Den første og mest vanlige måten er når kameraet er plassert på langsiden der målgangen og starten foregår. Her står kameraet stille, men endrer vinkelen for å følge hestene rundt banen. Den andre måten kameraet filmer på, er ved målgang. Kameraet står da på samme sted som i det første eksempelet, men endrer ikke vinkelen med tanke på hestenes bevegelse. Det står stille og får med seg alle hestene som traver over målstreken. Den tredje og siste måten kameraet filmer på, er ved hjelp av en skinne som går langs travbanen. Dette kameraet endrer som regel ikke vinkel, men beveger seg i samme fart som hestene.

Med hensyn til bevegelse er sistnevnte kameraføring den som følger hestenes bevegelse best. Dette har å gjøre med at kameraet holder samme fart og bevegelsesmønster som hestene. Kameraføring nummer en følger også bevegelsen til hestene, men på grunn av endringer i kameravinkelen kan enkelte deler av løpet bli problematisk å filme. I tilfellet der kameravinkelen ikke endrer seg ved målgang, blir hestenes bevegelse veldig tydelig i og med at de beveger seg ut av kameraet. Mye bevegelse kan, med tanke på diskusjonen i kapittel 2.5.1, føre til større vanskeligheter med å kode bildet og dermed føre til dårligere kvalitet på videoklippet.

5.2.4 Lysforhold

Travløp foregår utelukkende utendørs. Vanskelige vær- og lysforhold kan derfor sette sitt preg på opplevelsen av travløpet. Ettersom detaljnivået ofte minker når skjermstørrelsen blir mindre, forverrer problemet seg ved presentasjon på skjermstørrelser tilsvarende mobiltelefoner. Selv om travbanene er utstyrt med flombelysning kan likevel kvaliteten preges. Et annet problem man ofte støter på, er skygge- og solvariasjoner på banen. Ofte endrer ikke kameraet lyssettingen på videoklippet når hestene flytter seg fra sol til skygge. I disse tilfellene kan hestene være nærmest umulige å se. For å bedre den opplevde kvaliteten vil det være et viktig grep å behandle skygge- og solforhold med ulike lyssettinger ved kodingen av videoklippet.

5.2.5 Videoklippets lengde

Som diskutert i kapittel 2.5.1 om karakteristikker ved applikasjonslaget, er det viktig å ta hensyn til videoklippets lengde når man presenterer det på mobilskjermer. Ofte oppleves det som slitsomt å se på videoklipp utover 2 minutter på denne skjermstørrelsen (Digi 2005). En oppfatning som ble tatt opp i 2.5.1 var at det i utgangspunktet kunne være ønskelig å korte ned videoklippet mest mulig slik at kun det viktigste i et videoklipp ble vist (Digi 2005). Et travløp varer omtrent i fem minutter, men flertallet av spillerne, er sannsynligvis kun interessert i hvem som vinner. For disse spillerne er sekundene før målgangen og målgangen det viktigste. Ettersom streamingtjenesten, utviklet i denne oppgaven, konsentrerer seg mest rundt spillerne, og ikke så mye på hesteentusiastene, vil lengden på videoklippet tilpasses

deres behov. Dersom man eksempelvis har spilt V75 og skal se samtlige løp i sin opprinnelige lengde, kan det oppleves som slitsomt.

5.2.6 Oppsummering av karakteristikker ved hesteveddeløp

Tabell 5.1 inneholder en oppsummering av egenskaper ved hesteløp som er sentrale ved tilrettelegging av videoklipp som skal streames til mobiltelefonen.

Kategori	Egenskap ved travløp	Vurdering
Detaljer i bildet	Draktfarge og nummer	Lite synlig
Lyd	Kommentatoren	Vesentlig for kvalitetsopplevelsen
Bevegelse	Kameraet følger hestene som travet	Jevn og forutsigbar
Lys og skygge	Utendørs	Vær- og lysforhold
Klippets lengde	Varighet er 4-5 min	Kun viktig med høydepunkter

Tabell 5.1: Oppsummering av karakteristikker ved hesteveddeløp.

5.3 Arkitekturen i Rikstototjenesten

I denne delen gis en beskrivelse av arkitekturen som er benyttet ved utvikling av Rikstotoapplikasjonen.

5.3.1 Rammeverk for Rikstotoapplikasjonen

Ved utvikling av programmer i Symbian OS C++ for Series 60-telefoner har man i utgangspunktet tre ulike arkitekturer å velge mellom. Valget avhenger av hvilken funksjonalitet og kompleksitet man ønsker i programmet. Hovedsakelig skiller arkitekturtypene seg ut med tanke på brukergrensenettet (UI).

Dersom applikasjonens UI ikke krever mye kompleksitet og gjerne består av ett skjermbilde (*View*), er den tradisjonelle arkitekturen, "*Traditional Symbian OS Control-Based Architecture*", å foretrekke. Denne arkitekturen har sin store fordel i at den er lett å overføre fra forskjellige Symbian OS plattformer.

En liknende arkitektur finnes i "*Dialog-Based Architecture*". Ulikt den tradisjonelle arkitekturen, presentert i forrige avsnitt, støtter den dialogbaserte arkitekturen utvidet navigasjon mellom ulike skjermbilder, kalt "*dialogs*". I tillegg er oppsettet av UI vesentlig enklere ved bruk av denne arkitekturen.

Til forskjell fra de to foregående arkitekturtypene er "*Avkon View-Switching Architecture*" en type arkitektur som er tilpasset applikasjoner som krever mer kompliserte skjermbilder. Spesiell nytte ser man i forhold til hvordan arkitekturen er designet med tanke på navigasjonen mellom skjermbildene. Oppsettet er mer komplekst, men utvidelsesmulighetene i applikasjoner som bygger på denne arkitekturene er vesentlig bedre enn de to andre. I tillegg er arkitekturen modifisert til å brukes i Series 60 applikasjoner, noe som i større grad bidrar til at de grafiske objektene og deres funksjonalitet er tilpasset mobiltelefonene som ble valgt i kapittel 4.2.1.

For å kunne utvikle de skjermbildene, og interaksjonen mellom skjermbildene, som funksjonaliteten i Rikstotoapplikasjonen tilsier, kreves det bruk av Avkon View-Switching Architecture. I og med at det i fremtiden kan bli ønskelig at Rikstotoapplikasjonen utbygges med hensyn til funksjonalitet, er det formålstjenelig med en arkitektur som ikke har strenge grenser med hensyn til utvidelse. Utvidelsen av Rikstotoapplikasjonen kan innebære at man kan velge hvilke hester man vil spille på, mulighet for å sette opp et eget system for tipping og økning i antall spill det er mulig å spille på. Økning i antall spill vil automatisk føre til at funksjonaliteten må utvides med tanke på spillenes ulike karakteristikk. Valget av arkitekturen gjør seg imidlertid spesielt gjeldende med tanke på navigasjon og interaksjon mellom skjermbildene.

Avkon View-Switching Architecture som valgt arkitektur.

Valg av arkitektur er med på å avgjøre hvordan man utvikler programmet videre. Figur 5.1 viser oppbygningen av Rikstotoapplikasjonen ved benyttelse av Avkon View-Switching Architecture som arkitektur. Kun lag 1 fremstiller de klassene som er utviklet i denne oppgaven. Lag 2 til 4 illustrerer nødvendige klasser og komponenter som det lag 1 arver fra for å kunne fungere tilfredsstillende.

Lag 4 er delt i to fundamentale komponenter, Apparc og Cone. Komponentene Apparc har som oppgave å levere systeminformasjon til applikasjonen, mens Cone har ansvaret for å lage brukergrensesnittet og håndtere input fra brukeren. Disse lagene er felles for alle de tre ulike arkitekturtypene.

På lag 3 befinner det seg klasser som er knyttet til Uikon. Denne komponenten inneholder UI-biblioteker som er felles for alle Symbian OS plattformer. Noen av UI-komponentene som befinner seg på dette laget blir også kalt Eikon-kontroller.

I og med at Uikon tilbyr UI-kontroller som er generelle for Symbian OS, anbefales det å benytte funksjonalitet fra Avkon som er tilpasset Series 60-applikasjoner. Denne funksjonaliteten finnes på lag 3. Grunnen til dette er at Avkon-kontroller tilbyr en mer korrekt oppførsel i programmer som er utviklet for Series 60 enheter.

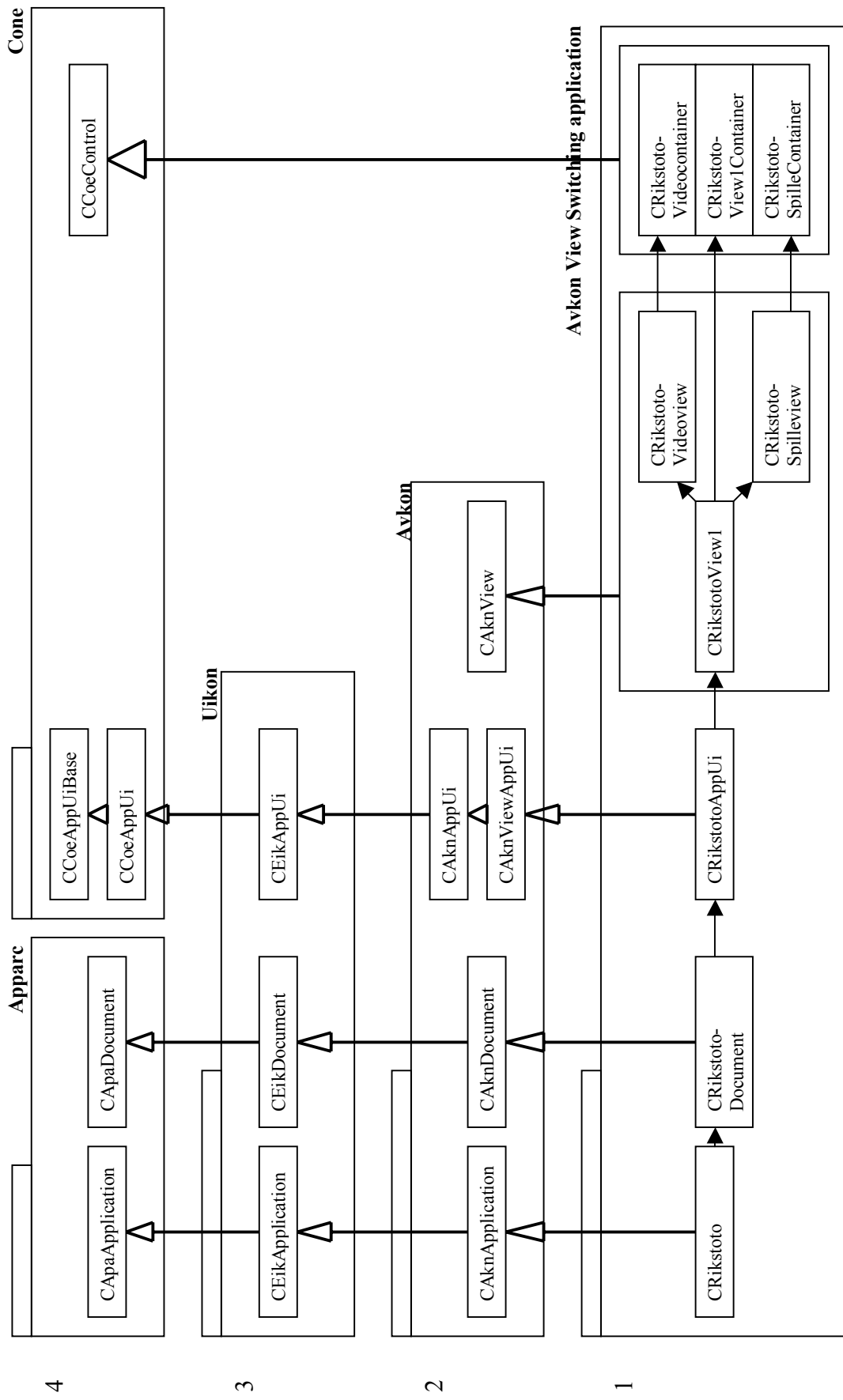
Det nederste laget, lag 1, er det applikasjonsspesifikke laget. I dette tilfellet tilsvarer dette laget den spesielle funksjonaliteten som finnes i Rikstotoapplikasjonen. Arkitektonisk sett er det forholdet dette laget har til lag 2 som avgjør arkitekturen og hvordan programmet i hovedtrekk utvikles. Av Figur 5.1 kan man se at view-klassene fra lag 1, arver fra CAknView, noe som tilsier at dette er en Avkon View-Switching Architecture.

CRikstoto, CRikstotoDocument og CRikstotoAppui er, med tanke på innhold, standardklasser i ethvert program som blir utviklet i Symbian C++ for Series 60-enheter. Det som i hovedsak skiller ulike programmer fra hverandre er, som allerede nevnt, arkitekturen og de resterende klassene på lag 1.

View- og Containerklassene på lag 1 utgjør mye av den spesielle funksjonaliteten og oppbygningen av det grafiske grensesnittet i en applikasjon. "View" er betegnelsen på den visuelle representasjonen i en applikasjon. I sammenheng med Avkon View Switching Architecture, refererer et view til en klasse som kontrollerer seg selv og en containerklasse. Containerklassen har i dette tilfellet ansvaret for plasseringen av UI-

komponenter, mens viewet har ansvaret for initieringen av containerklassen og oppsett av menyene. Et view kan inneholde mange containerklasser, men i Rikstotoapplikasjonen tilsvarer hvert view en containerklasse. Ansvarsområder disse klassene har i Rikstotoapplikasjonen er for eksempel utsending av SMS og oppstart av video.

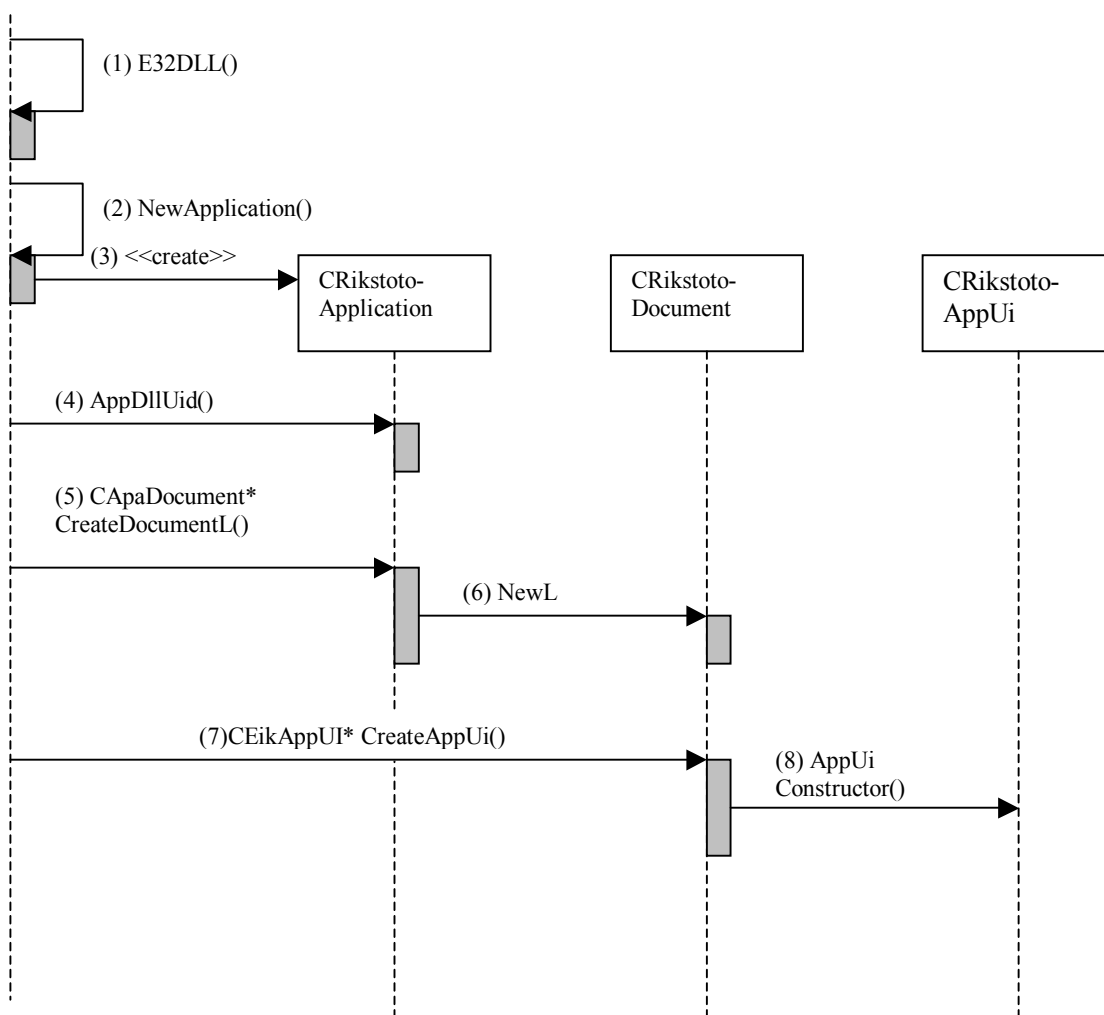
CRikstotoView1 er oppstartsvinduet og utgangspunktet for å kunne velge å spille eller se på video. Dersom man velger å spille på hest, kjøres CRikstotoSpilleView som igjen initierer CRikstotoSpilleContainer for å sette opp det grafiske brukergrensesnittet og funksjonaliteten i denne delen. Velger man å se på video kjøres CRikstotoVideoView som initierer CRikstotoVideoContainer som setter opp det grafiske brukergrensesnittet og gjør det mulig å se på video av hestevaddeløpet i mediaspilleren.



Figur 5.1: Rammeverk for en Avkon View-Switching application.

5.3.2 Initialisering av Rikstotoapplikasjonen

Ved utviklingen av programmer for Series 60 enheter i Symbian OS C++, er det noen klasser som må være til stede, og metoder som må lages, for å kunne starte opp programmet. Disse nødvendige klassene og metodene kalles av applikasjonens rammeverk (lag 2,3 og 4). Figur 5.2 illustrerer dette ved et sekvensdiagram.



Figur 5.2: Initiering av Rikstotoapplikasjonen.

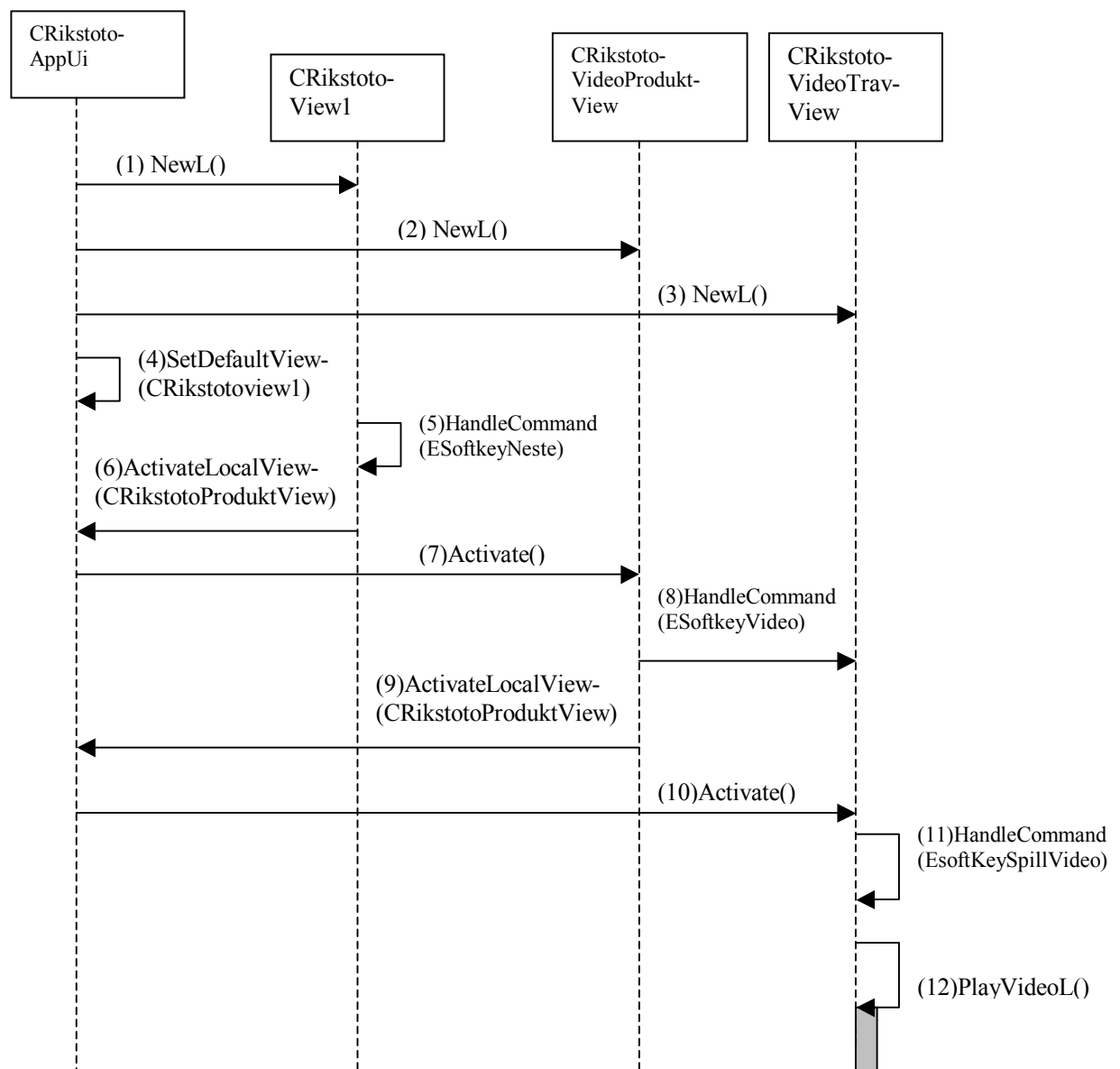
Metodene som er illustrert i sekvensdiagrammet i Figur 5.2 må være tilstede for at en applikasjon skal kunne initieres. Sammenliknes Figur 5.1 med Figur 5.2 går tre av klassene igjen, CRikstotoApplication, CRikstotoDocumnt og CRikstotoAppui. Liknende typer klasser finner man igjen i ethvert program som er utviklet under Series 60 plattformen og har som oppgave å kommunisere med rammeverket gjennom pekere til nyopprettede klasser.

Første steg i initialiseringsprosessen er et kall på den globale funksjonen E32DLL(). Denne funksjonen skaper, i steg 1 på sekvensdiagrammet, et adgangspunkt for applikasjonen. Dette blir etterfulgt av steg nummer 2 og 3 som lager en ny instanse av applikasjonen og returnerer en peker til den. Rammeverket bruker denne pekeren til å

avslutte konstruksjonen av programmet. I steg nummer 4 returneres programmets unike identifikasjon (UID) til rammeverket, noe som blant annet spesifiserer om det allerede er en instanse av programmet som kjører. I de etterfølgende stegene (5-8) returneres pekere til rammeverket slik at rammeverket kan kalle på klassenes metoder i etterkant av initieringen. Etter initieringen bidrar konstruktørene i CRikstotoAppUi til at velkomstvinduet, CRikstotoView1, aktiveres (se Figur 5.6).

5.3.3 Oppstart av video

Den mest sentrale delen av Rikstotoprogrammet, med tanke på fokuset i denne oppgaven, er oppstart og avspilling av videoklippet. Figur 5.3 illustrerer sekvensen fra etter initiering av applikasjonen (Figur 5.2) til videoen blir spilt av.



Figur 5.3: Avspilling av video.

CRikstotoAppUi initierer alle de ulike viewene (1,2,3) for så å sette CRikstotoView1 som standard view (4). Kun CRikstotoView1 var med på Figur 5.1, for få en oversikt

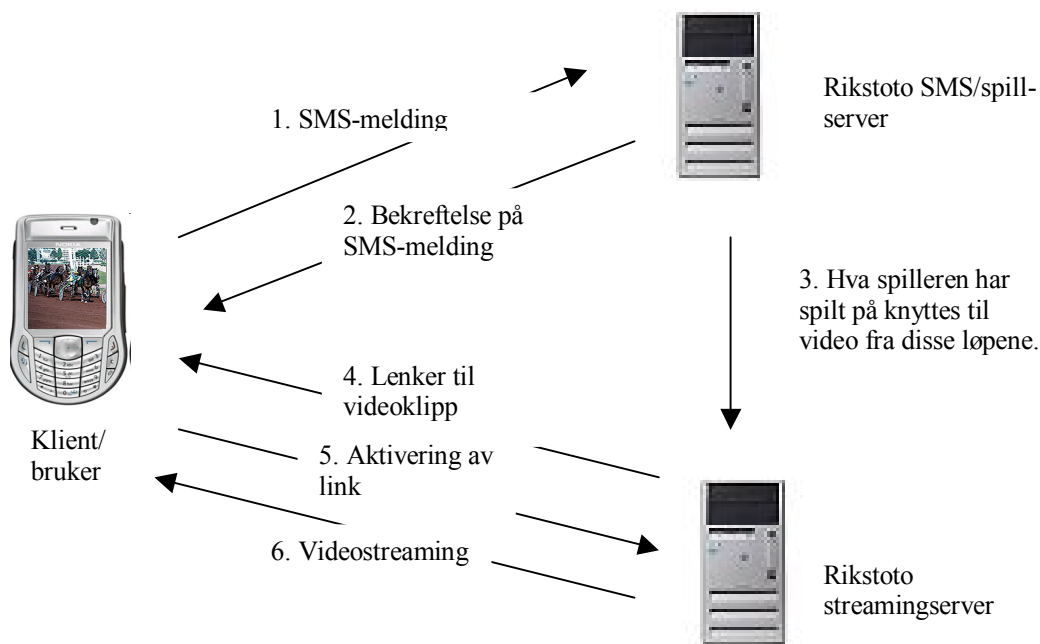
over arkitekturen, og ikke gå i detalj på alle de opprettede klassene. Når man velger å se på video fra menyen i CRikstotoView1, trigges ESoftkeyNeste (5) og CRikstotoAppUi får beskjed om at et nytt vindu, CRikstotoProduktView, skal aktiveres. CRikstotoProduktView tilsvare skjermbildet på Figur 5.11. AknViewAppUi har ansvaret for svitsjingen mellom de ulike viewene (6 og 7) og CRikstotoAppUi arver direkte fra denne klassen (se Figur 5.1). I og med at AknViewAppUi tar ansvaret for svitsjingen mellom de ulike viewene, minimerer det CRikstotoAppUi sin rolle.

En View Server blir kalt hver gang et view aktiveres. View Serveren deaktiverer da automatisk forrige view, for å forsikre at det til enhver tid kun er et view som er aktivert. Hver view-klasse har en DoActivate-metode og en DoDeActivate-metode som trigges av View Serveren hver gang et view blir aktivert eller deaktivert. Dette er blant annet nødvendig for å unngå minnelekkasjer og for å fremtvinge spesielle aktiverings- og deaktiveringsrutiner.

Når man i CRikstotoProduktView velger "Neste" (8) i menyen, er det igjen AknViewAppUi som svitsjer og aktiverer CRikstotoTravView (9 og 10). CRikstotoTravView tilsvare skjermbildet på Figur 5.12. "Spill av video" i menyvalget trigger ESoftkeySpillVideo (11) som igjen kaller på metoden PlayVideoL() (12). I denne metoden ligger funksjonalitet for å åpne mediaspilleren, koble seg til streamingsserveren og spille av det aktuelle videoklippet. Det vises på Figur 5.13. Etter at videoklippet er ferdig, kobles forbindelsen ned, mediaspilleren avsluttes og CRikstotoTravView vises igjen.

5.4 Kommunikasjonsflyt i Rikstoto

Handlingsforløpet (Figur 5.4), som er ment å implementeres i Rikstotosystemet, initieres ved at programmet autogenererer en SMS-melding på bakgrunn av brukerens valg med hensyn til type spill (eks: V5) og beløp (eks: 250). Denne meldingen sendes til en SMS/spill-server som registrerer spillet (1). Brukeren mottar en bekreftelsesmelding (2) som sier hva som er registrert og når de aktuelle løpene går. SMS/spill-serveren sender så en melding (3) til streamingsserveren om hvilke løp brukeren har spilt på. Dette registreres på streamingsserveren. Når løpene er ferdige, sender streamingsserveren lenker med videoklippadresser (4) til brukeren. Antall lenker tilsvare antall løp brukeren har spilt på. Ved aktivering av disse lenkene (5), sendes en forespørsel til streamingsserveren som setter i gang videostreamingen av det valgte hestevaddeløpet til klienten (6).



Figur 5.4: Kommunikasjonsflyt ved spill på Rikstoto med mobiltelefon.

Det systemet som er utviklet i denne oppgaven tar kun høyde for autogenerering av SMS-meldingen og utsending av denne, samt videostreaming mellom klienten og streamingserveren. Grunnen til at ikke hele systemet er utviklet skyldes tids- og ressursbegrensninger i oppgaven.

5.5 Valg av programmeringsspråk i Rikstotoapplikasjonen

Med hensyn til de valgene som er gjort på klientsiden, er det her tatt utgangspunkt i programmeringsspråk som kan brukes på Nokia 6630/Nokia 6680. Alternativene som var aktuelle ved oppgavens start var C++ over Symbian, Java over Symbian og J2ME. Senere har Nokia lansert støtte for programmeringsspråket Python. Kravene som ble stilt til programmeringsspråket var at det skulle være mulig å ha god kontroll over ressursene på mobiltelefonen. Påkrevd funksjonalitet var utsending av SMS-meldinger og mulighet for å starte opp mediaspilleren og streame video til den.

C++ over Symbian OS

C++ over Symbian OS er et kompilert, objektorientert programmeringsspråk. Arkitekturen er meget komplisert og følelsen av å gjøre mye, men utrette lite er tilstede. Dette gjelder spesielt standard GUI-programmering. I og med at Symbian OS, som er operativsystemet i Nokia 6630/Nokia6680, er programmert i C++, har utvikleren tilgang på et bredt utvalg av ressurser dersom man benytter dette programmeringsspråket. Den tydeligste faktoren som begrenser denne tilgangen er Symbians API-bestemmelser. Noen av API'ene er tilgjengelig for alle, mens andre må man være medlem for å bruke. Dette medlemskapet koster penger.

Med tanke på ressursbegrensningene på mobiltelefoner, tar C++ over Symbian store hensyn. Blant annet legges det mye vekt på batterikapasitet og CPU-bruk.

Minnehåndteringen er også viktig med hensyn til ressursbesparelsene. En mobiltelefon blir sjelden slått av og dersom det forekommer en minnelekkasje hver gang man bruker et program, vil telefonen etter hvert slutte å fungere. C++ over Symbian har løst dette problemet ved å legge alle ressurser (variabler og objekter) på heaper og stacker og laste de inn og ut av minne etter behov. Noe av denne håndteringen gjøres manuelt av brukeren.

Dokumentasjonen med tanke på C++ over Symbian vurderes i oppgaven som mindre bra. En mulig grunn til dette er at antall programmerere, som benytter seg av dette språket, er forholdsvis lavt. Dette kan skyldes at store deler av arkitekturen i C++ over Symbian er noe forskjellig fra andre objektorienterte språk og tar lang tid å sette seg inn i.

C++ over Symbian vurderes som et bra alternativ når man trenger tilgang til ressurser som ligger på telefonen, for eksempel å åpne RealPlayer fra en ekstern applikasjon.

J2ME (Java2 Micro Edition) og Java over Symbian

J2ME (Java2 Micro Edition) og Java over Symbian er to Java-varianter tilpasset for mobiltelefoner. Teknologien består av en virtuell maskin og et sett med API'er som er utviklet for bruk på mobiltelefoner. I likhet med Java-versjoner til PC, skjuler også Java over Symbian og J2ME mye av ressurstilgangen på mobiltelefonen. I praksis betyr dette ofte at programmeringen oppleves som relativt enkel. Eksempler på dette er den automatiske minnehåndteringen og at man oppnår mer med samme mengde kode i forhold til C++ over Symbian.

På en annen side fører denne ressursabstraksjonen til at kontrollen over ressursene blir dårligere. Et eksempel på dette er man ikke kan lese headerinformasjon ut av transportprotokoller med J2ME eller Java over Symbian.

Noen av grunnene til at Java går for å være et populært programmeringsspråk blant programmerere, skyldes "*write once, run anywhere*"-prinsippet, god dokumentasjon og at det er gratis. Så lenge man ikke skal kommersialisere løsningene sine betaler man ingenting. En annen viktig faktor for populariteten er at det stadig utvikles nye biblioteker med tanke på funksjonalitet og brukergrensesnitt.

J2ME og Java over Symbian er bra alternativer dersom programmet skal utvikles raskt og det ikke er for store krav til tilgang på ressurser

Python

Python ble i starten av 2004 lansert som Nokias foretrukne skriptspråk for deres smartphone-plattform. Python er et kraftig, objektorientert skriptspråk. Mye av grunnen til skriptspråkets popularitet er at det vedlikeholdes av et globalt utviklerfelleskap som baseres på åpen kildekode. Dette har blant annet ført til at språket er godt dokumentert og stadig i utvikling. En annen fordel er at dersom man har kjennskap til noe programmering fra før, er Python, sammenliknet med andre programmeringsspråk, relativt enkelt å sette seg inn i.

Sammenliknet med for eksempel C++ over Symbian, er programmeringen effektiv i Python. Lite kode kan utføre mye. Ulempen med dette er at koden kan bli uoversiktlig. En annen ulempe med Python er knyttet til hastighet. I PC-verdenen blir

Python ofte kombinert med kompilerte språk i situasjoner der hastigheten på programmet er viktig.

Python vurderes som et bra alternativ dersom man skal lage programmer der kravene til ytelse er lav, men kravet til tiden det tar å programmere er høy.

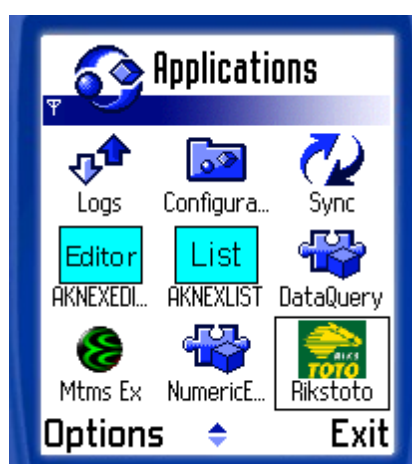
Programmeringsspråk	C++/Symbian	Java/Symbian	J2ME	Python for Series 60
Objektorientert	Ja	Ja	Ja	Ja
Ressurstilgang	Bra	For dårlig	For dårlig	For dårlig
Dokumentasjon	Lite	Ok	Bra	Bra
Læretid	Lang	Middels	Kort	Kort

Tabell 5.2: Vurdering av programmeringsspråk.

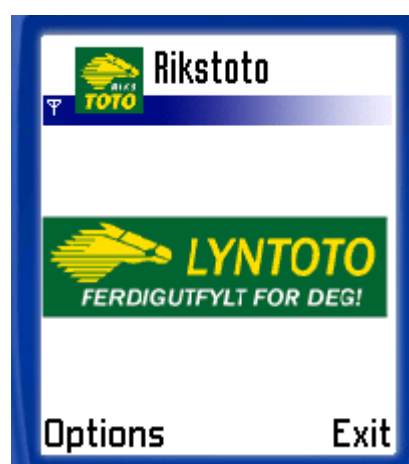
I forbindelse med de kravene som stilles til applikasjonen er det nødvendig å velge et programmeringsspråk som har bred tilgang til ressurser. Grunnen til dette er at det skal være mulig å sende SMS i spilletdelen av applikasjonen, og det skal være mulig å åpne og starte telefonens standard mediaspiller i videodelen av applikasjonen. Det programmeringsspråket som har best tilgang på ressurser er C++ over Symbian. Rikstotoapplikasjonen blir derfor utviklet med dette språket.

5.6 Presentasjon av programmet

Fra hovedmenyen på mobiltelefonen viser Figur 5.5 ikonet for Rikstotoapplikasjonen. Hvor det er mest hensiktsmessig å plassere ikonet er opp til den individuelle mobileieren, men som standard legges den i hovedmenyen som vist på Figur 5.5. Ved aktivering av dette ikonet, åpnes Velkomstvinduet presentert i Figur 5.6. Åpner man menyen "Options" i velkomstvinduet ser man at Rikstotoapplikasjonen er delt inn i to moduser: en spillemodus og en videomodus.



Figur 5.5: Menyvindu.



Figur 5.6: Velkomstvindu.

5.6.1 Spillemodus

Figur 5.7 viser det første vinduet i spillmodusen. Her velges spillkategori. Valgene som står i lista tilsvarer de mulighetene man har å spille på i den eksisterende SMS-tjenesten i dag. Når man har valgt hva slags spillkategori man ønsker å spille på, er inntasting av spillebeløpet neste skritt. Som vist i Figur 5.8 er 250 kroner det inntastede beløpet.

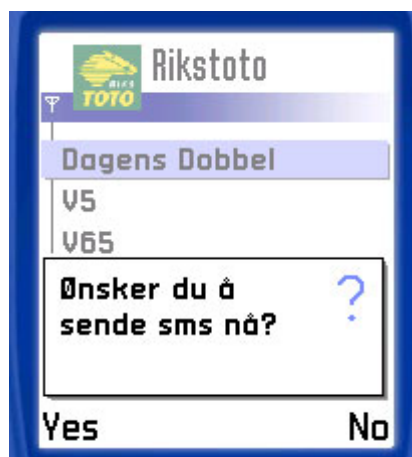


Figur 5.7: Spillmodus: Valg av spill.



Figur 5.8: Spillmodus: Inntasting av beløp.

Når man trykker "Ok" etter inntasting av beløp, vises Figur 5.9. Dette skjermbildet ber om en bekreftelse angående utsendelse av SMS. Ved å velge "Yes" sendes en SMS til Rikstoto og skjermbildet i Figur 5.10 vises. Ved "No" kommer man tilbake til skjermbildet i Figur 5.7. Blandingen av norsk og engelsk språk har med ferdigkonfigurerings i SMS-delen å gjøre. Det vil bli, om mulig, rettet opp i neste versjon.



Figur 5.9: Spillmodus: Sende SMS-melding.



Figur 5.10: Spillmodus: SMS-meldingen er sendt.

Disse stegene utgjør spilleprosessen i Rikstotoapplikasjonen. Valgene som er foretatt over tilsvarer spill for 250 kroner på Dagens Dobbel.

5.6.2 Videomodus

Ved å velge "Se på video" under "Options" i Velkomstvinduet (Figur 5.6), får man opp skjermbildet som vist i Figur 5.11. Her vises spillkategoriene det er mulig å spille på, og hvor mange mediaklipp som finnes under hver kategori. I parentes står det hvor mange av mediaklippene man ikke har sett på. Velger man "Dagens Dobbel" får man opp skjermbildet illustrert i Figur 5.12. Her velger man hvilket av Dagens Dobbelklippene man vil se. Teksten til videoklippene beskriver travbane og dato for travløpet. I dette tilfellet blir "Forus 27/06/2005" valgt.

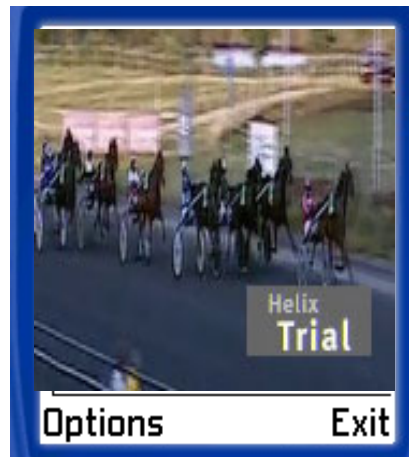


Figur 5.11: Videomodus: Valg av spillkategori.



Figur 5.12: Videomodus: Valg av travløp.

Ved valg av travløp, startes mediaspilleren og mobiltelefonen kobles opp mot en streamingserver. Dette gjøres automatisk i Rikstotoapplikasjonen. Etter noen sekunder starter avspillingen av travløpet. Ved avspillingen har man mulighet til å stoppe eller pause løpet. Dette ligger under "Options" i Figur 5.13. Ved endt travløp, kobles forbindelsen med serveren ned. Ønsker man å se videoklippet om igjen velges travløpet fra skjermbildet på Figur 5.12 på nytt.



Figur 5.13: Videomodus: Se på video.

5.7 Ønskelig funksjonalitet i Rikstotoapplikasjonen

Formålet med utvikling av Rikstotoapplikasjonen har hovedsakelig vært å kunne vise hvordan videostreaming kan benyttes i en tjeneste for mobiltelefoner. Ettersom det allerede eksisterer en tjeneste for å spille på Rikstoto via SMS, kan denne oppgaven ses som en videreutvikling av denne tjenesten med tanke på bruk av multimedia og utvikling av grafisk brukergrensesnitt over SMS-grensesnittet.

På bakgrunn av at Rikstotoapplikasjonen har en presentasjonsfunksjon i denne oppgaven, har utviklingen konsentrert seg hva som er viktig for å kunne illustrere hvordan man ser for seg bruken av en slik applikasjon. For å dekke disse kravene, er det blitt utviklet en løsning som baserer seg på et grafisk brukergrensesnitt som gjør det enkelt for brukeren å benytte tjenesten. Det grafiske brukergrensesnittet inneholder skjermbilder som viser de valgene man har ved spill på Lyntoto (type spill og beløp). Videre er det implementert funksjonalitet som gjør det mulig å sende SMS og å se på video som streames fra en streamingsserver.

Dersom løsningen skal kunne tilbys brukere, er det nødvendig å utvikle noe tilleggsfunksjonalitet på klienten, men hovedsakelig vil den resterende utviklingen være konsentrert rundt kommunikasjonen mellom SMS- og streamingsserveren. Når man sender SMS med spilltype og beløp, er serveren som mottar SMS-meldingen avhengig av å kommunisere med streamingsserveren, for at streamingsserveren skal kunne sende de aktuelle travløpene til klienten. Når klienten mottar adresselenkene til travløpene, må den ha funksjonalitet for å lagre disse lenkene for å ha mulighet til å se på videoklippet i etterkant.

I tillegg til kravene en slik løsning stiller til funksjonalitet, vil det også være ønskelig med servicetilbud man bare får ved bruk av denne tjenesten. Ved å utnytte potensialet til kommunikasjonsmulighetene i mobiltelefoner, vil dette typisk kunne være opplysninger om hesteveddeløp, stalltips eller tidspunkt for de løpene man har spilt på, eksempelvis *"Nå er det 10 minutter til Dagens Dobbel på Bjerke Travbane*

starter". Videre utnyttelse av videostreaming vil også være aktuelt der man for eksempel får eksklusive intervjuer med kusker og eksperter.

5.8 Oppsummering av Rikstoto - En tjeneste som benytter videostreaming

Dette kapitlet tok for seg utviklingen av en tjeneste som benytter videostreaming. I den forbindelse ble det redegjort bakgrunnen for tjenesten og liknende tjenester i markedet. Deretter ble arkitekturen og kommunikasjonsflyten vist, før valg av programmeringsspråk ble foretatt. Avslutningsvis ble det utviklede programmet presentert, samt greid ut om ønskelig funksjonalitet.

6. Brukerundersøkelse

Dette kapittelet beskriver gjennomføringen av en brukerundersøkelse som tar for seg brukernes kvalitetsoppfattelse ved videostreaming til mobiltelefoner over UMTS. Studiet utføres med bakgrunn i den utviklede Rikstototjenesten presentert i kapittel 5, med de komponentene og protokollene som ble valgt i kapittel 4.

Hensikten med å foreta denne brukerundersøkelsen er hovedsakelig å finne hvilke karakteristikk, som for eksempel kvalitetsparametere knyttet til UMTS-nettet og mobiltelefonen, som påvirker brukerens kvalitetsoppfattelse. Dette er viktig med hensyn til hvordan eventuelle tjenestetilbydere skal tilrettelegge videoklippet slik at kvalitetsoppfattelsen til flest mulig brukere tilfredsstilles. Samtidig er det viktig for tjenestetilbyderen med en effektiv administrering av de tilgjengelige ressursene som har med videostreaming å gjøre. Sentralt i denne administreringen er å sette ressursbruk opp i mot kvalitet, og vurdere minimum ressursbruk som ikke har frastøtende effekt på potensielle brukere i tjenestens målgruppe.

Ut i fra at store deler av undersøkelsen er preget av kvalitative karakteristikk, vil funnene kun gjengi resultatene fra denne undersøkelsen. Det vil likevel være interessant å sammenlikne med funn fra liknende studier for å vise at undersøkelsen tar opp relevante kvalitetsparametere. Funnene som gjøres vil også være til god veiledning for hvordan man kan legge opp strategien for å komprimere videoklipp som skal streames til mobiltelefoner. Spesielt vil det være nyttig for behandling av videoklipp som inneholder bevegelsesmønstre som tilsvarer videoklippet som testes i denne oppgaven.

Kapittelet er delt inn i 4 deler der 6.1, om metodikk, tar for seg kravene som stilles til undersøkelsen, 6.2 omhandler gjennomføringen av Studie 1, 6.3 gjengir hovedtrekkene i Studie 2, 6.4 diskuterer og analyserer funnene i undersøkelsen og 6.5 gir en oppsummering av brukerundersøkelsen og presenterer de mest interessante funnene.

6.1 Metodikk

Med hensyn til utførelsen av enhver brukerundersøkelse foreligger det en rekke krav som er med på å definere hvordan brukerundersøkelsen skal gjennomføres. Undersøkelsen i denne oppgaven er delt inn i to deler, Studie 1 og Studie 2. I denne metodikkdelen redegjøres det for de kravene som er generelle for begge studiene. De spesielle kravene som kan knyttes mot et av studiene listes opp i slutten av metodikkdelen, men redegjøres for i kapittel 6.2 om Studie 1 og 6.3 om Studie 2, avhengig av hvor kravet stilles.

Før gjennomføringen av brukerundersøkelsen ble det identifisert 3 ulike kategorier av krav som gikk på tvers av Studie 1 og Studie 2. Med tanke på personene som skulle delta i undersøkelsen, var det første kravet knyttet til antall deltakere og at de personene som skulle velges måtte være interessert i pengespill. Det ble også lagt vekt på at de visste hva hesteveddeløp gikk ut på. Disse kravene var sentrale med hensyn til ønsket om å teste riktig målgruppe for tjenesten.

Det andre kravet gikk på at undersøkelsen skulle teste ett sett med karakteristikk ved det mobile streamingmiljøet, og analysere hvilke av disse de potensielle brukerne var sensitive for ved videostreaming. I den forbindelse var utvelgelsen av parametere og hvordan undersøkelsen ble designet vesentlig.

Krav nummer tre var at alle testpersonene skulle ha like miljømessige forutsetninger når de vurderte videoklippene. Å forsikre seg om dette, gjorde at resultatene fra de ulike testpersonene kunne sammenliknes med større nøyaktighet og mindre tilfeldigheter.

6.1.1 Utvelgelse av deltakere

Hvor mange personer som skulle delta i testen ble vurdert ut fra en evaluering av resultatene underveis i undersøkelsen. I utgangspunktet ble 20 personer (12 gutter og 8 jenter fra 25 til 60 år), valgt som testdeltakere. Gjennomsnittsalderen på deltakerne var 34 år og samtlige var bosatt i Oslo. Ingen av deltakerne hadde teknologisk bakgrunn og kun 10 prosent (2 av 20) hadde sett video på mobiltelefon før. Ettersom det viste seg at testdeltakerne stod relativt samlet om mange av vurderingene i Studie 1, ble antallet på 20 deltakere vurdert som tilfredsstillende til å gjennomføre resten av undersøkelsen. Dersom det hadde vist seg at fordelingen av responsen fra testdeltakerne i Studie 1 hadde vært mer spredt, ville det vært nyttig å hente inn flere testdeltakere for å se om dette resultatet forandret seg eller forble uendret. Dette er i følge (Vedleg D Telenoransatt) en mye brukt metode for å bestemme antallet som skal være med i slike undersøkelser.

I sammenheng med at Rikstoto definerer Lyntoto-spillet som en tjeneste beregnet for *"de som ikke kan noe om hest"* (Rikstoto Sist besøkt 28.01.06), men er ivrige i pengespill, var det viktig å velge ut personer med nettopp den type profil. Rekrutteringen av deltakere i undersøkelsen ble gjort på bakgrunn av et kort intervju der følgende spørsmål ble stilt:

- Hvilken tilknytning har du til travløp?
- Har du spilt på hest før?
- Har du brukt den eksisterende SMS-tjenesten til å spille på hest?
- Hvilke andre typer spilltjenester benytter du deg av og hvor ofte spiller du pengespill?

Denne intervjurunden ble utført for å kunne velge ut personer som var motiverte for å bruke tjenesten. Det ble tatt mest hensyn til at personene spilte regelmessig, noe som ble vurdert av Rikstoto (Vedlegg D Lindstad) som den beste motivasjonsfaktoren for å bruke tjenesten. Samtlige av deltakerne spilte minst en gang i uka på pengespill. Det ble også lagt vekt på tilknytningen personen hadde til travløp. Personene som deltok i testen skulle ikke være for interessert i hestevедdeløp. I alt 34 personer fra omgangskretsen ble intervjuet, for å finne 20 personer som tilfredsstilte kravene. Deltakerne ble i forkant fortalt at poenget med undersøkelsen var å finne ut hva som ble vurdert som akseptabel kvalitet ved et videoklipp med travløp.

6.1.2 Valg av kvalitetsparametere og design av undersøkelsen

Som nevnt innledningsvis i dette kapittelet var hensikten med undersøkelsen å finne ut hvilke kvalitetsparametere brukerne var sensitiv for ved videostreaming. Kapittel 2.1 kategoriserte slike karakteristikker og kvalitetsparametere i tre lag, applikasjonslaget, systemlaget og nettverkslaget og kapittel 2.5 redegjorde for ulike parametere på hvert lag i streamingprosessen. I denne brukerundersøkelsen vil det av tids- og ressursmessige grunner, være umulig å teste alle karakteristikker og kvalitetsparametrene på alle de ulike lagene. Utvalget må derfor vurderes ut fra hva som er hensiktsmessig og hva man ønsker å undersøke. Det er her blant annet lagt vekt på parametere som kan kontrolleres av en tjenestetilbyder. Konkret dreier det seg om tilpasninger av innholdet i videoklippet, rammerate og overføringshastighet.

Denne undersøkelsen har tatt utgangspunkt i innholdet i videoklippet samt begrensningene på mobiltelefonen og det mobile nettverket ved vurdering av hva som var interessant å teste. Karakteristikker knyttet til innholdet av videoklippet kan relateres til egenskaper ved innholdet og applikasjonslaget. I tillegg er det foretatt en overveielse av lengden på videoklippet som ble benyttet i brukerundersøkelsen. For å teste brukerens kvalitetsoppfattelse med hensyn til applikasjonslaget har dette arbeidet vurdert bildereguleringer (innzooming og navigering) samt rammerate som viktige karakteristikker å teste. Disse parametrene vurderes også som sentrale i (Digi 2005), (McCarthy, Sasse et al. 2004) og (Song, Won et al. 2002). Som diskutert i kapittel 2.5.2 er lydens rolle fremtrendene ved opplevelse av video. Selv om kommentatoren fremstår som viktig i hesteveddeløp, vurderes ikke lyden som en begrensning for opplevelsen i denne oppgaven. Derfor vil oppgaven legge mest vekt på videokvaliteten, men også la testpersonene vurdere hvordan de opplever lyden.

Kvalitetsparametere på mobiltelefonen er i denne oppgaven forbundet med ressursbegrensninger som CPU, bufringskapasitet, grafikkprosessering og batterikapasitet. Disse parametrene relateres til systemlaget og testes opp mot brukerens kvalitetsoppfattelse ved videostreaming til PC for å få svar på om mobiltelefonen utgjør en betydningsfull flaskehals i streamingmiljøet. Viktigheten av å ta hensyn til ressursene på mobiltelefonen kan knyttes til arbeid i (Yeadon, Davies et al. 1998), (Annesley 2005) og (Halvorsen 2001).

Kjennetegnene til det mobile nettverket er i mange sammenhenger lave overføringshastigheter og mye pakketap (McCarthy, Sasse et al. 2004), (Winkler 2003) og (Singh, Konrad et al. 2001). På nettverkslaget vil det i den forbindelse kontrolleres om kvalitetsoppfattelsen til testpersonen påvirkes av dette. Det vil utføres målinger på nettverket og presentasjon av videoklipp som er tilpasset ulike overføringshastigheter. Kombinasjonen mellom rammerate, som befinner seg på applikasjonslaget, og overføringshastighet utgjør en sentral del av undersøkelsen. Denne sammensetningen av parametere har også fått mye oppmerksomhet i (McCarthy, Sasse et al. 2004) og (Song, Won et al. 2002).

Oppsummert vil testpersonene bli presentert for flere versjoner av et videoklipp som er kvalitetsbestemt med tanke på bildereguleringer, rammerate og overføringshastighet. Kvalitetsoppfattelsen ved observasjon av videoklipp på mobiltelefon blir målt i forhold til PC for å avdekke om mobiltelefonens ressursbegrensninger er utslagsgivende. Pakketap og gjennomstrømning av data blir

registrert og sammenliknet med testpersonenes vurderinger av videoklippet for å få svar på om testpersonene er sensitive for nettverksbegrensningene. Dette utgjør i korte trekk hva som blir testet i denne brukerundersøkelsen.

Videoklippets lengde

Med hensyn til tilrettelegging av videoklipp som skal streames over et mobilt nettverk til en mobiltelefon, er vurderinger av videoklippets lengde en viktig detalj. Dette går, på bakgrunn av karakteristikkene ved det mobile streamingmiljøet diskutert i 2.5.1, først å fremst på at det kan oppleves som slitsomt å se på en liten skjerm, med begrenset kvalitet over lang tid. Kravet til lengden på travløpet som skal presenteres på mobiltelefonen er i denne oppgaven at brukerne av tjenesten skal få tid til å engasjere seg i løpet og få med målgangen, men at videoklippet ikke er så langt at det oppleves som slitsomt.

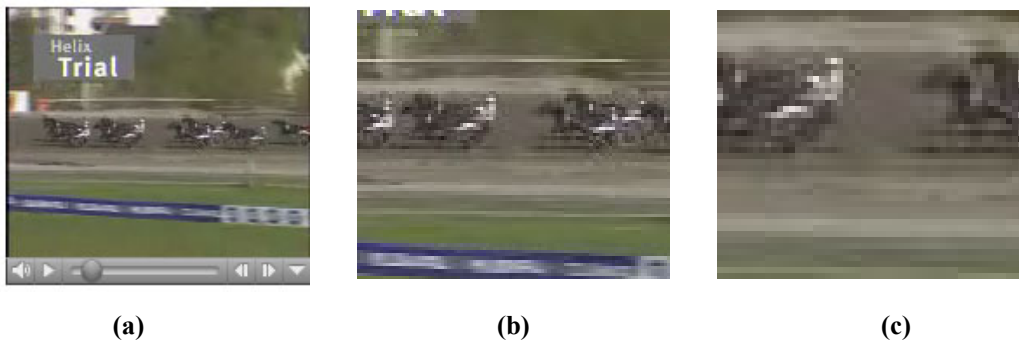
I denne oppgaven komprimeres videoklippet ned til lengde på 34 sekunder. Da får brukerne med seg siste halvdel av bortre langside, siste sving og målgangen. Med hensyn til hvordan kommentatoren kommenterer løpet, skal det i denne tidsperioden være mulig å få med seg hvem som leder, hvem som utfordrer og hvem som vinner til slutt. Det vurderes i denne oppgaven som tilfredsstillende for å få tid til å engasjere seg i løpet. Hvordan testpersonene vurderer lengden på videoklippet avdekkes i brukerundersøkelsen (Studie 2).

Når travløpet presenteres på TV, blir som regel omtrent et minutt av videoklippet presentert, avhengig av hva slags løp som vises. Dette vurderes av (Vedlegg D Marti) som en bra tilpasning med hensyn til TV. Med fare for å tilrettelegge videoklippet slik at tjenesten oppleves som slitsom, er videoklippet nærmest halvert (57 prosent) for presentasjon på mobiltelefonen.

Innzooming og navigering i bildet

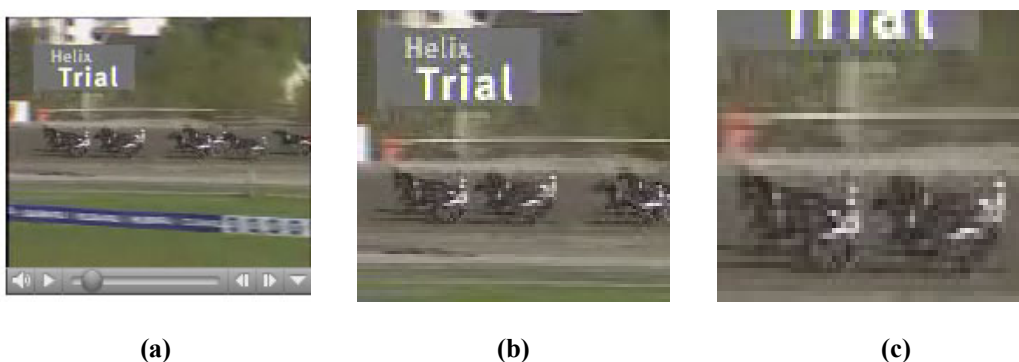
Bildereguleringer forstås i denne oppgaven som grad av innzooming og navigeringsjusteringer i bildet. Disse er med på å tilpasse videoklippet med hensyn til skjermen på mobiltelefonen. I denne undersøkelsen vil brukerne presenteres for tre videoklipp som er ulikt justert med tanke på zoom og navigering i bildet.

Zooming defineres her som en funksjon som muliggjør fremvisning av større (zoom ut) eller mindre (zoom inn) deler av et bilde (USFWS Sist besøkt 28.01.06). Når man endrer zoomingen vil et område i bildet bli større eller mindre. Dersom man zoomer inn vil området i bildet forstørres og informasjonsmengden i bildet reduseres. Dersom man zoomer ut, vil om området i bildet forminskes, og informasjonsmengden i bildet vil øke.



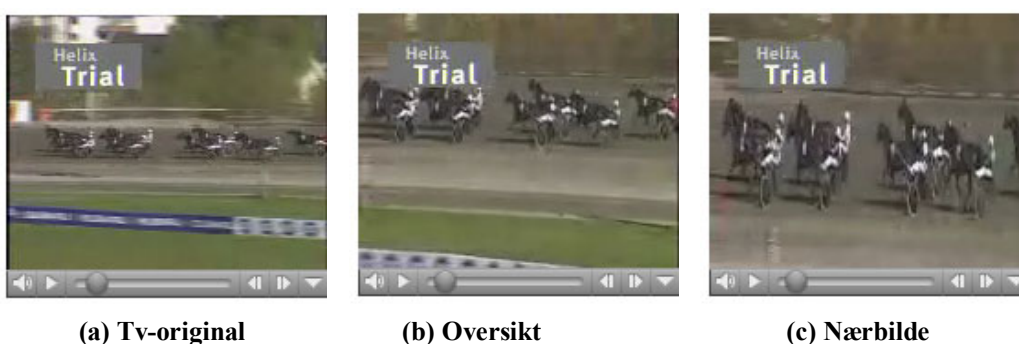
Figur 6.1: Illustrasjon av zooming

Navigering i bildet vil si at man forflytter seg i bildet. Ofte, men ikke nødvendigvis, blir navigering brukt sammen med innzooming i bildet. Da definerer man hva man vil zoome inn på. På Figur 6.1 illustreres ulik zoomingsgrad på hestene som ligger midt i bildet. For de som spiller på hest vil det åpenbart være mer interessant å se de hestene som leder løpet. Figur 6.2 har samme innzoomingsinnstillinger som Figur 6.1, men ulik navigering i bildet. Figur 6.2 vil være best tilpasset de som ønsker å se hvem som leder hestevaddeløpet.



Figur 6.2: Illustrasjon av zooming med ulik navigering enn Figur 6.1

I denne brukerundersøkelsen presenteres testpersonene for videoklipp med 3 ulike zoom- og navigeringsinnstillinger. Bildene a) b) og c) på Figur 6.3 representerer videoklippene og Tabell 6.1 viser hvilke innstillinger som er benyttet på videoklippene i brukerundersøkelsen.



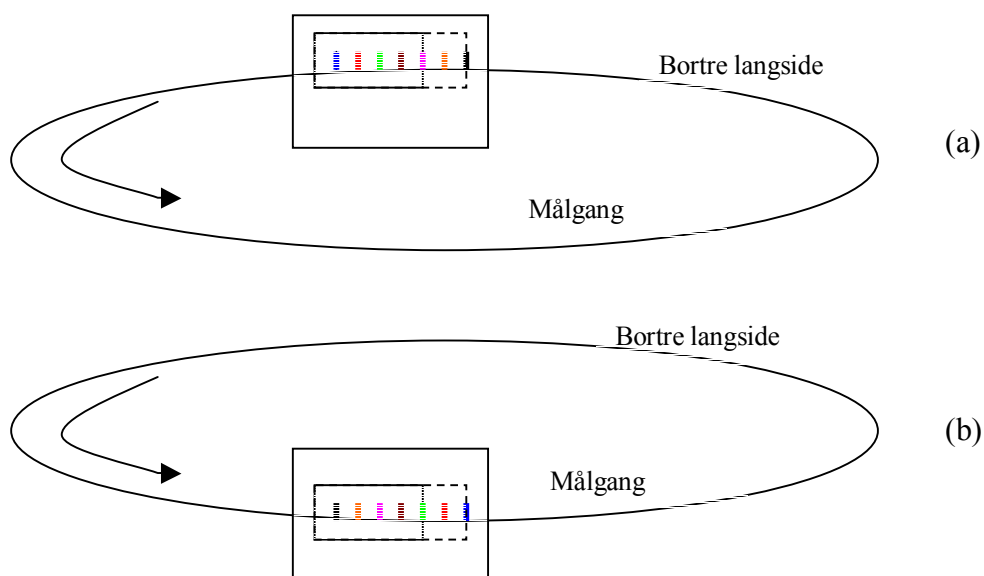
Figur 6.3: Illustrasjon av videoklippene som benyttes i Studie 1.

Navn på videoklipp:	Tv original	Oversikt	Nærbilde
Zoom og navigering i bildet:	Høyde:576 Bredde:720 Venstre:0 Topp:0	Høyde:300 Bredde:620 Venstre:100 Topp:180	Høyde:180 Bredde:600 Venstre:80 Topp:195

Tabell 6.1: Pikselverdier på bildene.

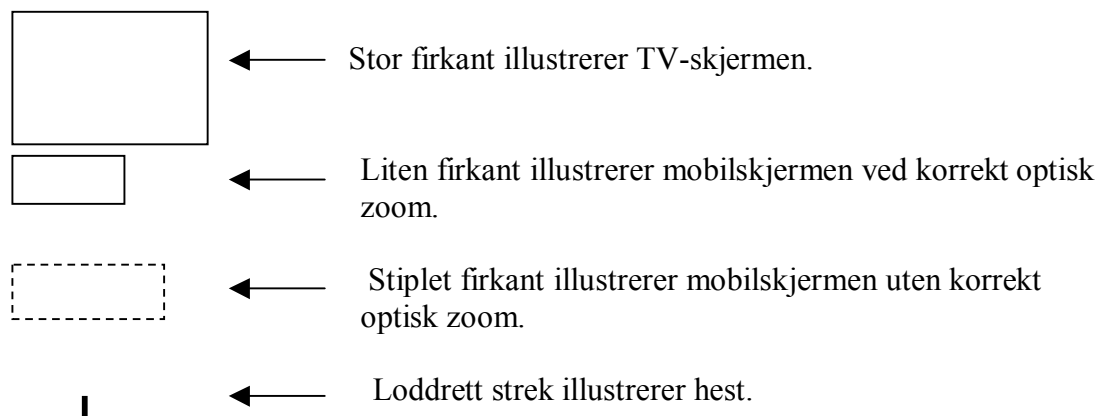
Videoklippet på Figur 6.3 a) var det originale videoklippet som var ment for TV, mens videoklipp b) og c) var mer tilpasset mobilskjermen. Bakgrunnen for å tilpasse bildene til mobilskjerner var fortrinnsvis med tanke på å få et mer tydelig bilde av hestene. Tabell 6.1 inneholder de pikselverdiene som brukes i bildene. "Høyde" og "Bredde" angir pikslene i bildet, mens "Venstre" og "Topp" definerer hvor mye som er klipt bort av originalen. Til sammen angir verdiene hvor mye som er zoomet og navigert, det vil si hvor man befinner seg i bildet.

Zoomingen i bilde 6.1 b) og 6.1 c) er ikke en optisk korrekt zooming, noe som betyr at pikslene i høyde og bredde i disse tilfellene ikke gjengir størrelsesforholdene fra virkeligheten. Grunnen til dette er knyttet til problematikken med å zoome inn i bildet samtidig som man skal følge de hestene som leder gjennom hele løpet. Dette er en utfordring fordi hestene som ligger i tet i et travløp, befinner seg som oftest i venstre billedkant ved bortre langside, mens de befinner seg i høyre billedkant ved målplassering. Transkoderen som ble brukt for å tilpasse videoklippet med tanke på zooming og navigering i bildet, hadde ikke funksjonalitet for å behandle hver og en ramme separat. Derfor måtte de samme innstillingene benyttes gjennom hele travløpet.



Figur 6.4: Demonstrasjon av zooming og navigeringsjusteringer i brukerundersøkelsen.

Tegnforklaring på Figur 6.4:



Figur 6.4 a) illustrerer travløpet når hestene befinner seg på bortre langside. Presenteres bildet med korrekt optisk zoom på mobilskjermen, kommer hestene som leder med i bildet. De bakerste hestene kommer ikke med, men det ses ikke på som avgjørende for opplevelsen. Når hestene nærmer seg målgang viser Figur 6.4 b) at lederhestene ikke er med i mobilskjermen der bildet er tilpasset korrekt optisk zoom. Da vil man kun få med seg de bakerste hestene og det er ikke ønskelig. Dersom man ikke bruker korrekt optisk zoom i videoklippet vil lederhestene både være i bildet ved bortre langside og ved målgang. Manipulering av bildet ved å manuelt sette pikselverdier er derfor å foretrekke i og med at det å få med seg hvem som leder og hvem som vinner. Å få med seg hvem som leder og hvem som vinner vurderes som det viktigste i denne videosekvensen. At lederhesten alltid skal være med i bildet er imidlertid med på å begrense hvor mye man kan navigere i videoklipp som inneholder hesteveddeløp.

Rammerate og overføringshastighet

Som nevnt i forrige avsnitt ble testpersonen presentert for videoklipp med tre ulike zoom- og navigeringsjusteringer. I tillegg skulle også rammerate og overføringshastighet testes med tanke på om det påvirket testpersonenes kvalitetsoppfattelse. Utvalg av hvilke rammerater og overføringshastigheter videoklippet ble tilpasset ble valgt med hensyn til hva som var naturlig i forhold til 3G-miljøet og ressursene på mobiltelefonen (Song, Won et al. 2002). Videoklippene ble tilpasset rammerater på 5, 10 og 15 rammer i sekundet, mens hastighetene var på 45, 50, 75 og 90 Kbit/s. Valget av rammeratene kan også relateres til arbeid gjort av Song et al. (Song, Won et al. 2002), der de benyttet 5, 15 og 25. Ettersom de i det arbeidet benyttet seg av vesentlige høyere overføringshastigheter som oppimot 2 Mbit/s, baserer denne oppgaven seg på mindre differanse mellom rammeratene. Utvalget av overføringshastigheter tok utgangspunkt i at NRK tilbyr videoklipp på 75 Kbit/s (NRK Sist besøkt 29.01.06) og at overføringshastigheter over 90 Kbit/s er for høy for streaming over UMTS til Nokia 6680. Resultatet av et forsøk med å streame med hastighet på 95 Kbit/s, utført i denne oppgaven, ga sort skjerm på Nokia 6680. Sort skjerm kan skyldes at mobiltelefonen ikke klarer å prosessere og dekode videopakken hurtig nok. Mange av pakkene går dermed tapt. Selv om bildene ikke vises, spilles lyden av. Dette kan forklares ut ifra at lyden overføres i vesenlig mindre pakker og med lavere overføringshastighet. Dermed klarer mobiltelefonen å dekode og presentere lyd innen tidsfristen.

Design av brukerundersøkelsen

Ettersom tre ulike zoom- og navigeringsjusteringer, tre rammerater og fire overføringshastigheter skulle testes, ville dette utgjøre 36 videoklipp til sammen dersom man skulle teste alle kombinasjonene. Videoklippene skulle også presenteres på PC for ha et sammenlikningsgrunnlag for ressursene på mobiltelefonen. Hver og en bruker ville da blitt presentert for 72 videoklipp. I og med at hvert videoklipp varte i 34 sekunder ville det utgjøre avspillingstid på 40 minutter. Dette ville ført til at hver test varte i omtrent 1 time og 30 minutter, noe som hadde vært alt for mye å forlange fra testpersonene i denne undersøkelsen.

Brukerundersøkelsen ble derfor delt opp i to deler der Studie 1 tok for seg de tre ulike zoom- og navigeringsjusteringer. Videoklippene ble i Studie 1 tilpasset en rammerate på 10 rammer i sekundet og en overføringshastighet på 75 Kbit/s. Det videoklippet som ble foretrukket med hensyn til zoom- og navigeringsjusteringer av flest testdeltakere i Studie 1, ble brukt gjennom hele Studie 2. Studie 2, som ble utført to uker etter Studie 1, tok for seg 12 videoklipp med ulike justeringer av rammerater og overføringshastighet. I Studie 2 ble også sammenlikningen med PC og nettverksmålingene foretatt. Testpersonen ble derfor presentert for til sammen 24 videoklipp i Studie 2.

6.1.3 Tilrettelegging av testmiljøet

For å kunne konkludere noe om videokvaliteten ut fra testpersonenes oppfatninger, var det viktig at testpersonene hadde like miljømessige forutsetninger. Det ble i denne testen lagt stor vekt på at alle testene foregikk på samme sted og i samme tidsrom.

Grunnen til at alle testene ble foretatt på samme sted, hadde først og fremst med nettverksforholdene å gjøre. Hvor god dekning man har, og graden av forstyrrelser i det mobile nettverket er, som forklart i 2.4 og diskutert i 2.5.3, i stor grad avhengig av omgivelsene og avstanden fra nærmeste basestasjon. Å ta hensyn til dette, var like viktig for begge studiene.

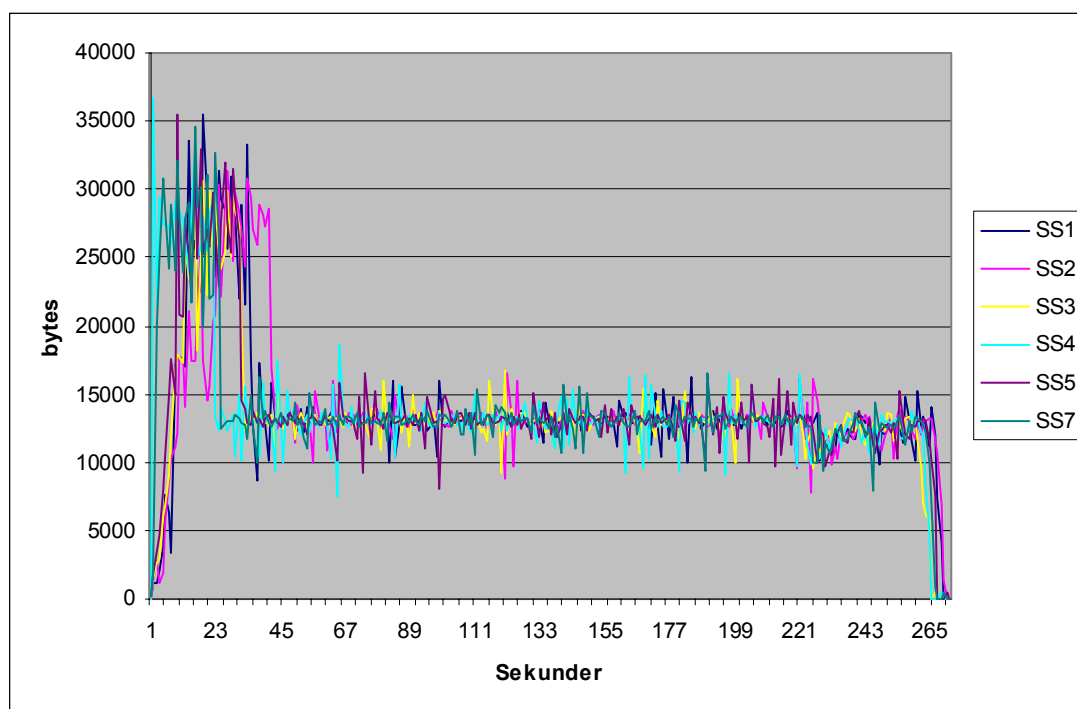
Om man er i bevegelse eller sitter stille kan også påvirke overføringen av video og dermed også testpersonens oppfattede kvalitet. Dette har blant annet med interferens og handoverprosedyrer som ble presentert i kapittel 2.4 å gjøre. Testpersonens oppfattelse av kvalitet kan også direkte påvirkes ved at man selv beveger seg. I og med at skjermen på mobiltelefonen er av liten størrelse, vil det sannsynligvis være vanskeligere å se på et videoklipp dersom man beveger seg samtidig. Bevegelse kan også føre til at man lettere konsentrerer seg om andre ting enn videoklippet. I begge forsøkene satt derfor testpersonene i ro og var, i minst mulig grad, preget av forstyrrende lyder eller forstyrrende, visuelle inntrykk som kunne ta oppmerksomheten bort fra videoklippet.

Tidspunktet for testingen blant testpersonene var også viktig med tanke på belastningen på det mobile nettverket. Dersom man hadde utført testene på ulike tider av døgnet, ville sannsynligheten for at belastningen på nettverket var ulik, være større enn om alle testene ble utført på omtrent samme tid av døgnet.

For å verifisere at testpersonene fikk tilnærmet like forhold gjennom undersøkelsen, ble det foretatt målinger av nettverkstrafikken ved videostreaming til en PC over UMTS-nettverket. Videoklippet som ble streamet var tilpasset en hastighet på 90 Kbit/s og med en rammerate på 10 rammer i sekundet. Målingene, illustrert på Figur 6.5, ble foretatt over en periode på 35 minutter, med individuelle videoklipp på 5 minutter, for å kunne illustrere at man fikk tilnærmet lik gjennomstrømningskurve hver gang et videoklipp ble overført. Dette var viktig for å kunne sammenlikne kvaliteten på de ulike videoklippene som ble presentert for en testdeltaker og i med hensyn til at kvaliteten skulle sammenliknes mellom PC og mobiltelefon. Dersom det hadde vært tydelige forskjeller på gjennomstrømmingene fra streamingsekvens (SS) til streamingsekvens, ville kvaliteten vært preget av dette. Det ville dermed vært vanskeligere å si noe om kvalitetsforskjellene på de andre kvalitetsparametrene, eksempelvis rammerate eller ytelsesforskjellene på PC og mobiltelefon.

Tabell 6.2 viser at den gjennomsnittlige overføringshastigheten er jevn i de sju 5-minuttersperiodene. Ved at det prosentvise avviket fra gjennomsnittet av grafene (13613 bytes/s) er lavt og svingningene på Figur 6.5 viser lik utvikling, kan man anslå at testpersonene får like forhold, med tanke på overføringshastighet gjennom hele undersøkelsen. Det vil også si at sammenlikningen mellom mobiltelefon og PC utføres under like nettverksmessige omstendigheter. Standardavviket på 147,8 som utgjør 1,1 prosent av gjennomsnittet, underbygger også dette.

I og med at grafene viser lik utvikling og at de er jevne hver gang, viser at streamingen av videoklippene også er stabil. I og med at videoklippet ble tilpasset 90 Kbit/s med rammerate på 10 rammer i sekundet, tyder det på at nettverket ikke er en begrensning ved streaming av de videoklippene som testes i undersøkelsen



Figur 6.5: Gjennomstrømning i 7 streamingsekvenser.

	SS1	SS2	SS3	SS4	SS5	SS6	SS7
Gjennomsnittlig gjennomstrømnings-hastighet	13674 bytes/s	13752 bytes/s	13291 bytes/s	13615 bytes/s	13660 bytes/s	13651 bytes/s	13647 bytes/s
Prosentvis avvik fra gjennomsnittet	0,5 %	1 %	2,5 %	0 %	0,5 %	0,5 %	0,5 %

Tabell 6.2: Gjennomsnittlig gjennomstrømningshastighet og prosentvis avvik fra gjennomsnittet av alle målingene til sammen (13613 bytes/s).

Perioden på 35 minutter tilsvarte den tiden det tok å gjennomføre en undersøkelse i Studie 2. Begge testene ble foretatt på ettermiddagen mellom 16.00 og 20.00.

I denne undersøkelsen satt samtlige testpersonene på samme sted, i det samme rommet og på samme tiden av døgnet for, på best mulig måte, å sørge for like miljømessige forutsetninger.

6.1.4 Spesielle krav til Studie 1 og Studie 2

På bakgrunn av at Studie 1 og Studie 2 testet forskjellige karakteristikk ved det mobile streamingmiljøet og at omfanget av testene varierte, ble det også benyttet ulike metoder for å hente inn data. Dette var spesielt tydelig med hensyn til at Studie 2, i tillegg til å vurdere brukerens oppfattelse, også skulle innhente data fra nettverksmålinger og sammenlikne kvaliteten på PC og mobiltelefon.

Studie 1 hadde behov for en metode som tydeligst mulig kunne avdekke testpersonenes kvalitetsoppfattelse av tre videoklipp med ulik zoom- og navigeringsinnstillinger. Kravet som her ble stilt var at testpersonenes kvalitetsoppfattelse ikke skulle preges av forstyrrende faktorer under avspillingen av videoklippet.

Til forskjell fra Studie 1, var det et krav i Studie 2 om å vurdere akseptansenivået til hvert videoklipp. Dette ble gjort for å kunne knytte resultatene opp mot hvordan en tjenestetilbyder best mulig skal kunne tilrettelegge et videoklipp. Kravet til metoden i dette studiet var at testpersonen skulle vurdere videoklippet underveis for at analysen skulle kunne avdekke problemområder i videoklippet. Evalueringen underveis ga et mer anvendelig og nøyaktig resultatmateriale for å vurdere akseptansenivået på hvert videoklipp. Det ble også her lagt vekt på at kvalitetsoppfattelsen ikke skulle påvirkes av forstyrrende elementer, men dette ble behandlet noe forskjellig fra Studie 1 ettersom det i Studie 2 var et krav om kontinuerlige tilbakemeldinger.

I tillegg til metoder for å samle inn data om testpersonenes kvalitetsoppfattelse, satte Studie 2 også krav til metoder for å måle nettverkstrafikk, og metoder for å danne et sammenlikningsgrunnlag mellom kvalitetsoppfattelsen ved opplevelsen av et videoklipp presentert på PC og mobiltelefon. Kravet til målingene av nettverkstrafikk var at de skulle skje samtidig som avspillingen av videoklippet. Målingene innebefattet gjennomstrømning av pakker og pakketap. Vesentlig for denne delen var at målingene startet med kort mellomrom før eller etter at videoklippet startet sin

avspilling, for å kunne vurdere testpersonenes kvalitetsoppfattelse mest mulig nøyaktig opp mot resultatet av nettverksmålingene.

For å kunne vurdere om ressursene på mobiltelefonen hadde utslagsgivende påvirkning på kvalitetsoppfattelsen, var det nødvendig å sammenlikne med en enhet der ressursene er tilfredsstillende med hensyn til å presentere multimedia. I den sammenheng ble det benyttet en bærbar PC. For at sammenlikningsgrunnlaget skulle være best mulig ble det også satt krav til presentasjonen på de to ulike enhetene.

6.2 Studie 1: zoom- og navigeringsjusteringer

Formålet med å gjennomføre Studie 1 var med tanke på å undersøke om testpersonene ble påvirket av ulike zoom- og navigeringsjusteringer i videoklippet. Dette ville avdekke om tilpasninger av innholdet til mobiltelefonen var sentralt for brukeropplevelsen. Med hensyn til problemstillingen i oppgaven, presentert i kapittel 1.3, er dette studiet knyttet til først og fremst til de kvalitative karakteristikene ved den UMTS-kompatible klienten som i dette tilfellet er Nokia 6680. Som diskutert i kapittel 2.5.1 om tjenestekvalitet på applikasjonslaget og i kapittel 5.2 om karakteristikker ved hesteveddeløp, er det viktig at videoklippet blir tilpasset mobilskjermen for å få frem detaljene som er viktige. Hvor sentralt dette er med hensyn til travløp, avdekkes i Studie 1

6.2.1 Metode

Studie 1 ble gjennomført ved at testpersonene så på tre versjoner av samme videoklipp der zoom- og navigeringsjusteringene var ulike. For å avdekke testpersonenes kvalitetsoppfattelse, fremla testpersonen sin verbale vurdering i etterkant av hver videopresentasjon. Etter at alle videoklippene var presentert, ble det foretrukne videoklippet valgt med en begrunnelse for valget. Det ble opplyst om at ingen av vurderingene fra testpersonene ble sett på som mindre riktige enn andre.

Grunnen til at det ikke var ønskelig at testpersonene snakket om videoklippet under videopresentasjonen, var for å, i høyest mulig grad, legge vekt på kvalitetsoppfattelsen av videoklippet og ikke distrahere testpersonen i denne vurderingen. Dersom testpersonene i tillegg til å observere videoklippet også skulle snakke, kunne man risikert at testpersonen la mer vekt på ordformuleringen i vurderingen enn observasjonen av videoklippet.

På grunn av at få av personene hadde sett video på mobiltelefonen fra før og derfor ikke var kjent med hva som ble vurdert som akseptabel eller uakseptabel kvalitet, fikk de som ville muligheten til å se noen eller alle videoklippene om igjen. Det viste seg midlertidig at kun fire av personene hadde behov for det, noe som kan tyde på at kvalitetsforskjellene mellom videoklippene var tydelige. Tre av de som valgte å se videoklippet igjen var usikre på om hvilket av videoklippene som var tilpasset mobiltelefon de skulle velge.

Verbal vurdering i etterkant av videoklipp er også en benyttet metode i (McCarthy, Sasse et al. 2004), der de la stor vekt på å distrahere testpersonene minst mulig under presentasjonen av videoklippet

6.3 Studie 2: Kontinuerlig vurdering av kvalitetsparametere

Et av formålene med å gjennomføre Studie 1 var å avdekke om testpersonene ble påvirket av hvordan videoklippet var tilpasset ulike rammerater og gjennomstrømningshastigheter. Det ble også testet hvorvidt disse kvalitetsparametrene hadde påvirkningskraft på hverandre. Det andre formålet med Studie 2 var å finne ut om gjennomstrømning og pakketap påvirket kvalitetsoppfattelsen. Det tredje formålet var å vise om ressursene på mobiltelefonen var en stor begrensning i streamingmiljøet. Med hensyn til problemstillingen i oppgaven, presentert i kapittel 1.3, er dette studiet knyttet til de kvalitative karakteristikene ved UMTS-nettet og den UMTS-kompatible klienten som i dette tilfellet er Nokia 6680. Dette er med tanke på om brukeren opplever videoklippet forskjellig når det presenteres på mobiltelefon og PC, og hvordan brukeren vurderer videoklipp med ulik rammerate og gjennomstrømningshastighet. De kvantitative karakteristikene ved UMTS-nettet kommer frem ved måling av pakketap og gjennomstrømning, og blir sammenliknet med de kvalitative dataene fra de kontinuerlige tilbakemeldingene gjennom videoklippet.

6.3.1 Metode

Kravet til hva slags metode som ble benyttet for å vurdere 12 videoklipp med ulik overføringshastighet og rammerate, ble tilfredsstilt ved kontinuerlig tilbakemelding fra testpersonene mens de så på videoklippet. I etterkant av observeringen, ble det utført et kort intervju som i hovedsak dreide seg om hva testpersonene opplevde som hovedproblemene med hensyn til videoklippet.

Teknikken med å gi kontinuerlig tilbakemelding ble benyttet for å finne ut hvor mange prosent av videoklippene, med ulike parameterinnstillinger, som ble vurdert som akseptabelt og uakseptabelt. For å ikke distrahere testpersonen under observeringen av videoklippet, var de kontinuerlige tilbakemeldingene enstavellesord for "akseptabelt" og "uakseptabelt", eksempelvis "ja" og "nei". Enkle meldinger var viktig for at testpersonen ikke skulle bli for konsentrert om ordformuleringen i tilbakemeldingene, slik at de risikerte å miste konsentrasjonen om videoklippet.

Ettersom det er vanskelig å vurdere kvaliteten før videoklippet har gått noen sekunder, vil det alltid være en usikker initiell periode der brukeren ikke har noe mening om videoklippet. I denne oppgaven har dette blitt løst ved at den initielle perioden vurderes som det motsatte av det testpersonen først sier. Dersom testpersonen sier "nei" etter 3 sekunder vil de første 3 sekundene være av bra kvalitet. Dette er i tråd med hvordan den usikre initielle delen av videoklippet ble vurdert i (McCarthy, Sasse et al. 2004). Samtidig ble testpersonen oppfordret til å vurdere kvaliteten så fort som mulig.

Det korte intervjuet i etterkant av videoklippene avdekket om det var noen likheter mellom oppfattelsen til testpersonene. Bemerkninger fra testpersonene var ment for å gi ideer for hva som kunne forbedre videoklippet og streamingtjenesten.

Denne type metode ble brukt fordi den er enkel å forstå og lite distraherende for brukerne. I tillegg er metoden fornuftig å bruke med tanke på den variable kvaliteten

man kan oppleve ved videostreaming til mobiltelefoner og fordi måling av akseptansenivå er veldig relevant for tjenestetilbydere. Liknende måte å utføre en slik brukerundersøkelse på gjøres i (McCarthy, Sasse et al. 2004).

Monitorering av nettverket ble foretatt for å vurdere testpersonenes kvalitetsoppfattelse med hensyn til gjennomstrømningen av data og pakketap. For å dekke de kravene som ble stilt til gjennomførelsen av studiet, ble avspillingen av videoklippet i samtlige forsøk startet umiddelbart etter at monitoreringsverktøyet ble startet opp. Dette var for å synkronisere nettverksmonitoreringen med tilbakemeldingene fra testpersonene, noe som gjorde at sekundoversikten i monitoreringsverktøyet tilsvarte tidspunktet for når testpersonene ga tilbakemeldinger underveis i videoklippet. Dette danner et av grunnlagene for en pålitelig analyse.

I dette studiet ble det, i tillegg til kvalitetsoppfatning av videoklipp på mobiltelefonen, også foretatt den samme testen på PC. Her ble mobiltelefonen brukt som modem på en bærbar PC for å kunne monitorere videostrømmen i UMTS. Grunnen til at målingen av nettverket ble gjort fra PC og ikke fra mobiltelefon, var fordi verken ferdigprogramvare eller biblioteker for å utvikle dette, var tilgjengelig for mobiltelefonen.

Metoden for å vurdere brukerens oppfattede kvalitet var identisk som ved bruk av kun mobiltelefon. For å dekke kravet om sammenlikningsgrunnlaget mellom PC og mobiltelefon, ble videoklipp presentert annenhver gang på PC og mobiltelefon. Det vil si at et videoklipp med de samme kompresjonsparametere først ble vist på mobiltelefonen og deretter på PC'en. Så ble neste videoklipp med andre kompresjonsparametere presentert på mobiltelefonen igjen. Dette gjorde at testpersonen bedre kunne sammenlikne kvaliteten PC og mobiltelefon i forhold til dersom alle videoklippene først hadde blitt presentert på mobiltelefonen og deretter presentert på PC.

Tolkninger av enkelte målinger av grafer er utført med hensyn til et standardavvik, hvor standardavviket skal ligge innenfor 10 prosent får å representere sikre data. Dette vil gi uttrykk for at målingene ikke er tilfeldige, ved at de er repeterbare og reproducerbare. Dersom standardavviket er beregnet vil dette fremgå i teksten.

Motivasjonen for å beregne standardavviket i dette studiet er å påvise en sammenheng mellom de ulike målingene. Dette blir utført i de tilfellene hvor flere separate målinger er gjort på samme videosekvens og i lik tidsperiode, hvor hver måling består av en mengde data registrert under en avgrenset tidsperiode. Fremgangsmåten for beregningen av standardavviket er listet opp nedenfor:

1. Beregne gjennomsnittet av datasettet per måling separat. Dette resulterer i et sett med data bestående av N gjennomsnittsverdier for N målinger.
2. Neste steg er å beregne standardviket på de N gjennomsnittsverdiene. Dette gjøres ved å bruke funksjonen for standardavvik (NTNU Sist besøkt 29.01.06).
3. Steg tre avgjør om standardavviket ligger innenfor 10 prosent ved å først regne ut gjennomsnittet til datasettet i steg 1. Deretter brukes denne verdien til å regne ut hvor mye standardavviket (beregnet i steg 2) utgjør av dette.

6.3.2 Deltakere

Med unntak av 2 deltakere, var testpersonene identiske i Studie 1 og Studie 2. Antallet ble da redusert til 18. De to fraværende personene var ikke tilgjengelige i den perioden Studie 2 ble foretatt. Grunnen til at de samme deltakerne ble spurt om å delta i begge studiene, var at deltakerne fra Studie 1 allerede hadde en oppfattelse av hvordan kvaliteten på videoklipp presentert på mobiltelefoner var. Disse personene var også utvalgt til på bakgrunn av spørsmål stilt i Studie 1 og befant seg dermed i den målgruppen som var aktuell å teste tjenesten på.

6.3.3 Systemoppsett

I tillegg til presentasjon på en mobiltelefon av merket Nokia 6680, ble videoklippet også vist på en bærbar PC av typen HP Omnibook 6100. Oppløsningen på skjermen til Nokia 6680 var 176*208, mens oppløsningen på RealPlayer var 176*144. Denne oppløsningen ble også benyttet på den bærbare PC'en. Både PC'en og mobiltelefonen benyttet RealPlayer som mediaspiller.

Prosesorhastigheten på Nokia 6680 var 220 MHz og minnekapasiteten var 10 MB Ram. Hastigheten på PC'ens prosessor var 933 MHz og 512 MB Ram.

For å kunne overvåke datastrømmen på nettverket ble Ethereal Protocol Analyzer benyttet. Denne programvaren ga mulighet for å overvåke gjennomstrømningen av pakker samt utføre analyse av RTP-pakker.

6.3.4 Prosedyre

Før visningen av videoklippene fikk alle testpersonene en innføring i hva som skulle skje og bakgrunnen for undersøkelsen. Deltakerne ble informert om fokuset på videokvalitet i undersøkelsen og hvorfor det var viktig å utføre en brukertest i denne sammenheng. Testpersonene ble bedt om å legge mye vekt på den subjektive oppfatningen av videokvaliteten. Ingen av deltakerne hadde kunnskap om kompresjonsparametere som rammerate og bitrate i de ulike videoklippene.

Ved avspilling av videoklippet ble testpersonen bedt om å si "ja" ved akseptabel kvalitet og "nei" ved uakseptabel kvalitet. Dersom testpersonen responderte med "ja" ville videoklippet være av akseptabel kvalitet helt til "nei" ble sagt, og omvendt. Ved hvert "ja" eller "nei" ble tiden notert. Dersom en av testpersonene sa "nei" etter 3 sekunder og "ja" etter 15 sekunder ville "n3" og "j15" bli notert. Et 34-sekunders videoklipp ville da vært av akseptabel kvalitet i 22 sekunder (initiell periode på 3 sekunder og fra 15 til 34 sekunder = 3 + 19 = 22 sekunder) og i uakseptabel kvalitet i 12 sekunder. Dette tilsvarer rundt 66 prosent akseptabel kvalitet og omtrent 34 prosent uakseptabel kvalitet. Etter videoklippet hadde blitt presentert på PC, ble målingene av rammerate og pakketap lagret på PC'en.

Brukeren ble også gjort oppmerksom på at lyden på videoklippet var en sentral del av undersøkelsen, både på PC og på mobiltelefon.

Med hensyn til å undersøke nærmere hvordan testpersonene vurderte videoklippet, ble det i etterkant av videoklippvisningen utført et kort intervju. Disse spørsmålene ble stilt:

- Hva synes du om lengden på videoklippet?
- Hva var det største problemet med videoklippet?
- Var det noen deler av videoklippet som var dårligere enn andre?
- Var lyden bra nok. Fikk du med deg alt som ble sagt og sto det i samsvar med hva som skjedde på skjermen?
- Var det enkelt å se hvem som vant?
 - Så du nummeret på den som vant?
 - Så du draktfargen på den som vant?

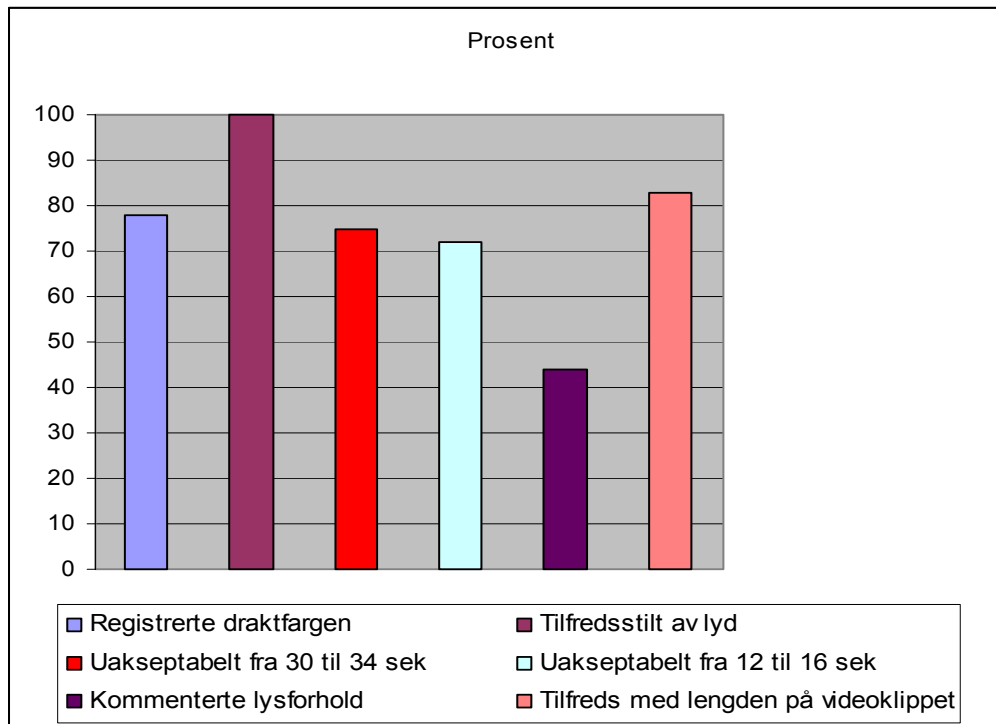
6.4 Funn i brukerundersøkelsen

Presentasjon og analyse av funnene som er gjort i undersøkelsen er presentert i kapittdelene nedenfor. Den første delen tar for seg hvordan brukerne opplevde kvaliteten på videoklippet med tanke på de spesielle egenskapene ved hesteveddeløp som ble presentert i kapittel 5.2. I de tre neste delene blir funn knyttet til applikasjonslaget, systemlaget og nettverkslaget presentert og analysert.

6.4.1 Kvalitative uttalelser og vurderinger av hesteveddeløpet

Kapittel 5.2 tok for seg utfordringer ved streaming av hesteveddeløp til mobiltelefonen. Brukerundersøkelsen som er foretatt underbygger flere av disse utfordringene, men tar også opp diverse andre aspekter ved hesteveddeløp som bør tas hensyn til når video skal streames til mobiltelefoner. Funn knyttet til lyd er presentert på Figur 6.6, men vurderes som en egenskap under applikasjonslaget i kapittel 6.4.2. Grunnen til dette er fordi viktigheten av lyden med hensyn til opplevelsen av video, tas opp i kapittel 2.5.1 om karakteristikk ved applikasjonslaget.

Figur 6.6 illustrerer en prosentvis oversikt over de mest sentrale verbale vurderinger underveis og i etterkant av presentasjonen av videoklippene i Studie 2. Mange av vurderingene er på bakgrunn av spørsmålene presentert i kapittel 6.3.4 om Prosedyren i Studie 2.



Figur 6.6: Fra Studie 2 - Testpersonenes verbale vurdering av videoklippene i Studie 2.

Detalj- og fargesynlighet

For at opplevelsen av hesteveddeløpet skal være best mulig, er det åpenbart at man må kunne greie å følge med på hvilke plasseringer hestene har underveis i løpet. Spesielt viktig er det å se hvilke hester som ligger i teten og hvem som vinner til slutt. Kapittel 5.2 tok blant annet for seg viktigheten av å se nummeret på hesten og draktfargen på kusken for å skille hestene fra hverandre.

Studie 2 i dette arbeidet avdekket at det var så problematisk å se nummeret at ingen la merke til det verken ved målgang eller i resten av løpet (null prosent vises dermed heller ikke i Figur 6.6). Dette hadde hovedsakelig å gjøre med at nummeret på siden av hesten var så lite. Testpersonene hadde problemer med å i det hele tatt se at det stod noe på siden av hesten. For at tekst generelt skal ha noen funksjon for TV-seere, eller brukere av videostreaming til mobiltelefonen, bør det presenteres større og tydeligere. Dersom nummerskiltene i travløp blir for store kan imidlertid dette sjenere hesten. Det kan derfor bli aktuelt med digital bildebehandling for å tydeliggjøre nummeret, og dermed gi brukerne en bedre opplevelse. Digital bildebehandling som tydeliggjør tekst og tall bør benyttes, uavhengig av innholdet i videoklippet, dersom objekter som har betydning for brukerens opplevelse ikke er synlige.

Figur 6.6 illustrerer at 78 prosent (14 av 18) av testpersonene så kuskens draktfarge minst en gang underveis i løpet. Kun 22 prosent (4 av 18) mente at de kunne skimte fargen på drakten ved målgang. Hesteeksperter (Vedlegg D Marti) mener draktfarge er et av de viktigste kjennemerkene til kuskene og derfor også den beste måten å visuelt skille hestene fra hverandre. Fargen på drakten er også, i utgangspunktet, synlig gjennom hele løpet, uavhengig av kameravinkel. Grunnen til at testpersonene hadde vanskeligheter med å se fargen, ble i flere tilfeller begrunnet med at kombinasjonen mellom størrelsen på skjermen og skjermopløsningen var for dårlig. 61 prosent (11 av 18) av testpersonene påpekte, i Studie 2, problemer med skarpheten

i bilde som det største problemet med videoklippet. At bilde var uskarpt var også en årsak til at fargene kom så dårlig til syne og at seerne, av den grunn, visuelt sett ikke klarte å skille hestene fra hverandre.

Bevegelsesmønstre (Perioder i videosekvensen med dårlig kvalitet)

Det viste seg i Studie 2 at akseptansenivået i deler av videosekvensen på 34 sekunder også varierende kraftig. Ved at testpersonene, gjennom hele videoklippet, avga sin vurdering om videoklippet var av akseptabel eller uakseptabel kvalitet, ga dette mulighet for å betrakte alle deler av videosekvensen med hensyn til akseptansenivå. Dermed kunne problematiske perioder med tanke på kvalitet identifiseres.

Undersøkelsen i Studie 2 avga to tydelige perioder der akseptansenivået var meget lavt. Figur 6.6 illustrerer at i hele 75 prosent av videoklippene (162 av 218p) vurderte testpersonene de siste 3-4 sekundene som uakseptable, mens i 72 prosent av videoklippene (157 av 218) ble perioden mellom 12 og 16 sekunder vurdert som uakseptabel.

Vurderingen av de siste 3-4 sekundene ble gjort på bakgrunn av at bildet av hestene i denne perioden var uskarpt. Testene som ble gjort med tanke på gjennomstrømming av pakker og pakketap viste ingen klare indikasjoner på at nettverksforholdene var dårligere i denne perioden. Det som viste seg å prege det lave akseptansenivået i denne perioden, var filmingen og kameravinkelen ved målgangen. Gjennom hele løpet fulgte kameraet hestenes bevegelse rundt travbanen, mens ved målgang stod kameraet stille ved målstreken samtidig som hestene løp forbi. Når kameraet står stille mens hestene løper forbi, tydeliggjøres hestenes bevegelse og det blir mer komplisert å kode bildene slik at kvaliteten blir bra. Resultatet blir da at bildene av hestene oppleves som utydelige fordi hestene er i bevegelse forbi kameraet. Dersom man hadde lagt vekt på bakgrunnen i bildet, for eksempel reklameskiltene, ville disse sannsynligvis bli opplevd som mindre tydelig når kameraet bevegede seg, i takt med hestene gjennom travløpet, og mer tydelig ved målgang når kameraet stod stille ved målgang.

Den andre perioden der testpersonene var nokså samlet (72 prosent) om at kvaliteten var dårlig, var i perioden mellom 12 og 16 sekunder. En av testpersonene kommenterte: *"Svingen er et problem, hestene klumper seg på en måte sammen og det blir umulig å se hvem som leder"* (Vedlegg D Testdeltaker2). Denne perioden innledes med at hestene er på vei inn i svingen og det vises et nærbilde av kuskene. Dette utgjør sannsynligvis størstedelen av problemet. I og med at nærbildet kommer, og at bildejusteringene, med tanke på zoom og navigeringsinnstillinger, er tilpasset mobilskjermen med ukorrekt optisk zoom, oppleves nærbildet som litt for nært. Det at testpersonene mister helhetsbildet over travløpet ser ut til å prege den opplevde kvaliteten i denne undersøkelsen. Litt før 16 sekunder har gått, zoomer kameraet ut igjen og akseptansenivået på videoklippene stiger. Tilbakemeldingene fra testpersonene tyder på at kamerabruken preger kvalitetsoppfattelsen ved streaming til mobiltelefonen.

Nokså påfallende er det at draktfargen til kuskene er mest synlige i perioden mellom 12 og 16 sekunder. Legger man merke til draktfargen i denne perioden, er det uproblematisk å få med seg fargen på hvem som vinner. Problematikken med å miste helhetsbildet over travløpet kan virke som å være viktigere for opplevelsen, enn det er

å få med seg fargen på draktene. Det er også mulig at det ville være viktigere for testpersonene å få med seg fargen på draktene nærmere mål der vinneren kåres.

Lysforhold

Som fremstilt i Figur 6.6 kommenterte rundt 44 prosent (8 av 18) av testpersonene, lysforholdene rundt travbanen i Studie 2. Selv om dette travløpet foregikk under lyse forhold på sommeren, uten noen skyggeområder på banen, opplevde testpersonene til tider at lysforholdene endret seg fra lyst til mørkt, og omvendt. I og med at 8 av 18 personer kommenterte lysforholdene under nærmest perfekte forhold, viser det at man er sensitive til lysendringer i bildet og bør ta hensyn til det ved tilrettelegging av videoklipp som skal presenteres på mobiltelefonen. Dette belyser også problematikken som kan oppstå ved utendørs filming der kvaliteten påvirkes av naturforhold. Viktigheten av å skille på bildekvalitet når det gjelder miljømessige forhold blir tatt opp i (Kulander 2004) og (McCarthy, Sasse et al. 2004) der den opplevde kvaliteten påvirkes av disse forholdene. Hvordan kvaliteten oppleves av brukerne, kan derfor avhenge av hvordan videoklippet er tilrettelagt med tanke på ulike miljømessige faktorer som for eksempel vær- og vindforhold.

Klippets lengde

I følge NRK er varigheten av programmer en viktig del av optimaliseringen av innholdet for mobiltelefonen. Langtekkelige scener og lange programmer blir ikke verdsatt hos mobilbrukerne (Digi 2005). Som Figur 6.6 illustrerer avdekket spørsmål underveis og i etterkant av Studie 2 at 83 prosent synes lengden på videoklippet var bra. 17 prosent synes det kunne vært opptil 25 sekunder lenger og 89 prosent mente det hadde vært for slitsomt å se på et travløp som varte i 4-5 minutter på mobiltelefonen.

Testpersonenes vurdering av lengden på videoklippet kan delvis forklares i utvalget av personene som ble testet. I og med at testpersonene ikke er de ivrigste på travbanen, men bruker gjerne penger på spillet, vil de sannsynligvis ha mest glede av å se hvem som vinner og ikke i så stor grad glede av hvordan de ulike hestene opptrer i løpet. En hesteentusiast ville antakelig konsentrert seg mer på travløpet. Optimaliseringen av innholdet har derfor tatt hensyn til målgruppen for spilltjenesten som er utviklet i denne oppgaven. Ettersom hele 83 prosent av testdeltakerne var fornøyd med lengden på videoklippet, kan dette tyde på at 34 sekunder er en fornuftig varighet på travløpet ved presentasjon på mobiltelefonen.

Oppsummering av kvalitative uttalelser og vurderinger

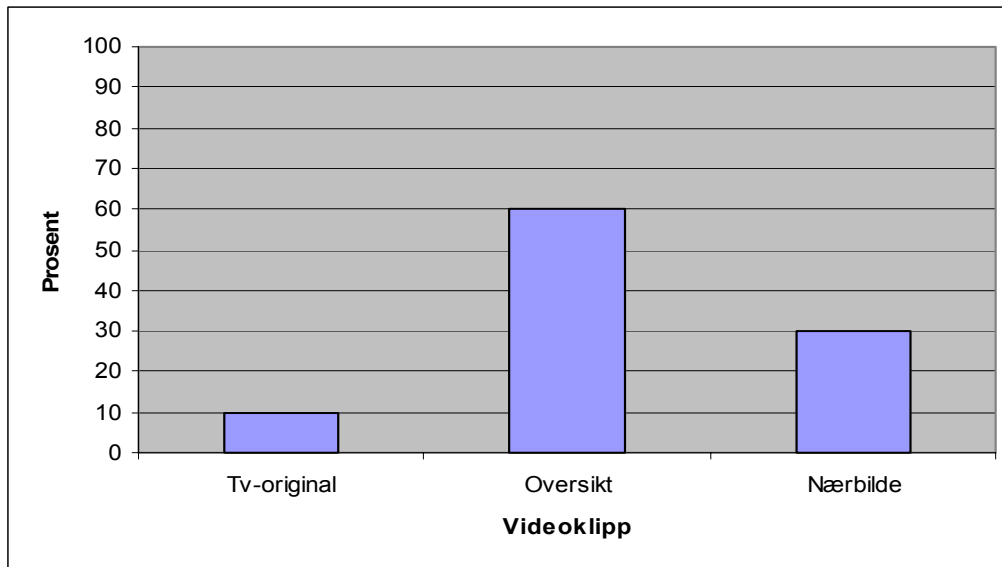
Kvalitetsoppfattelsen ved streaming av travløp til mobiltelefoner viser seg å være påvirket av faktorer som er knyttet til egenskaper ved travløpet. Spesielt viktig er det å ta hensyn til tydelighet i bildet slik at draktfargen synes, sørge for at lyden er god nok til at seeren får med seg alt og tilpasse videoklippet på bakgrunn av vær- og lysforhold på travbanen.

6.4.2 Applikasjonslaget

Grunnlaget for å diskutere og analysere karakteristikkene på applikasjonslaget er hovedsakelig funnene gjort i Studie 1. Dette er først og fremst knyttet til justering av bildet med tanke på innholdet i videoklippet. I tillegg bidrar funnene i Studie 2 med hensyn til å vurdere viktigheten av rammerater.

Krav til tilpasninger av bildet

Studie 1 hadde som formål å avdekke om testpersonene stilte krav til tilpasninger av bildet når det gjaldt hesteveddeløp som ble presentert med 176*144 piksler oppløsning på en 2 tommer skjerm. Figur 6.3 som omtales i denne delen, ble presentert i kapittel 6.1.2 om valg av kvalitetsparametere og design av undersøkelsen.



Figur 6.7: Fra Studie 1 - Sammenstilling av foretrukne tilpasninger av videoklipp i Studie 1.

Som illustrert på Figur 6.7 er testpersonenes vurdering av de ulike bildejusteringene i videoklippet klar. 90 prosent (18 av 20) av deltakerne ønsket at videoklippet skulle tilpasses mobiltelefonens skjerm før videoklippet ble vist. Kun 10 prosent (2 av 20) ønsket å se originalklippet på mobiltelefonen. 60 prosent (12 av 20) foretrakk Oversiktsklippet, mens 30 prosent valgte Nærbilde.

Resultatet av undersøkelsen viser hvor sentralt testpersonene mener det er å tilpasse videoklippet før det vises på mobiltelefonen. Noen av de viktigste grunnene til dette er skjermstørrelse og oppløsning, samt hva som vurderes som betydelige deler i et travløp.

Figur 6.3 a) illustrerer at det er nærmest umulig å se hestene, og dermed vanskelig å følge utviklingen i løpet. Tenker man seg et liknende bilde ved målgangen, er det forståelig at kvalitetsopplevelsen blant seerne og bedømmelsen av videoklippet ikke er positiv med tanke på å se hvem som vinner.

I følge testpersonene som ønsket å tilpasse originalklippet, var begrunnelsen også at det var for mange detaljer i bildet til at man skulle kunne konsentrere seg fullt ut på hestene. Figur 6.3 a) viser at det er det mye i bildet som ikke har noen betydelig funksjon med tanke på hva som er viktig for kvalitetsopplevelsen. Reklameskilt, grønn gressplen i forgrunnen, samt trær og hus i bakgrunnen er uviktig for en som vil se hvem som vinner travløpet.

Videoklippene som er illustrert av Figur 6.3 b) og 6.3 c) kan ses som en simplifisering av originalklippet. Viktigheten av simplifisering av innholdet i et videoklipp blir også

belyst i (RealNetworks 2004) som dessuten tar opp at simplifisering av videoklippet er med på å veilede seeren til å se på de viktige delene av bildet. Kombinasjonen av å simplifisere innholdet og å legge vekt på de sentrale detaljene ved tilrettelegging av video er, ifølge utfallet av Studie 1, avgjørende med hensyn til kvalitetsopplevelsen til 90 prosent av testdeltakerne.

De 2 testpersonene som mente at videoklippet illustrert på Figur 6.3 a) var best, begrunnet dette i bedre oversikt over travløpet og at anatomen til hestene var mer naturlig i forhold til de andre videoklippene. Legger man vekt på dette, er videoklippet på Figur 6.3 a) åpenbart et riktig valg i og med at man ser alle hestene i bildet, og at dette er korrekt optisk zoom. Det viste seg imidlertid at få av testdeltakerne tok hensyn til oversikt over travbanen og hvordan hestene så ut.

6 av testpersonene mente videoklippet illustrert på Figur 6.3 c) ga den beste opplevelsen. Mye av grunnen til dette var at de mente bildet av hestene var tydeligere enn i de to andre videoklippene. Testpersonene påpekte også at det ikke var mye annet enn hestene å konsentrere seg om på bildet. 3 av de 6 som valgte dette videoklippet var i tvil om de skulle velge videoklippet som er illustrert i Figur 6.3 b).

Et klart flertall av testpersonene valgte videoklippet som illustrerte en mellomting mellom Figur 6.3 a) og Figur 6.3 c). Testdeltakerne la her vekt på at hestene kom godt til syne, og at andre forstyrrende detaljer ikke var fremtredende i videoklippet, illustrert på Figur 6.3 b). Det var også enklere å følge med på løpet i dette videoklippet. Flere av deltakerne begrunnet i tillegg sine valg med at hestene *"klumpet seg mindre sammen"* (Vedlegg D Testdeltaker1) enn på videoklippet som er illustrert i Figur 6.3 c). Det ble også kommentert at det i dette videoklippet var enklere å få inntrykk av hva som foregikk underveis i løpet fordi man hadde god oversikt, samtidig som man tydelig kunne se hestene.

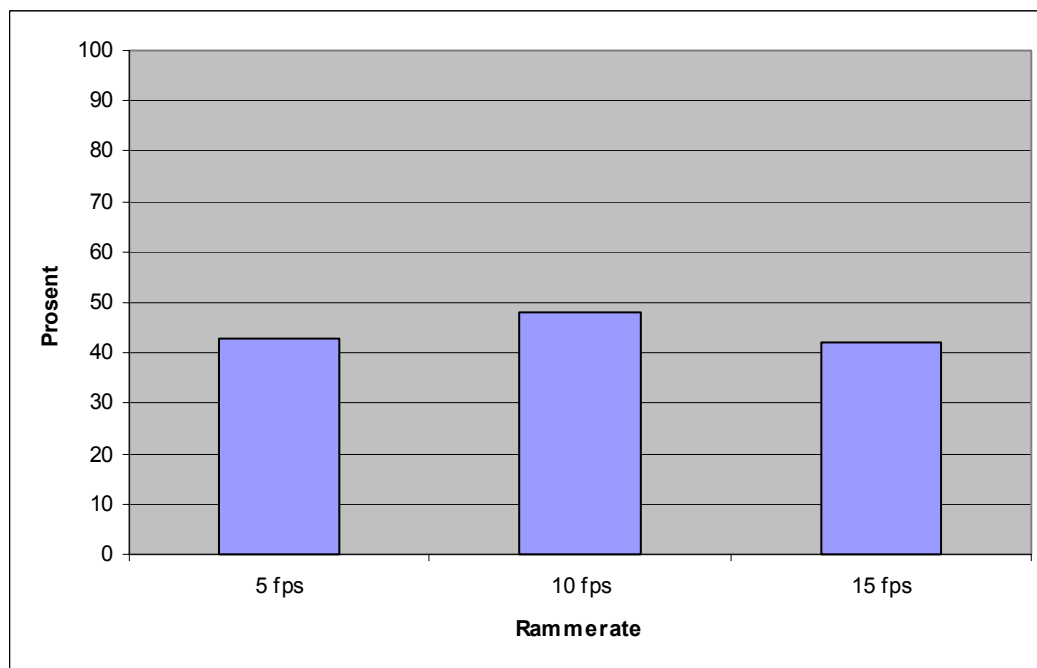
Liknende funn, knyttet til tilpasning av videoklippet med tanke på hvilken skjermstørrelse, oppløsning og hva slags innhold som presenteres, beskrives i (Liu and Choudary 2004). Artikkelen tok først og fremst for seg instruksjonsbaserte videoklipp, men belyste også at egenskapene, uansett videosjanger, må tas hensyn til ved tilrettelegging av video. Dette er i tråd med hvordan NRK arbeider når de skal presentere programmer på mobiltelefonen (Digi 2005). Når et videoklipp tas fra arkivet i NRK og skal tilbys en mobiltelefon, foreligger det vesentlig arbeid med tilpasninger av videoklippet, eller *"optimalisering av innhold for mobiltelefonen"* som NRK kaller det. Spesielt fremheves posisjonen i bildet slik at man får med seg det viktigste og ikke alle unødvendige og kanskje forstyrrende detaljer. Posisjoneringen i denne oppgaven har dreid seg om å kunne følge de ledende hestene i løpet og å se utbrudd i feltet.

Rammerate

En av oppgavene i Studie 2 var å teste viktigheten av rammerate. Hvor mange rammer som blir presentert i sekundet kan påvirke hvordan brukeren opplever videokvaliteten med tanke på om videoklippet er hakkete eller oppleves som en jevn sekvens. Som nevnt i kapittel 2.5 oppleves ofte videoklippet som hakkete dersom det er lav rammerate og som en jevn sekvens dersom det er høy rammerate. Ved få rammer i sekundet vil kvaliteten i hvert bilde være bedre enn ved presentasjon av flere rammer i

sekundet. Hvordan man komprimerer videoklippet med tanke på hvor mange rammer man vil ha i sekundet, er igjen avhengig av innholdet i videoklippet.

I Studie 2 ble testdeltakerne presentert for 5, 10 og 15 bilder i sekundet med ulike overføringshastigheter på 45, 60, 75 og 90 Kbit/s. I denne delen tas det ikke hensyn til kvalitetsoppfattelse med tanke på overføringshastighet, men legges kun vekt på rammerate. Figur 6.8 illustrerer forholdet mellom de ulike rammeratene med tanke på positiv respons fra testpersonene. Tallene oppgir hvor mange prosent testpersonene til sammen var fornøyde med videoklipp med de aktuelle rammeratene. Overføringshastighetene, som for øvrig hadde sterk innvirkning på akseptansenivået, blir studert nærmere i kapittel 6.4.4 om Nettverkslaget.



Figur 6.8: Fra Studie 2 - Sammenstilling av akseptansenivået av videoklipp som er tilpasset ulike rammerate.

Figur 6.8 viser at det mellom rammerate 10, som ble mest akseptert, og rammerate 15, som ble minst akseptert, skilte det kun 6 prosent. I og med at grunnlaget for akseptansenivået i denne undersøkelsen er subjektive tilbakemeldinger fra testpersonene, utgjør 6 prosent en meget liten differanse. Man kan dermed si at akseptansenivået var nokså jevnt i de ulike rammeratene i Studie 2, men at den foretrukne rammeraten var 10. Det vil si at testpersonene foretrakk en mellomting mellom få rammer i sekundet, som representerer hakkete video med god kvalitet i hvert bilde, og en jevn videostrøm der bildene er av en mindre god kvalitet.

Funnene som er gjort i Studie 2 med tanke på rammerater, likner på resultatene som kom frem av undersøkelsene i (McCarthy, Sasse et al. 2004). Denne undersøkelsen satt et sitat fra et tidligere IBM-dokument (IBM Sist besøkt 28.01.06), angående QoS i videoklipp om sport, på prøve. Sitatet fra IBM var *"prioriteten for jevn video er høyere enn prioriteten ved bildekvalitet"*. IBM brukte fotball som et eksempel på sport. Resultatene fra undersøkelsen i (McCarthy, Sasse et al. 2004), som også tok for seg fotball, viste det motsatte. Testpersonene i (McCarthy, Sasse et al. 2004) foretrakk

færre rammer og god kvalitet i hver ramme, fremfor at bildestrømmen var jevn. Resultater fra Studie 2 i denne oppgaven, viste ingen tydelig forskjell ved endring av rammerate, og avviker dermed også fra teorien om at jevn video har høyere prioritet ved QoS i sportssammenheng. Forskjellige resultater fra de ulike undersøkelsene tydeliggjør viktigheten av å også behandle videoklipp innenfor hver sjanger, som for eksempel sportssjangeren, ulikt for å oppnå best mulig QoS.

Hvilken påvirkning overføringshastigheten hadde på rammerate med hensyn til akseptansenivået, diskuteres i delen om Nettverkslaget senere i dette kapitlet. Hensynet til rammerate bør derfor som oftest ses i sammenheng med overføringshastighet.

Lydkvalitet

Resultatet fra Studie 2 viser at draktfargen på kusken og nummeret på hesten er for utydelig til å kunne ha positive opplevelser med streaming av hesteveddeløp til mobiltelefonen. Likevel ble testpersonene presentert for videoklipp der de vurderte hele 72 prosent av videoklippet til akseptabel kvalitet (se Figur 6.15). Mye av grunnen til dette hadde med lydkvaliteten å gjøre. Figur 6.6 viser at 100 prosent av testdeltakerne var godt fornøyd med lyden, og samtlige bemerket dette underveis i løpet eller etter målgang. Ikke nok med at testdeltakerne fikk med seg alt kommentatoren sa, men hva kommentatoren sa, og hvordan han geleidet seerne gjennom travløpet, ble vurdert som veldig viktig. Kommentatorens rolle viser seg i denne undersøkelsen å være helt avgjørende for opplevelsen av videoklippet. Viktigheten av instruksjonsbasert lyd er i tråd med det som ble diskutert i kapittel 2.5.2 om karakteristikker på applikasjonslaget.

Påvirkningen lydkvaliteten har på videokvaliteten er i tråd med hva Beerends et al. (Beerends and Caluwe 1999) registrerte i sine forsøk. Deres eksperiment gikk vesentlig mer i dybden på hvordan lydkvaliteten påvirket videokvaliteten enn dette arbeidet gjør, men også Studie 2 i denne oppgaven, tyder i stor grad på at lydkvalitet kan påvirke bildekvaliteten og dermed ha innvirkning på brukerens opplevde kvalitet. På en annen side vil, i følge Beerends et al. (Beerends and Caluwe 1999), videokvaliteten også ha innvirkning på lydkvaliteten. Forfatterne mener denne innvirkningen er større enn hvordan lydkvaliteten påvirker bildekvaliteten. I og med at testpersonene fant lydkvaliteten like tilfredsstillende uansett bildekvalitet (kombinasjonen mellom rammer, overføringshastighet og nettverksforhold), avviker funnene i denne oppgaven noe fra arbeidet i (Beerends and Caluwe 1999). Grunnen til dette kan være at innholdet som ble testet i (Beerends and Caluwe 1999) var forskjellig fra det som testes her og at man derfor ble mer påvirket av lyden.

I hesteveddeløpssjangeren og andre sjangere der kommentatorens rolle vurderes til å være særdeles sentral, er det viktig å sette av nok ressurser til lyd. I denne undersøkelsen ble 12,2 Kbit/s satt av til lyd. Det er en relativ sparsommelig andel i forhold til hva som blir satt av til video, men video krever også vesentlig mer båndbredde enn lyd. Tilbakemeldingene fra testpersonen anga, i denne undersøkelsen, at lydkvaliteten var høyere enn forventet. Opplevelsen av videoklippet blir derfor påvirket av lyden i positiv retning.

Oppsummering av applikasjonslaget

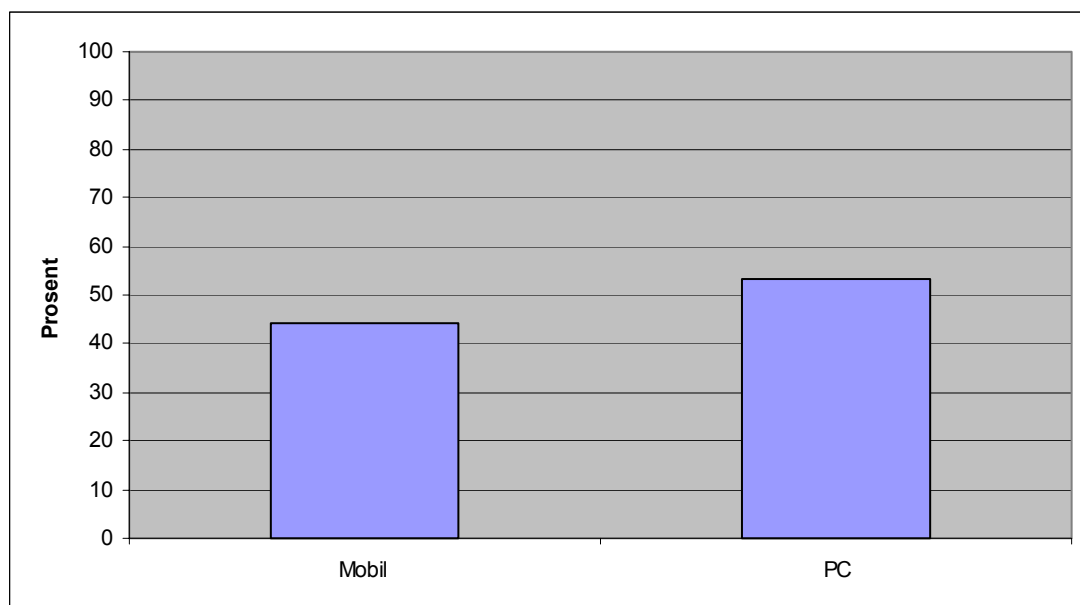
I delen om Krav til tilpasninger i bildet ønsket 90 prosent av testdeltakerne at videoklippet måtte tilpasses mobilskjermen før det kunne presenteres. Flertallet av testdeltakerne (60 prosent) ønsket mer zoom, men samtidig beholde helheten i bildet. Kvalitetsforskjellen mellom rammerate (uavhengig av overføringshastighet) var ikke tydelig, men videoklippene som var tilpasset en rammerate på 10 rammer i sekundet kom best ut. Lydkvaliteten viste seg å være sentralt for opplevelsen av videoklippet. Dette hadde å gjøre med at kommentatoren hadde en instruerende funksjon.

6.4.3 Systemlaget

Funn relatert til kvalitetsparametere på systemlaget finnes i Studie 2. Kvalitetsparametere som vurderes er CPU-kraft, grafikk, bufferkapasitet og batterikapasitet.

I Figur 6.9 vises en sammenligning mellom akseptansenivået på PC og mobiltelefon. Akseptansenivået er presentert i prosent og regnet ut ifra antall sekunder brukerne til sammen fant kvaliteten på videoklippene akseptabel og uakseptabel.

Ut ifra Figur 6.9 kan man se at det er en forskjell på cirka 10 prosent mellom kvalitetsoppfattelsen på PC'en og mobiltelefonen. Ettersom PC'en og mobiltelefonen har forskjellig arkitektur gjør det vanskeligere å påpeke hvor forskjellen på 10 prosent i kvalitetsoppfattelsen forekommer. Det er naturlig å anta at enkelte foretrekker PC fordi de antakeligvis har sett mer video på den type skjerm. Differansen kan også ha noe med at fargedybden er bedre på HP Omnibook 6100 enn på Nokia 6680. Fargedybden på PC'en er 32 bit, mens den på mobiltelefonen er 18 bit.



Figur 6.9: Fra Studie 2 - Sammenligning mellom akseptabel kvalitet på mobiltelefon og PC.

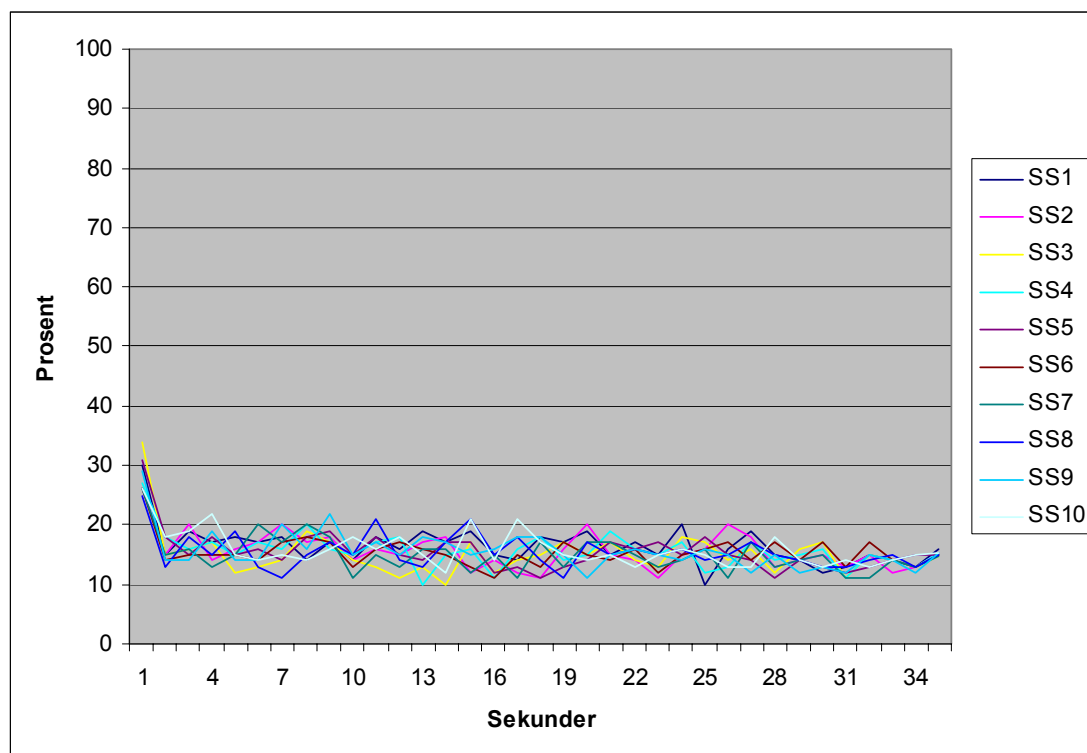
I og med at det ikke var stor kvalitetsforskjell mellom mobiltelefon og PC, vil det være interessant å finne ut om CPU-ytelsen målt på PC'en, tilsvarer verdier som

støttes av mobiltelefonen. Dette gjøres for å kartlegge om CPU gir utslag i kvalitetsforskjellen mellom PC og mobiltelefonen.

Som tidligere nevnt ble det eksekvert to applikasjoner på PC'en, Ethernet Protocol Analyzer og RealPlayer. Når disse to applikasjonene kjørte samtidig, var det interessant å måle CPU-ytelsen for å undersøke om CPU'en prioriterte andre applikasjoner i stedet for RealPlayer eller omvendt. For å undersøke dette ble Windows Task Manager benyttet. Denne applikasjonen viser en oversikt over alle prosessene som kjører og CPU-ytelse i den periode de eksekverer. CPU-ytelsen ble registrert gjennom hele videosekvensen.

CPU-måling

Under målingene av CPU-ytelsen til RealPlayer-applikasjonen var det tydelig at denne prosessen ble høyt prioritert og krevde mer av CPU'en enn de andre prosessene. CPU-ytelsen for RealPlayer er illustrert i Figur 6.10. Grafene viser CPU-ytelsen for videosekvensen med en hastighet på 90 Kbit/s og 15 i rammerate. Dette er maksverdier for tjenestekvalitetsparametrene i undersøkelsen, og krever dermed mer CPU-kraft enn for eksempel videosekvensen med en hastighet på 45 Kbit/s og en rammerate på 5. Figur 6.10 viser ti streamingsekvenser (SS) av samme videoklipp.



Figur 6.10: Fra Studie 2 - Målt CPU-ytelse ved streaming i prosent ut ifra maks CPU-kapasitet.

Standardavviket for de ti målingene er 0,39 prosent og er beregnet ut ifra metoden beskrevet i 6.3.1. Gjennomsnittet for målingene er 15,1 prosent. 0,39 prosent utgjør under 10 prosent av 15,1. Dette betyr at den målte CPU-belastningen på 15,1 prosent skyldes videosekvensen som ble eksekvert. Ethernet Protocol Analyzer brukte til sammenlikning med videoapplikasjonen kun 3 prosent. Dette viser at videoapplikasjonen bruker vesentlig mer CPU-ytelse enn Ethernet.

Mobiltelefonen som ble brukt i brukerundersøkelsen har en CPU-hastighet på 220 MHz. Dersom man antar at CPU'en på PC'en yter 15,1 prosent av den totale kapasiteten, vil dette tilsvare 64 prosent av den totale ytelsen på mobiltelefonen. I tillegg vil CPU'en på Nokia 6680 også prosessere grafikken selv, uten hjelp fra en grafikkprosessor, og dermed vil ytelsen øke noe mer. På PC'en er det derimot en grafikkprosessor som avlaster CPU'en for prosessering av videopakker. På mobiltelefonen vil også andre prosesser kreve CPU-kapasitet da disse kjøres i bakgrunn. Dette er et grovt estimat, men kan tyde på at mobiltelefonen vil jobbe mot maks CPU-ytelse når det streames lyd og video.

I dette tilfelle kan det oppstå noe mer pakketap på mobiltelefonen enn på PC'en. Dette er på grunn av at CPU'en på mobiltelefonen kan ha problemer med å prosessere pakkene i tide slik at bufferet mettes/overfylles. En annen grunn til pakketap i dette tilfelle er at CPU'en forsinker prosesseringen av pakkene slik at avspillingsfristen ikke overholdes. Denne problematikken er nevnt i kapittel 2.1.3.

Grafikk

Som tidligere nevnt i oppgaven, vil grafikkprosessering også påvirke kvaliteten ved videostreaming. HP Omnibook 6100 har et grafikkort av typen ATI Radeon Mobility M med 16 MB RAM. Antakeligvis er ikke støtten for grafikk på en mobiltelefon tilsvarende. For det første har ikke Nokia 6680 eget grafikkort. En av grunnene til dette er begrensningen i RAM. Nokia 6680 har kun 10 MB RAM til rådighet totalt. Det er ukjent hva slags støtte Nokia 6680 har for grafikk. Dette kan være utslagsgivende på forskjellen mellom kvalitetsopplevelsen mellom PC'en og mobiltelefonen.

Bufferkapasitet

Mobiltelefonen har 10 MB RAM til rådighet. Hvor stort bufferet er på Nokia 6680 er hemmelighetsstemplet på grunn av stor konkurranse i markedet, og dermed vanskelig å vite. Bufferstørrelsen må derimot kompensere for forsinkelse hos CPU'en i forhold til at gjennomstrømningen av data i en periode er for rask. Hvor store pakkene må være for å unngå metning, avhenger blant annet av hvor raskt pakkene kan prosesseres. Prosesseringen innebærer å dekode pakkene og presenteres dataene til skjermen.

Når det gjelder initiell bufring av pakker, både lyd og video, kommenterte 61 prosent av brukerne i Studie 2 en treg oppstart på mobiltelefonen. Den trege oppstarten har med bufringstiden å gjøre. Denne perioden er på 6 sekunder. I og med at 61 prosent av brukerne i Studie 2 kommenterte dette, kan det tyde på at 6 sekunder er for lenge å vente i en initiell bufringsperiode. Dette er i strid med Huang et al. (Huang, Horn et al. 2002) der de antydte en initiell bufringsperiode på åtte sekunder var akseptabelt for en videosekvens under et minutt.

Bufring var også et problem i Studie 2 dersom nettverkshastigheten ble redusert. Dette skyldes at mobiltelefonen kun hadde GPRS-dekning. Dette kunne man se på mobilskjermen ved at symbolet som angir 3G-dekning ble endret til GPRS-symbolet. Denne overgangen taklet ikke mobiltelefonen, og bildene ble mindre skarpe og hang seg opp. Overgangen fra UMTS til GPRS var kun et problem dersom batteriet hadde lite strøm. En logisk forklaring på denne overgangen er at signalstyrken er svakere på mobiltelefonen ved lav batterikapasitet. Dermed vil den ikke kunne søke etter

basestasjoner som ligger utenfor signalstyrkens radius. I de tilfellene overgangen inntraff, var kun basestasjoner i GSM-nettverket innenfor signalstyrkens radius. Grunnen til at mobiltelefonen ikke klarte å søke opp UMTS-basestasjoner, skyldes at GSM-nettet er bedre utbygd.

Batterikapasitet

I tillegg til problemer med å overholde tidsfrister ved buffering, var batterikapasiteten et problem på mobiltelefonen under testing. Grunnen til dette var hovedsakelig at mobiltelefonen ble brukt som et modem, i tillegg til at den streamet videoklipp, hvor kraftig utnyttelse av CPU'en og prosessering av grafikk, er med på å redusere batterilevetiden. Dette påvirket ikke kvalitetsoppfattelsen i det man streamet videoklippet, men var et problem i de tilfellene der batteriet ble tappet for strøm og måtte lades opp for å streame flere videoklipp. Unntaket var, som diskutert i avsnittet om bufferkapasitet, de tilfellene hvor batteriet reduserte signalstyrken.

For å teste batteriets levetid dette ble det streamet video fra TV2 i en periode på 30 minutter med en fulladet mobiltelefon. Det viste seg, i følge batterianvisningen på mobiltelefonen, at batteriet var tappet for 40 prosent av total kapasitet. I følge testpersonene i Studie 2, ble det ikke foretrukket videosekvenser på mer enn et par minutter. Som tidligere nevnt mente brukerne at det var slitsomt å følge med på en liten skjerm over en lengre periode. Batteriet er derfor ikke en begrensning i denne oppgaven hvor hvert videoklipp varer i 34 sekunder.

Batteriet som en begrenset ressurs må også ses i forhold til annen bruk av mobiltelefonen. Nokia 6680 har, i følge Figur 4.4, en standby tid på 6-11 dager og en taletid på maks 4 timer. Ut fra målingene i denne oppgaven vil man kunne streame video i omtrent 1 time og 15 minutter før batteriet går tomt for strøm. Streamer man eksempelvis 15 minutter hver dag i 3 dager, vil taletiden reduseres med omtrent 2 timer og 30 minutter. Da har man bare 1 time og 30 minutter igjen til tale før batteriet må lades. Bergningene tar dermed ikke med andre batterikonsumerende faktorer som skjerm, SMS-meldinger og lignende.

Oppsummering av systemlaget

Analysen av systemlaget viste at det var en forskjell på 10 prosent i kvalitetsoppfattelse mellom PC'en og mobiltelefonen. PC'en var foretrukket fremfor mobiltelefonen. Det er vanskelig å vite nøyaktig hvorfor PC'en kom best ut, men det kan ha å gjøre med at brukerne så det som mer naturlig å se videoklipp på en PC. Det kan også ha noe å gjøre med at ressursene på PC'en er bedre enn ressursene på mobiltelefonene.

6.4.4 Nettverkslaget

Med tanke på tjenestekvalitet på nettverkslaget legges det i denne oppgaven mest vekt på hvordan videoklippet er komprimert med tanke på overføringshastighet (Kbit/s). Grunnlaget for dette arbeidet er hovedsakelig den delen av Studie 2 der testpersonene vurderte videoklippene som akseptable og uakseptable. Denne vurderingen ble sett opp imot hvilken overføringshastighet videoklippet var tilpasset. Sentralt i denne delen var også å vurdere hvordan kombinasjonen mellom rammeraten og overføringshastigheten påvirket testpersonenes kvalitetsoppfatning av videoklippet.

Innledningsvis i denne delen vil kvalitetsoppfattelsen til brukerne ses ut fra målingene som er gjort av videostreamen på nettverket.

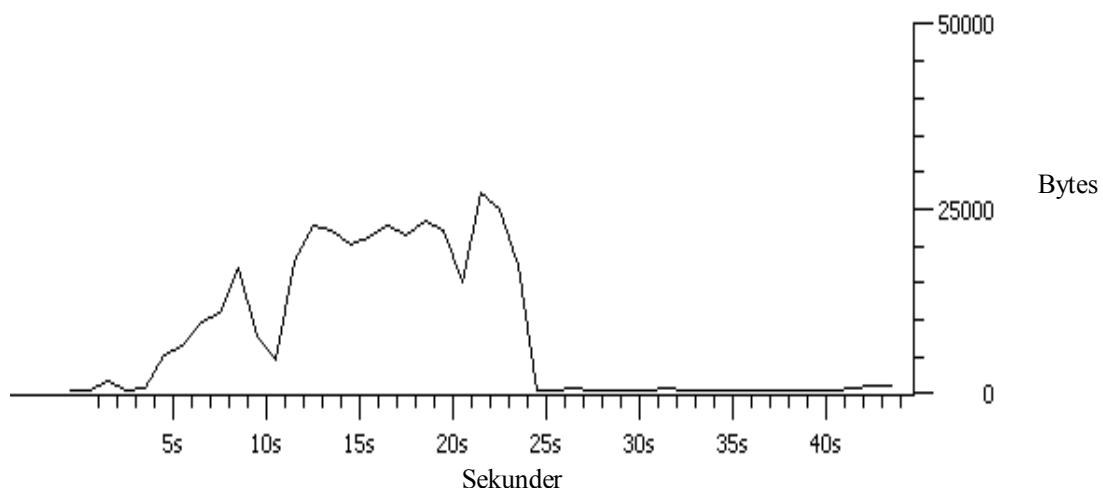
Målinger av pakketap

I Studie 2 ble pakketap og gjennomstrømning av pakker målt for å se om dette hadde innvirkning på testpersonenes opplevde kvalitet. I og med at RTP- og UDP-protokollen ble brukt over UMTS, tilsa det at det kunne forekomme pakketap. Dette begrunnes i at UDP ikke sender tapte eller ødelagte pakker om igjen og at det, i følge teorien (Heikki Kaaranen 2005), forekommer mer pakketap i den mobile delen av UMTS enn ellers i trådbundene nettverk. Målingene som ble foretatt viste imidlertid at det ikke forekom vesentlig tap av pakker. Maks prosentandel var rundt 4 prosent, men som regel ble det registrert kun 0,5 prosent tap av pakker. I snitt ble det mottatt 356 RTP-pakker for video i de ulike videosekvensene. Et "worse-case" scenario ville da tilsvart 14 tapte pakker. I de tilfellene der det forekom over 2 prosent tap av pakker var de spredt over hele videosekvensen. Det er derfor lite sannsynlig at testpersonenes kvalitetsoppfattelse ble spesielt påvirket. I Studie 2 ble det heller ikke funnet noen sammenheng mellom de periodene pakketap forekom og de periodene testpersonene vurderte videoklippet til å være uakseptabelt.

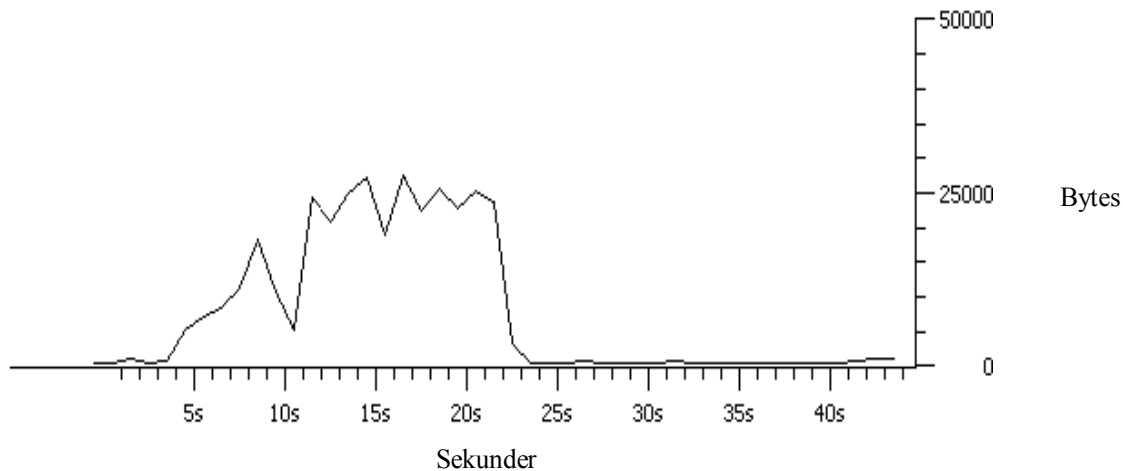
Funnene som ble gjort på bakgrunn av målingene av pakker kan begrunnes i at for få pakker ble tapt eller kastet for å kunne prege kvaliteten på videoklippet. Pakketap ved videostreaming over mobile nettverk blir i litteraturen, (Z.Ahmad 2003), (Winkler 2003) og (Hao-Song Kong 2002), vurdert som et vesentlig kvalitetsparameter. Målinger foretatt i denne undersøkelsen kan tilsi at problematikken knyttet til pakketap er noe overdrevet. Studier som går dypere inn i den antatte pakkeproblematikken er nødvendig for å slå fast dette.

Målinger av gjennomstrømning

Den andre delen av nettverksmålingene gikk på hvordan svingninger innenfor gjennomstrømningen av pakker påvirket kvalitetsoppfattelsen til testpersonene. Figur 6.11 og 6.12 viser gjennomstrømningene i to videosekvenser.



Figur 6.11: Fra Studie 2 - Eksempel 1 - Gjennomstrømning i videosekvens med avbrudd i avspillingen.



Figur 6.12: Fra Studie 2 - Eksempel 2 - Gjennomstrømning i videosekvens med avbrudd i avspillingen.

I noen tilfeller der testpersonene ble presentert for videoklipp, opplevde de at avspillingen av videoklippet ble avbrutt. Kvalitetsoppfattelsen ble i disse tilfellene påvirket i negativ grad. Brukerne vurderte samtlige av disse avbruddsperiodene som uakseptable. Ved sammenlikning av avbruddsperiodene og tydelige nedgangsperioder i båndbredde ble det funnet åpenbare sammenhenger. Figur 6.11 og 6.12 viser to tilfeller der testpersonene opplevde et avbrudd i videopresentasjonen etter omtrent 10 sekunder. De periodene som er preget av avbrudd i videosekvensen, skiller seg tydelig fra resten av gjennomstrømningsperioden. Kvalitetsoppfattelsen til testpersonene ble tydelig preget når gjennomstrømningen av pakker ble så lav at det ble avbrudd i avspillingen av videoklippet. Dette ble målt ved å sammenlikne brukeroppfattelsen ved avbrudd i videosekvensen med nettverksmålingene.

Det ble imidlertid ikke observert andre tydelige sammenhenger mellom kvalitetsoppfattelsen til testpersonene og gjennomstrømninger på nettverket. Det kan tyde på at Studie 2 ikke opplevde tydelige nok svingninger eller at testpersonene ikke var så sensitive på svingninger som antatt i utgangspunktet.

Overføringshastighet

Vurderingen med hensyn til hvilken overføringshastighet man skal kode videoklippet med, er en sentral overveielse med tanke på ressursbruk og kvalitet på videoklippet. Koder man med en hastighet 45 Kbit/s vil eksempelvis videoklippet kunne overføres over en vesentlig lavere båndbredde enn dersom man koder med 90 Kbit/s. Ettersom videoklippet på 45 Kbit/s inneholder mindre informasjon enn videoklippet som er tilpasset 90 Kbit/s, tar dette også mindre lagringsplass. På en annen side ville videoklippet som er tilpasset 90 Kbit/s, med stor sannsynlighet, være av betydelig bedre kvalitet. Hvordan man tilpasser videoklippet med tanke på overføringshastighet må derfor vurderes ut fra hvor mye plass som er ledig på serveren og hvor mye tilgjengelig båndbredde tjenestetilbyderen har. Kanskje det viktigste av alt, med hensyn til begrensningene i mobile nettverk, er hvor mye båndbredde mottageren har tilgang til og hvor mye mottageren krever av kvaliteten på videoklippet.

I Studie 2 ble fire forskjellige tilpasninger av overføringshastighet testet. Dette var 45, 60, 75 og 90 Kbit/s. Overføringshastigheten ble testet med tre forskjellige rammerater, men i denne delen av kapittelet tas ikke rammerate med i kvalitetsbedømmelsen. Vurderingen av kombinasjonen mellom rammerate og overføringshastighet blir diskutert mer inngående mot slutten av kapittelet.

Figur 6.13 viser utsnitt av videoklippet som ble brukt i Studie 2, med fire forskjellige hastighetstilpasninger. Alle videoklippene er kodet med en rammerate på 10 rammer i sekundet. Sammenliknes stillbildet visuelt, er det klare kvalitetsforskjeller i bildet. Spesielt er det forskjell på tydeligheten av reklameskiltene i bakgrunnen og "Helix Trial" logoen øverst i venstre hjørne. VG-skiltet i bakgrunnen viser kanskje tydeligst kvalitetsutviklingen.

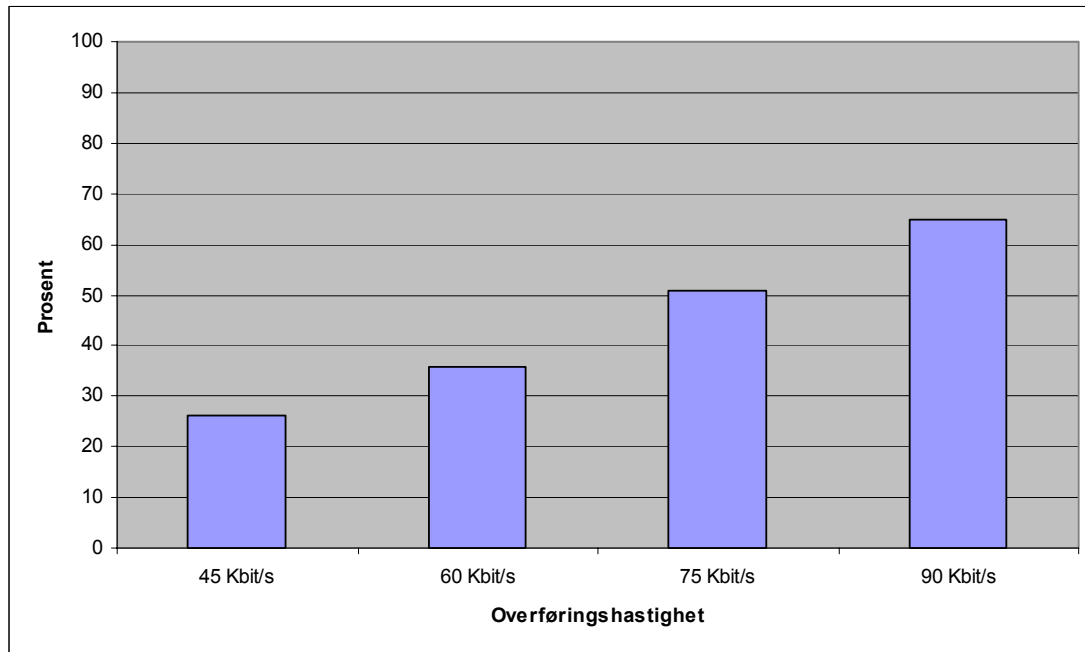


Figur 6.13: Fra Studie 2 - Sammenlikning av bildekvalitet ved ulike hastigheter. Henholdsvis 45, 60, 75 og 90 Kbit/s.

Brukerundersøkelsen som ble foretatt i Studie 2, avdekket også tydelige kvalitetsforskjeller mellom de ulike hastighetstilpasningene. Tabell 6.3 gir en oversikt over kvalitetsforskjellene og størrelsen på de ulike videoklippene. Dette illustrerer at dersom man tilpasser videoklippet med høyere hastigheter, øker også størrelsen på videoklippet.

Tilpasset overføringshastighet	45 Kbit/s	60 Kbit/s	75 Kbit/s	90 Kbit/s
Størrelse på klippet (rammerate 10)	254 KB	313 KB	379 KB	442 KB
Akseptabel kvalitet i prosent	26 %	36 %	51 %	65 %

Tabell 6.3: Fra Studie 2 - Sammenlikning av videoklipp som er tilpasset ulike overføringshastigheter.



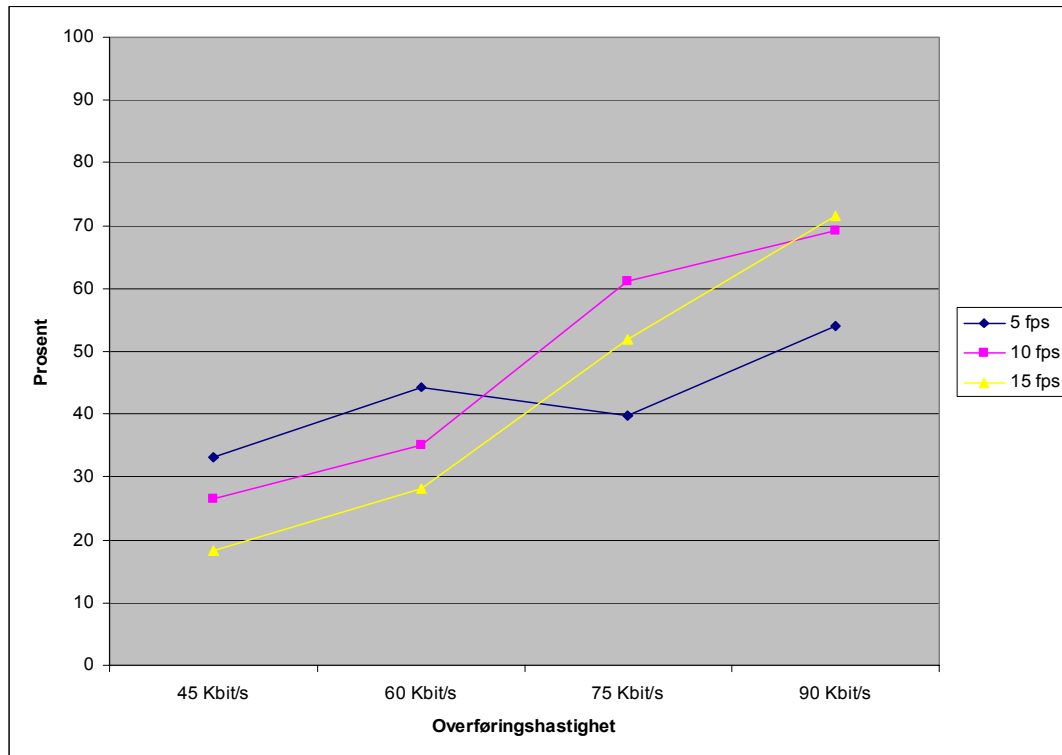
Figur 6.14: Fra Studie 2 - Akseptabel kvalitet på videoklipp som er tilpasset ulike overføringshastigheter.

Figur 6.14 viser at overføringshastigheten har vesentlig betydning for kvalitetsoppfattelsen ved presentasjon av videoklipp på mobiltelefonen. Akseptansenivået doblet seg fra 45 Kbit/s til 75 Kbit/s mens det ble 2,5 ganger bedre fra 45 Kbit/s til 90 Kbit/s. Selv om økningen var nokså jevn mellom de ulike overføringshastighetene, er det verdt å legge merke til at kvalitetsskillet mellom 60 og 75 Kbit/s er tydeligst med 15 prosent differanse. Dette funnet viser klare avvik fra undersøkelsene som ble utført i (Winkler 2003). Her kom forfatterne frem til at den oppfattede kvalitetsdegraderingen øker med overføringshastigheten når man ser på små skjermer. Det vil si at kvalitetsdifferansen mellom 45 Kbit/s og 60 Kbit/s skulle vært større enn kvalitetsdifferansen mellom 60 Kbit/s og 75 Kbit/s, noe som ikke er tilfellet i Studie 2.

Funnene i (Winkler 2003) er imidlertid basert på blant annet PSNR-utregninger, noe som også vurderes i (Winkler 2003) som en lite nøyaktig metode for å si noe om den visuelle kvaliteten. Dette støttes i denne oppgaven i og med at kvalitetsoppfattelsen til testpersonene i Studie 2 økte mer fra 60 til 75 Kbit/s enn fra 45 til 60 Kbit/s. Ettersom Studie 2 er basert på subjektive tilbakemeldinger og det, i dette tilfellet, er såpass jevnt mellom hastighetsdifferansene, er det vanskelig å si noe om når kvaliteten på videoklippet øker mest. Ut fra Figur 6.15 kan man imidlertid si at kvalitetsoppfattelsen øker jevnt med antall Kbit/s.

Kombinasjonen rammerate og overføringshastighet

Det mest omfattende delen av undersøkelsen i Studie 2 var hvordan kombinasjonen mellom endringer i rammerate og overføringshastighet påvirket kvalitetsoppfattelsen til testdeltakerne.



Figur 6.15: Fra Studie 2 - Akseptabel videokvalitet på mobiltelefonen i prosent.

Grafene på Figur 6.15 viser forholdet mellom rammerate og tilpasset overføringshastighet i sammenheng med hvordan testpersonene vurderte videoklippet på mobiltelefonen. Prosentaksen (y-aksen) angir prosentandelen for summen av aksepterte sekunder for alle testdeltakerne på hvert videoklipp.

Grafen som representerer rammerate 5, er den som gir minst utslag når det gjelder økning av overføringshastighet. Differansen mellom topp og bunnotering er kun 21 prosent. Ulikt de andre grafene, forekommer det her også en negativ utvikling mellom 60 og 75 Kbit/s. Hvordan grafen utvikler seg ved de ulike overføringshastighetene, eller kanskje mangelen på denne utviklingen, kan forklares i at testpersonene hadde problemer med å se kvalitetsendringer mellom overføringshastighetene når rammeraten var såpass lav som 5 rammer i sekundet.

I Studie 2 kommenterte 69 prosent av testpersonene at videoklippene som var kodet med rammerate 5, ga ujevne videostreamer. Det var her ingen tydelig sammenheng mellom kommentarene og endring av bitrate. Det vil si at så godt som like mange kommenterte at videoklippet var hakkete ved 45 Kbit/s som ved 90 Kbit/s. Grafen som representerer rammerate 5 i Figur 6.15 viser at 5 rammer i sekundet ikke når opp som godt akseptert, og det uansett bitrate. Det kan tilsi at videoklipp som er kodet med rammerate 5 er for lavt når man skal se på travl løp på en mobilskjerm.

Som illustrert på Figur 6.15, er testpersonene kun 6 prosent mer fornøyd med bitrate på 75 Kbit/s enn 45 Kbit/s ved rammerate 5. Dersom det vurderes dit hen at testpersonene hadde problemer med å se kvalitetsendringer ved rammerate 5, betyr det at båndbredderessursene kan spares dersom videoklippet trengs å komprimeres med denne rammeraten.

Grafen som representerer akseptabel prosentandel for rammerate 10, skiller seg tydelig fra grafen som representerer rammerate 5. Mens det mellom 60 og 75 Kbit/s var en negativ utvikling på rundt 5 prosent ved rammerate 5, var det prosentmessig størst økning mellom disse videoklippene ved rammerate 10. Videoklipper som var tilpasset 75 Kbit/s doblet nesten akseptanseprosenten i forhold til videoklipper som var tilpasset 60 Kbit/s. Økningene mellom de andre hastighetene (45 – 60 Kbit/s og 75 – 90 Kbit/s) var begge under 10 prosent og ikke fremtredende.

Utviklingen av grafen som representerer en rammerate på 15, minner mye om utviklingen til grafen som representerer rammerate 10. Her er også forskjellen på akseptansenivået mellom 60 og 75 Kbit/s størst, og grafene har nærmest parallell utvikling fra 45 til 75 Kbit/s. Ulikt grafen som tilsvarende rammerate 10, øker akseptanseprosenten betydelig mellom 75 og 90 Kbit/s ved rammerate 15, hele 20 prosent. Det betyr at testpersonene opplevde klare kvalitetsforskjeller mellom videoklipper som var tilpasset 75 Kbit/s og videoklipper som var tilpasset 90 Kbit/s ved rammerate 15.

Kvalitetsutviklingen de ulike grafene har med tanke på økning i bitrater, kan vurderes dit hen at dersom man koder videoklipper med rammerate 5, vil ikke kvaliteten endre seg betydelig. Med rammerate 10 vil det antakeligvis være mest lønnsomt å tilpasse videoklipper til 75 Kbit/s, mens man ved rammerate 15 vil oppleve kvalitetsforskjell helt til 90 Kbit/s. Testpersonene oppfattet også langt lavere kvalitetsforskjeller mellom de fire ulike bitratene ved videoklippene som var komprimert med lav rammerate. Økningen av kvalitetsoppfattelsen blant testpersonene var ved rammerate 5 kun 21 prosent, ved rammerate 10 omtrent 36 prosent, mens den ved rammerate 15 økte hele 53 prosent. Dette forsøket illustrerer at følsomheten med tanke på kvaliteten på videoklipper øker i takt med rammeraten.

Av forsøkene som er utført her er det, som tidligere nevnt, ingen synlige tegn på at kvalitetsdegraderingen øker dersom båndbredden øker. Ut fra grafene på Figur 6.15 har heller ikke rammerate i kombinasjon med bitrate noen effekt på kvalitetsdegraderingen. Funnene gjort her står derfor i kontrast med funnene som ble gjort i (Winkler 2003).

Ikke overraskende var akseptansenivået lavt ved lave bitrater. Alle videoklippene som var tilpasset 45 Kbit/s ble vurdert som uakseptable over 65 prosent av tiden. Heller ikke videoklippene som var tilpasset 60 Kbit/s var akseptable. Det som imidlertid er verdt å merke seg, er at videoklippene som er komprimert med lave rammerater (5 rammer i sekundet) viser seg å være av bedre kvalitet ved lavere bitrater, enn videoklippene som er komprimert med høyere rammerater (10 og 15 rammer i sekundet). Figur 6.15 viser også at et videoklipp med rammerate 5 som tilpasses 45 Kbit/s, holder et jevnt akseptansenivå med et videoklipp som komprimeres med rammerate 10 og 60 Kbit/s. Rammerate på 15 rammer i sekundet kommer dårligst ut ved lave bitrater (45 og 60 Kbit/s). Over 80 prosent av tiden var videoklipper med rammerate 15 og hastighet 45 Kbit/s uakseptable. Grunnen til at høye rammerater i kombinasjon med lave hastigheter kommer dårlig ut i testen kan være at når mange bilder skal presenteres hvert sekund og overføringshastigheten er lav, blir kvaliteten på hvert bilde dårlig. Ved presentasjon av færre bilder i sekundet kan videosekvensen oppleves som hakkete, men kvaliteten i hvert bilde blir bedre. Dette viser at man, ved

lave hastigheter, bør komprimere videoklippet med lave rammerater ved streaming av hesteveddeløp til mobiltelefoner. Dette er, i tillegg til at det øker kvalitetsnivået på videoklippet, også ressurs sparende.

Ved overgangen til høyere bitrater (75 og 90 Kbit/s), er det tydelige endringer på grafene som tilsvarer 10 og 15 rammer i sekundet. Kombinasjonen mellom høye bitrater og høye rammerater (10 og 15 rammer i sekundet) påvirker testpersonene radikalt i positiv retning. Ved tilpasning av videoklippet på 75 Kbit/s og 10 rammer i sekundet, registreres det første videoklippet som har et akseptansenivå på godt over 50 prosent. Ved en tilpasset hastighet på 90 Kbit/s og rammerate på 15 oppnås beste akseptansenivå i undersøkelsen. Dette videoklippet var, i følge testpersonene, av akseptabel kvalitet i 72 prosent av tiden.

Ser man på grafene som illustrerer utviklingen til videoklipp med rammerate 10 og 15, oppfattes en kvalitetsforskjell ved skillet mellom 75 og 90 Kbit/s. Dersom videoklippet også hadde vært tilpasset enda høyere bitrater, ville akseptansenivået på grafen som tilsvarer rammerate 15 antakeligvis differensiert seg positivt i større grad i forhold til grafen som tilsvarer rammerate 10. Dette viser at videoklipp med høyere rammerate oppleves som bedre ved høyere bitrater. Ved at mottageren har tilgang på mye båndbredde, bør man, i følge denne undersøkelsen, komprimere videoklippet med høyere rammerater.

I følge arbeidet som er utført av Song et al. (Song, Won et al. 2002) viste det seg at brukernes kvalitetsoppfattelse var mindre følsomme til endring i rammerate ved lave hastigheter enn ved høye hastigheter. Dette kan man også se tendensen til i Studie 2 i denne oppgaven. Ved lave hastigheter (45 og 60 Kbit/s) viser Figur 6.15 en svak, nærmest parallell stigning av grafene. Dette endrer seg når hastigheten øker. Grunnen til dette kan være at det, ved høyere hastigheter, er lettere å se detaljnivået og dermed blir brukernes kvalitetsoppfattelse mer mottakelig for økning av rammerate.

Studie 2 viste også at testpersonene foretrakk lave rammerater (5 rammer i sekundet) ved lave bitrater (45 og 60 Kbit/s), og høye rammerater (10 og 15 rammer i sekundet) ved høyere bitrater (75 og 90 Kbit/s) ved videostreaming til mobiltelefonen. Arbeidet gjort i (McCarthy, Sasse et al. 2004) støtter opp under dette i forhold til funnene som ble gjort med tanke på at brukerne foretrakk kvalitet i bildet fremfor flere rammer i sekundet dersom bitraten var lav. På en annen side var akseptansenivået i (McCarthy, Sasse et al. 2004) langt høyere ved lave rammerater (6 rammer i sekundet) enn det som ble registrert i Studie 2 (5 rammer i sekundet). Hele 80 prosent godtok lave rammerater i (McCarthy, Sasse et al. 2004), mens rundt 43 prosent vurderte lave rammerater som akseptabelt i Studie 2. Det finnes mange faktorer som kan påvirke akseptansenivået her, men hva innholdet i videoklippet er og kombinasjonen rammerate og bitrate, er kanskje de mest utslagsgivende.

Resultatene i (Song, Won et al. 2002) viste at endring i rammerate ikke var utslagsgivende ved hastigheter under 384 Kbit/s. Resultatene fra arbeidet gjort i denne oppgaven viser at endring i rammerate ikke er veldig betydningsfullt ved bitrater på 45 og 60 Kbit/s, men at det gjør seg utslagsgivende ved bitrater på 75 og 90 Kbit/s.

Oppsummering av nettverkslaget

Denne delen om funn knyttet til nettverkslaget tok for seg målinger av pakketap og gjennomstrømninger i nettverket i sammenheng med hvordan testpersonene opplevde videoklippet. Testpersonenes kvalitetsoppfattelse ble også testet i forbindelse med overføringshastighet og hvordan overføringshastighet og rammerate hadde påvirkning på hverandre. Det tydeligste som fremkommer av Studie 2, med hensyn til kvalitetsparametere på nettverkslaget, er at testpersonene i stor grad påvirkes av kombinasjonen mellom endringer i rammeraten og hvordan videoklippet er tilpasset overføringshastigheten. I tillegg blir kvalitetsoppfatningen til testpersonene preget i negativ grad dersom gjennomstrømningen av pakker på nettverket reduseres kraftig.

6.5 Oppsummering av brukerundersøkelsen

Undersøkelsen ble delt opp i to studier der arbeidet i Studie 1 hadde til hensikt å avdekke kvalitetsoppfattelsen med tanke på zoom- og navigeringsinnstillinger. Resultatet fra Studie 1 ble benyttet videre i Studie 2 som omhandlet kvalitetsoppfattelsen med hensyn til rammerate og overføringshastighet. I tillegg ble det vurdert om kvalitetsoppfattelsen til testpersonen ble påvirket av gjennomstrømning av pakker, pakketap og ressursbegrensningene på mobiltelefonen. I alt 20 personer deltok i Studie 1, mens 18 personer deltok i Studie 2.

Studie 1 avdekket tydelig at testpersonene foretrakk videoklipp som var tilpasset mobiltelefonens skjermstørrelse. Det var også klare tegn på at riktig navigering og zoom i bildet var avgjørende for opplevelsen. Testpersonene foretrakk at videoklippet som både var justert med tanke på å tydeliggjøre hestene, og samtidig beholde oversikten over travløpet. Dette, samt resultater fra intervjurunden i Studie 2, avdekket at testpersonene var sensitive med hensyn til hvordan innholdet i videoklippet ble presentert på mobiltelefonen.

I Studie 2 viste resultatene at ressursene på mobiltelefonen ikke utgjorde en tydelig flaskehals ved videostreaming, og målingene kunne tyde på at ressursene var tilpasset behandling av multimedia. Videre avdekket nettverksmålingene at dersom overføringshastigheten ble vesentlig redusert, forekom det et avbrudd i videosekvensen. Dette førte til en klar negativ utvikling i brukerens kvalitetsopplevelse.

Sammenstillingen mellom rammerate og bitrate avslørte, i Studie 2, at høy rammerate og lav overføringshastighet er en mindre god kombinasjon. Ikke uventet viser resultatene at akseptansenivået øker kraftig når overføringshastigheten og rammeraten stiger. Oppsiktsvekkende er imidlertid resultatenes anbefaling om å komprimere videoklipp med lave rammerate ved lave hastigheter. Interessant er det også at lyden bidrar til at den totale kvalitetsoppfattelsen på videoklippet øker. Kombinasjonen mellom lyd og video blir derfor vurdert som avgjørende for kvalitetsopplevelsen ved videostreaming til mobiltelefoner der detaljnivået er vesentlig.

I dette arbeidet viste det seg at det høyeste akseptansenivået et videoklipp som var tilpasset rammerate 5, var 54 prosent og gjennomsnittet på tvers av overføringshastigheter var 43 prosent. Dette skiller seg tydelig fra funnene gjort i (McCarthy, Sasse et al. 2004) der rammerate på 6 fikk en akseptanseprosent på 80.

Med hensyn til å gi generelle anbefalinger om hvordan sportsklipp med mye bevegelse skal behandles, bør man være forsiktig. Forskjellen i funnene tyder på at veiledning innenfor tilrettelegging av video som streames til mobiltelefoner, bør i større grad baseres på bevegelsesmønstre og innhold i videoklippet.

Med tanke på endringer i rammerate i sammenheng med endringer i overføringshastighet, er det i denne oppgaven funnet tydelige kvalitetsforskjeller selv om overføringshastigheten har vært under 384 Kbit/s. Dette skiller seg fra (Song, Won et al. 2002) som hevder at man ikke er sensitiv på endring av rammerate ved overføringshastigheter under 384 Kbit/s. Påstanden fra Song et al. (Song, Won et al. 2002) vil si at rammerate ikke er signifikant i UMTS-nettet i dag i og med at man i praksis ikke kan oppnå høyere hastigheter. Dette blir ikke bekreftet i denne oppgaven.

Funnene i denne oppgaven viste at akseptansenivået økte mest ved endring av overføringshastigheten fra 60 til 75 Kbit/s. Dette viser at man nødvendigvis ikke er mer sensitiv ved endring av overføringshastigheten når overføringshastighetene er lave, noe Winkler (Winkler 2003) hevder.

7. Konklusjon

I denne oppgaven har det blitt studert hvilke karakteristikkene som har innflytelse på brukerens opplevde kvalitet ved streaming av lyd og video over UMTS-nettverket til en mobiltelefon. Bakgrunnen for arbeidet er tjenestetilbydernes økende interesse for å tilby streamingtjenester med tilfredsstillende kvalitet til sine kunder.

For å kunne gjennomføre studiet av de ulike karakteristikkene som har innflytelse på sluttbrukeren, ble det foretatt valg av et streamingmiljø. Utgangspunktet for valgene i dette miljøet ble gjort med hensyn til standarder og begrensninger som eksisterer i mobile miljøer. Valgene ble utforsket på bakgrunn av litteraturstudier og hva som eksisterer av løsninger på markedet. Valg av protokoller for streamingmiljøet ble delt inn i tre deler der RTSP ble valgt som kontrollprotokoll, RTP ble valgt som streamingprotokoll og UDP ble valgt som transportprotokoll. Videre resulterte valg av mobiltelefon i Nokia 6680/6630 som mobiltelefon og RealPlayer som mediaspiller. Som kodek for å komprimere video ble MPEG-4SP valgt, mens kodek for å komprimere lyd ble AMR-NB foretrukket. Innenfor streamingserver og transkoder ble henholdsvis Darwin Streaming Server og Helix Mobile Producer valgt. I det valgte streamingmiljøet ble det gjennomført labeksperiment for å velge ut et subsett av de karakteristikkene som er interessante for kvalitetsoppfattelsen til sluttbrukerne. Enkelte av disse karakteristikkene ble også spesielt valgt med hensyn til tjenestekvalitetsparametere i et mobilt miljø.

Karakteristikkene som ble valgt ut var knyttet til tilpasninger av innholdet i videoklippet, rammerate og overføringshastighet. På mobiltelefonen ble egenskaper CPU, minne og batterikapasitet utpekt som sentrale karakteristikkene. Pakketap og gjennomstrømning ble målt for å undersøke nettverkets begrensninger. Disse karakteristikkene ble brukt til å utforske en tjeneste hvor videostreaming var aktuelt. I den forbindelse ble det utviklet en tjeneste for mobiltelefon som tok utgangspunkt i en eksisterende tjeneste fra Rikstoto som muliggjør spill på hest med SMS-meldinger. Tjenesten ble videreutviklet ved å tilby videostreaming av hesteveddeløp og et grafisk brukergrensesnitt som skjulte SMS-grensesnittet.

Tjenesten til Rikstoto og eksperimenteringen rundt videosekvensen av hesteveddeløp ledet til en brukerundersøkelse hvor de ulike karakteristikkene ble undersøkt. Dette ble gjort for å kartlegge brukernes kvalitetsoppfattelse med hensyn til karakteristikkene ved det mobile nettverket og mobiltelefonen.

7.1 Resultater

Kapittel 1.4 introduserte problemstillingen for oppgaven. For å konkretisere hva oppgaven skulle legge vekt på, ble problemstillingen delt opp i to delproblemer. På bakgrunn av arbeidet utført i oppgaven, vil disse delproblemene besvares her. Besvarelsen leder frem mot konklusjonen av oppgaven.

7.1.1 Hvor finnes begrensningene i det mobile streamingmiljøet?

Denne delen av oppgaven knyttes først og fremst til kapittel 2 "Teoretisk bakgrunn" for oppgaven og kapittel 4 "Valg av streamingmiljø".

Begrensningene i et mobilt streamingmiljø er tydeligst med tanke på egenskaper ved det mobile nettverket og ressursene på mobiltelefonen. Det mobile nettverket kjennetegnes i denne oppgaven som et overføringsmedium som tilbyr lave overføringshastigheter i forhold til trådbundne nettverk. Denne karakteristikken ved det mobile nettverket gjør at videoklippet må komprimeres kraftig før det kan spilles av på en mobiltelefon. Utrengninger i oppgaven viser at 8 prosent av størrelsen på det originale videoklippet blir overført over det mobile nettverket.

Mobiltelefonen er i denne oppgaven en begrensning med tanke på hvilke komponenter i telefonen som prosesserer og presenterer videoklippet. Prosesseringen preges av CPU-hastighet, minne (buffer) og batterikapasitet. Resultater i oppgaven viser at mobiltelefonen ikke takler å behandle videoklipp som er tilpasset en overføringshastighet på over 90 Kbit/s. Ved streaming av video i 30 minutter reduseres strømmen i batteriet med 40 prosent. Dette er en betydelig andel med tanke på at taletiden da reduseres med 2 timer.

Presentasjonen av videoklippet er preget av skjermstørrelsen og skjermoppløsningen på skjermen. Dette gjør at objektene som presenteres på mobilskjermen blir mindre synlige. Videoklipp med små detaljene er viktig for opplevelsen er derfor ikke egnet for presentasjon på mobilskjermer dersom videoklippet ikke tilpasses.

7.1.2 Hvilke karakteristikk ved det mobile streamingmiljøet har innflytelse på brukerens kvalitetsoppfattelse?

For å vurdere hva ved det mobile streamingmiljøet som har innflytelse på brukerens kvalitetsoppfattelse, vil funn knyttet til de utvalgte karakteristikkene presenteres.

90 prosent av testdeltakerne foretrakk at bildet ble tilpasset mobilskjermen ved streaming av video. Dette viser viktigheten av å ta hensyn til innholdet når man skal tilpasse videoklippet. Videoklipp som er tilpasset til å vises på tv-skjermer inneholder objekter som ikke er synlige når de presenteres på mobilskjermer.

Resultatet var ikke like differensierende ved test av hvilken rammerate som ble foretrukket. Sammenlikningen mellom 5, 10 og 15 rammer i sekundet viste at en rammerate på 10 rammer i sekundet som ble mest akseptert, var 6 prosent bedre enn 15 rammer i sekundet som ble minst akseptert. Å vurdere rammerate uavhengig av overføringshastighet kan i dette tilfellet sies å gi resultater som ikke forteller så mye om hvordan klippet skal behandles.

Hvordan testpersonene oppfattet videoklippet var tydelig preget av lyd kvaliteten. Samtlige testpersoner fant lyd kvaliteten tilfredsstillende og vurderte lydens rolle som sentral for opplevelsen av videoklippet. Grunnen til at lydens rolle blir sett på som så sentral i dette tilfellet kan sees i sammenheng med at kommentatoren har en instruerende funksjon og at sentrale objekter i bildet blir små og nærmest usynlige.

I et mobilt miljø er en av de tydeligste begrensningene, i følge litteraturen, ressursene på mobiltelefonen. Testpersonene i denne undersøkelsen vurderte kvaliteten på PC til å være 10 prosent bedre enn på mobiltelefon. Om grunnen til at PC'en ble foretrukket

framfor mobiltelefonen skyldes begrensninger i ressursene på mobiltelefonen er vanskelig å si. Det som er tydelig av studiene som er foretatt i denne oppgaven er at mobiltelefonens ressurser er tilpasset behandling av multimedia, men at de også kan utgjøre begrensninger ved videostreaming.

Observasjoner under brukerundersøkelsen viste at dersom strømnivået på batteriet var lavt, ble signalstyrken redusert og det forekom problemer med å kommunisere med UMTS-basestasjonene. Mobiltelefonen koblet seg dermed opp til basestasjonene i GSM-nettet i og med at de har bedre dekningsgrad. Dette førte til at overføringshastigheten ble vesentlig redusert, noe som påvirket kvalitetsoppfattelsen til testpersonene.

I forbindelse med at man streamer over et mobilt nettverk til en mobiltelefon får også viktigheten av å unngå for mye pakketap mye oppmerksomhet i litteraturen. Målinger i dette studiet viste at i tillegg til at få pakker ble tapt (gjennomsnitt 1,2 prosent) var også spredningen av de tapte pakkene for stor til å påvirke kvalitetsoppfattelsen til brukerne.

Målingene som ble foretatt av gjennomstrømmingene med sammenlikning til kvalitetsoppfattelsen viste heller ikke at testpersonene ble mye påvirket av nettverksforholdene. En grunn til dette var at nettverket ikke var noen begrensning med tanke på hvilken overføringshastighet klippene var tilpasset til. Derimot ble det oppfattet at kvalitetsoppfattelsen til testpersonene ble sterkt påvirket i tilfeller der den tilgjengelige båndbredden var så lav at det forekom avbrudd i videosekvensen.

I og med at UMTS-nettverket ble introdusert i Norge for litt over et år siden (1. desember 2005) er det sannsynlig at belastningen av nettverket ikke er så stor enda. Dette betyr at det for tiden er mye kapasitet ledig. Dersom belastningen øker vil det kunne prege gjennomstrømmingen og øke tap av pakker.

Ikke uventet preget overføringshastigheten testpersonenes kvalitetsoppfattelse. Selv om utviklingen fra 45 til 90 Kbit/s var omtrent lineær, avdekket undersøkelsen at kvalitetsoppfattelsen økte mer fra 60 til 75 Kbit/s enn 45 til 60 Kbit/s. Dette er ulikt funnet i (Dufaux 2003) som kom fram til at den oppfattede kvalitetsdegraderingen økte med overføringshastigheten videoklippet var tilpasset til.

Sammenlikning av kvalitetsoppfattelsen ved kombinasjon mellom rammerate og overføringshastighet viste at testpersonene foretrakk lave rammerater ved lave overføringshastigheter og høye rammerater ved høye hastigheter. Det kan tyde på at kvaliteten i hvert bilde blir sett på som sentralt for opplevelsen av videoklippet. Ved lave overføringshastigheter kreves færre rammer for å opprettholde en viss kvalitet i hver ramme, mens ved høyere overføringshastigheter vil kvalitetene i hver ramme være bra også ved høye rammerater.

7.1.3 Konkluderende vurdering

De karakteristikkene som viser seg å prege kvalitetsoppfattelsen kan deles inn i negativ og positiv påvirkningskraft ut fra hvordan det berører testpersonene. Det som viser seg å påvirke testpersonene i negativ grad i denne undersøkelsen er lite synlighet av objekter som er sentrale for opplevelsen. Dersom nettverksforholdene gjør at

videosekvensen avbrytes vil også dette ha negativ effekt. I tillegg vil bildesekvenser med dårlig kvalitet mislikes.

Testpersonene ble positivt påvirket av videoklipp som var tilpasset mobilskjermen med tanke på å gjøre sentrale objekter i innholdet mer synlige. Lydens rolle øvet også positiv påvirkning ut fra at den var av god kvalitet og at informasjonen var instruktiv. Testpersonen ble i tillegg positivt påvirket av høyere overføringshastigheter. Spesielt var dette positivt i sammenheng med høye bitrater.

7.2 Videre arbeid

Gjennomføring av brukerundersøkelsen og funnene i denne oppgaven inneholder flere rom for forbedringer. I den forbindelse tar dette avsnittet opp arbeid som ville vært med på å styrke undersøkelsen. Grunnen til at dette ikke ble utført i denne oppgaven var mangel på tid og begrensninger i adgangen til ressurser. I tillegg til arbeid som kan sees på som en forbedring av denne oppgaven, gis det også ideer til nye forskningsprosjekter som kan bygge videre på funnene i denne oppgaven.

7.2.1 Forslag til å videre arbeid

Teste ulike hesteveddeløp

For tydeliggjøre problematikken med lysforhold og det å kunne skille ut hvem som vinner et hesteveddeløp, kunne det vært interessant og målt kvalitetsoppfattelsen på ulike hesteveddeløp hvor forholdene var forverret. Travløpet som ble benyttet i denne oppgaven gikk under gode lysforhold og i tillegg var det tydelig hvilken hest som vant. For å illustrere andre forhold i andre løp, kunne dette vært hvor lysforholdet var mørkere eller hvor de ledende hestene var tettere over målstreken. Disse undersøkelsene kunne bidratt med ny problematikk rundt videostreaming og det å tilrettelegge videosekvenser for slike forhold. Det kunne også vært interessant og testet ut et løp hvor brukeren skulle følge med på flere hester ettersom man i Rikstots Duo-spill tipper på første og andre hest i mål i riktig rekkefølge. I tillegg kunne forskjellige kameravinklinger også testes ut på brukeren for å undersøke hvordan dette påvirker kvalitetsoppfattelsen.

Testet ulike mobiltelefoner med tilgang til forbedringer av ressursene

Det kunne være interessant å gjøre den samme brukerundersøkelsen på flere mobiltelefoner med ulik CPU-hastighet, bedre grafikk og større bufferkapasitet. Dette hadde vært interessant i forhold til å se om dette bidrar til kvalitetsforskjeller og om ressursene på mobiltelefonen er en begrensning i det streamingmiljøet som ble valgt i dette studiet. Det ville også bidratt til informasjon om hvilke mobiltelefoner som har bedre støtte for streaming av multimedia enn andre, og kartlagt kravet til ressursene. Dette kunne også gitt svar på kvalitetsforskjellen på 10 prosent mellom PC og mobiltelefon som ble funnet i dette studiet.

Flere testpersoner til brukerundersøkelsen

I og med at dataene samlet fra brukerne i brukerundersøkelsen i denne oppgaven hadde stor spredning, ville det vært interessant å gjennomføre den på flere personer. Dette gjelder grafene presentert i Figur 6.15 hvor grafene har et standardavvik på over 10 prosent. Dette kunne ført til en bedre analyse hvor dataene var sikrere.

Utviklet et program på Symbian for å analysere nettverket

Det kunne også vært interessant, som diskutert i kapittel 6.3.1, og utviklet et program på mobiltelefonen som målte pakketap, gjennomstrømning og båndbreddevariasjon. Dette ville bidratt med målinger på mobilen istedenfor på PC'en, og dermed ville sammenligningen mellom dataene samlet fra brukeren og nettverket hatt en bedre sammenheng.

7.2.2 Nye prosjekter

Simuleringer i UMTS-nettverket

Etttersom det stadig utvikles nye mobiltelefoner med støtte for UMTS-nettverket vil også trafikken øke. Det kunne derfor vært interessant å simulere forhold i UMTS-nettverket hvor celler mettes. I dette tilfelle vil handover være aktuelt å teste med tanke på at dette medfører pakketap. Andre ting som ville vært interessant å simulering i UMTS er variasjon av gjennomstrømning og pakkestørrelse for å kartlegge hvordan dette påvirker kvalitetsoppfattelsen til sluttbrukerne i mer trafikkerte nettverk.

Utforske pakketap i andre UMTS-nettverk

I denne oppgaven ble videostreamen overført via UMTS-nettverket til Telenor. Funn relatert til pakketap i dette nettverket var relativt lite med et gjennomsnitt på 1,2 prosent. I den forbindelse kunne det vært interessant å teste for eksempel UMTS-nettverket til Netcom for å se om dette nettet er like stabilt som nettverket til Telenor. Dette er viktig for å kartlegge om pakketap er et problem, og om nettverket hos de forskjellige operatørene garanterer QoS.

Eksperimentering med UDP Lite

Bitfeil kan oppstå i UMTS-nettverket dersom signalstyrken er dårlig eller ved interferens. Pakkene vil da mest sannsynlig bli forkastet ved bruk av UDP ettersom den har en sensitiv sjekksum. Et spennende prosjekt kunne vært å eksperimentere med UDP Lite som er mindre sensitiv for bitfeil. Dersom bitfeil forårsaket av interferens simuleres i et labeksperiment kunne det vært mulig å utføre en komparativ studie med UDP og UDP Lite. Det kunne da vært interessant å utforske om det er noen kvalitetsforskjeller for streaming av høy versus lav bevegelse.

Utforske begrensningene i bufferet og CPU'en

Bufringskapasiteten på mobiltelefonen kan være en flaskehals ved videostreaming. For å undersøke dette nærmere kan man benytte en proxy-server som et bufringsopphold i nettverket. Eksperimentering med synkronisering ville vært interessant mellom proxy-serveren og mobiltelefonen. Dette kan benyttes for å utforske hvor mye data bufferet kan bufre og hvor mye data CPU'en kan prosessere av gangen. Dermed kan man finne ut begrensningene på disse ressursene.

Tilrettelegging av videosekvenser

Et funn i denne oppgaven var den positive responsen på tilrettelegging av videoklipp for streaming til en mobiltelefon med begrenset skjermstørrelse. I den forbindelse kunne det vært spennende å tilrettelegge hver ramme til mobilskjermen. Redigere disse med tanke på å fremheve detaljer som er viktig for å forstå konteksten i innholdet. Dette vil også kunne bidra til at innholdet i videoklippet presenteres med

korrekt optisk zoom på mobiltelefonen. I denne forbindelsen ville det også vært av interesse å benytte program for digital bildebehandling der sentrale objekter i bilde ikke var godt nok synlige.

Tjenester med lignende bevegelsesmønstre

Et forslag til et nytt prosjekt kunne vært å utforske lignende innhold som hesteveddeløp, med samme bevegelsesmønstre. Det kunne innebære tilrettelegging og justeringer av tjenestekvalitetsparametere. Innenfor samme bevegelsesmønstre kan man følge mange av de samme retningslinjer som er gjort i dette studiet. Motivasjonen for dette er på bakgrunn av at tjenestetilbyderne enklere kan forholde seg til ulike innhold ved at retningslinjer for like bevegelsesmønstre er utforsket.

Live redigeringsverktøy

Et annet forskningsprosjekt kunne vært å eksperimentere med et ”live” redigeringsverktøy som redigerte ”on the fly” med tanke på lyssettinger, kameravinklinger og zooming der hver og en ramme tilpasses mobiltelefonen. Motivasjonen for dette er med tanke på TV-streaming som er en av trendene i markedet. I dette tilfelle vil også tilrettelegging av video være like viktig som ved streaming på forespørsel. En av utfordring ved direkte streaming opp i mot komprimeringskravet ville vært å overholde kravet til minimum forsinkelse.

Streaming i bevegelse

Brukerundersøkelsen i dette studiet utelukket problematikken med kvalitetsoppfattelse dersom sluttbrukeren er i bevegelse. Med hensyn til å benytte streamingtjenester når man er i bevegelse, eksempelvis sitter på toget, vil det være interessant å teste ut kvalitetsoppfattelsen under slike forhold.

Vedlegg A: Ordliste

Oversettelser fra engelsk til norsk brukt i oppgaven

Engesk	Norsk
Access	Tilgang
Activate	Aktivere
Address	Adresse
Allocate	Allokere
Bandwith	Båndbredde
Basestation	Basestasjon
Biterror	Bitfeil
Bit rate	Bitrate
Broadcast	Kringkasting
Buffer	Buffer
Cache	Hurtigminne
Capacity	Kapasitet
Checksum	Sjekksum
Cell	Celle
Class	Klasse
Client	Klient
Codec	Kodek
Component	Komponent
Consume	Konsumere
Concurrency	Samtidig
Congestion	Opphopning eller metning
Connection	Forbindelse
Corrupt	Korrupt
Coverage	Dekning
Curcuit Switched	Linjesvitsjet
Deadline	Tidsfrist
Dedicate	Dedikere
Degrade	Degradere
Downlink	Nedlink
Dual mode	Dual mode, en modus som innebærer en opp og- nedlink.
Dynamic	Dynamisk
Electromagnetic radiation	Elektromagnetisk stråling
Encoding	Transkoder
Facor	Faktor
Frame	Ramme
Frequece	Frekvens
Infrastructure	Infrastuktur
Instuction based	Instuksjonsbasert
Interface	Grensesnitt
Interference	Interferens
Interrupt	Avbrudd
Jiiter	Forsinkelsesvariasjon
Guaranteed QoS	Garantert tjenestekvalitet eller Garantert

	QoS
Half pixelprecision	Halvering av pikselpresisering
Hardware	Maskinvare
Latency	Forsinkelse
Layer	Lag
Lecture on demand	Undervisning på forespørsel eller Lecture On Demand
Live	Direktesending
Management	Håndtering
Media player	Mediaspiller
Memory	Minne
Mobile	Mobil
Negotiation	Forhandling
On demand	På forespørsel
Operator	Operatør
Original video source	Orginalklippet
Packet loss	Pakketap
Packet Switched	Pakkesvitsjet
Parametre	Parameter
Perception	Oppfattelse
Performance	Ytelse
Physical quality	Fysisk kvalitet
Pixel	Piksel
Playback	Avspilling
Port number	Portnummer
Powerful	Kraftful
Proxy	Proxy(Objekt som handler på vegne av et annet)
Quality	Kvalitet
Quality Of Service (QoS)	Tjenestekvalitet
Radio bearer	Radiobærer
Radio interface	Radiogrensesnitt
Rate	Hastighet
Real-time	Sanntid
Receiver	Mottager
Redundancy	Overflødig
Reduced QoS	Redusert QoS
Reliability	Pålitelig
Resolution	Oppløsning
Resource	Ressurs
Request	Forespørsel
Reuse	Gjenbruke
Section	Sesjon
Sender	Sender
Server	Server
Service provider	Tjenestetilbyder
Sequence number	Sekvensnummer

Sharp	Skarp
Signal	Signal
Simplify	Simplifisere
Smooth	Jevn
Socket	Kommunikasjonstilgangspunkt
Specter	Spektrum
Software	Programvare
Standard	Standard
Streaming	Streaming
Streaming environment	Streamingmiljø
Streaming Infrastucture	Streaming Infrastuktur
Throughtput	Gjennomstømning
Transcoding	Transkoding eller innfangning
Transmission	Transmisjon eller overføring
Unit	Enhet
Up link	Opplink
Video/Audio streams	Video/lyd stømmer
Video Conference	Videokonferanse
Video sequence	Videsekvens eller videoklippet
Worst Case	I verste tilfelle
Wireless	Trådløs
Wired	Trådbunden

Vedlegg B: Akronymer

Forklaring av forkortelser

3GP	Videoformat for streaming
3G2	Videoformat for streaming
3GPP	Third Generation Partnership Project
4G	Fourth Generation
ACK	Acknowledgement
API	Application Programming Interface
APN	Access Point Names
ARM	Advanced Risk Machines
AMR-NB	Adaptive Multi-Rate - Narrow Band
AMR-WB	Adaptive Multi-Rate - Wide Band
BS	Basestasjon
CD	Compact disc
CDMA	Code division Multiple Access
CN	Core Network
CPU	Central Processing Unit
CS	Curcuit Switched
DCT	Discrete Cosine Transform
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DVD	Digital Versatile Disc
DNS	Domain Name Server
EDGE	Enhanced Data rates for GSM Evolution
ELF	Extended log file format
FOMA	Freedom Of Mobile Multimedia Access
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GMSC	Gateway MSC
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile communication
HD DTV	High Definition Digital Television
ITSF	European Tele- communications Institute
IP	Internett Protocol
ITU	International Telecommunication Unit
ISMA 1.0.1	Internet Streaming file format
JPEG	Joint Picture Expert Group
LCD	Liquid Crystal Display
MAC	Medium Access Control
MB	Mega Byte
MMS	Multimedia Messaging Service
MSC	Mobile Switching Center
MPEG	Moving Pictures Expert Group
NAT	Network Address Translation
NMT	Nordic Mobile Telephone
OS	Operating System
OSI	Open System Interconnection
PDCP	Packet Data Convergence Protocol
PDP	Packet Data Protocol

PS	Packet Switched
PSS	Packet Switched Streaming Service
PSTN	Public Switched Telephone Network
QoS	Quality of Service
QSIF	Quarter Common Intermediate Format
QVGA	Quarter Video Graphics Array
RAB	Radio Access Bearer
RAM	Random Access Memory
RFC	Request For Comments
RIM	Research In Motion
RLC	Radio Link Control
RNC	Radio Network Controllers
RRC	Radio Resource Control
RTCP	Real Time Control Protocol
RTP	Real Time Protocol
RTSP	Real Time Streaming Protocol
RTT	Round Trip Time
SGNS	Serving GPRS Support Node
SDMA	Space Division Multiple Access
SDP	Session Discription Protocol
SDU	Signaling data Unit
SIP	Session Initiation Protocol
SMIL	Synchronized Multimedia Intergration Language
SMS	Short Message System
SSS	Sun Streaming Server
TCP	Transmission Control Protocol
TFRC	TCP Friendly Rate Control
TI OMAP	Texas Instruments Open Multimedia Application Platform
UDP	User Datagram Protocol
UE	User Equipment
UI	User Interface
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network
VLR	Visitor Location Register
WCDMA	Wideband Code division Multiple Access
WMV	Videoformat

Vedlegg C: Liste over figurer og tabeller

Figurer:

Figur 2.1: Lagdeling av kvalitetsparametere [Steinmetz s 419]

Figur 2.2: Kvalitetsmodellen

Figur 2.3: Streamingmodellen viser streamingprosessen med oppgavens fokusområde.

Figur 2.4: Dual mode spektrum i UMTS

Figur 2.5: Et geografisk område delt inn i flere celler.

Figur 2.6: Oversikt over Nettverksarkitekturen til UMTS

Figur 2.7: Eksempel på avspillingssekvensen av en videostrøm.

Figur 5.1: Rammeverk for en Avkon View-Switching application.

Figur 5.2: Initiering av Rikstotoapplikasjonen.

Figur 5.3: Avspilling av video.

Figur 5.4: Kommunikasjonsflyt ved spill på Rikstoto med mobiltelefon.

Figur 5.5: Menyvindu.

Figur 5.6: Velkomstvindu.

Figur 5.7: Spillmodus: Valg av spill.

Figur 5.8: Spillmodus: Inntasting av beløp.

Figur 5.9: Spillmodus: Sende SMS-melding.

Figur 5.10: Spillmodus: SMS-meldingen er sendt.

Figur 5.11: Videomodus: Valg av spillkategori.

Figur 5.12: Videomodus: Valg av travløp.

Figur 5.13: Videomodus: Se på video.

Figur 6.1: Illustrasjon av zooming

Figur 6.2: Illustrasjon av zooming med ulik navigering enn Figur 6.1

Figur 6.3: Illustrasjon av videoklippene som benyttes i Studie 1.

Figur 6.4: Demonstrasjon av zooming og navigeringsjusteringer i brukerundersøkelsen.

Figur 6.5: Gjennomstrømning i 7 streamingsekvenser.

Figur 6.6: Fra Studie 2 - Testpersonenes verbale vurdering av videoklippene i Studie 2.

Figur 6.7: Fra Studie 1 - Sammenstilling av foretrukne tilpasninger av videoklipp i Studie 1.

Figur 6.8: Fra Studie 2 - Sammenstilling av akseptansenivået av videoklipp som er tilpasset ulike rammerate.

Figur 6.9: Fra Studie 2 - Sammenligning mellom akseptabel kvalitet på mobiltelefon og PC.

Figur 6.10: Fra Studie 2 - Målt CPU-ytelse ved streaming i prosent ut ifra maks CPU-kapasitet.

Figur 6.11: Fra Studie 2 - Eksempel 1 - Gjennomstrømming i videosekvens med avbrudd i avspillingen.

Figur 6.12: Fra Studie 2 - Eksempel 2 - Gjennomstrømming i videosekvens med avbrudd i avspillingen.

Figur 6.13: Fra Studie 2 - Sammenlikning av bildekvalitet ved ulike hastigheter. Henholdsvis 45, 60, 75 og 90 Kbit/s.

Figur 6.14: Fra Studie 2 - Akseptabel kvalitet på videoklipp som er tilpasset ulike overføringshastigheter.

Figur 6.15: Fra Studie 2 - Akseptabel videokvalitet på mobiltelefonen i prosent.

Tabeller:

Tabell 2.1: Ressurser i Samsungtelefoner.

Tabell 2.2: Ressurser i Nokiatelefoner.

Tabell 2.3: Ressurser i Motorola-telefoner.

Tabell 2.4: Ressurser i Siemenstelefoner.

Tabell 2.5: QoS for ulike typer av trafikk i UMTS.

Tabell 4.1: Oversikt over kravene som ligger til grunn ved valg av kontrollprotokoller.

Tabell 4.2: Oversikt over multimedia streamingprotokoller.

Tabell 4.3: Oversikt over noen av egenskapene til transportprotokoller.

Tabell 4.4: Sammenlikning av mobiltelefoner.

Tabell 4.5: Sammenlikning av mediaspillere på mobiltelefon.

Tabell 4.6: Sammenlikning av kodeker som brukes i Helix Mobile Produser 10 Proffesional.

Tabell 4.7: Kompatibilitet mellom lydkodek og videoformater.

Tabell 4.8: Støttede kodeker på streamingservere.

Tabell 4.9: Sammenlikning av transkodingsverktøy.

Tabell 5.1: Oppsummering av karakteristikker ved hesteveddeløp.

Tabell 5.2: Vurdering av programmeringsspråk.

Tabell 6.1: Pikselverdier på bildene.

Tabell 6.2: Gjennomsnittlig gjennomstrømningshastighet og prosentvis avvik fra gjennomsnittet av alle målingene til sammen (13613 bytes/s).

Tabell 6.3: Fra Studie 2 - Sammenlikning av videoklipp som er tilpasset ulike overføringshastigheter.

Vedlegg D: Uttalelser

Spesielle uttalelser av personer relatert til dette studiet

Navn	Tittel	Sted	Dato	Uttalelse
Lindstad, Arnfinn	Ansatt i Rikstoto	Oslo	August, 2005	<i>"Den beste motivasjonen for bruken av rikstototjenesten er de som liker pengespill".</i>
Marti, Frode	Hesteekspert	Oslo	Mars, 2005	<i>"Draktfarge, nummer på hest og lyd er det viktigste for den visuelle opplevelsen".</i>
Telenoransatt	Forsker & utvikler	Oslo	Mars, 2005	<i>"En mye brukt metode i forskningsmiljøer er å velge ut antall personer til en brukerundersøkelse i forhold til spredningen av dataene"</i>
Testdeltager1	Sykepleier	Oslo	Desember, 2005	<i>"Hestene klumpet seg mindre sammen på det forrige klippet jeg så"</i>
Testdeltaker2	Elektriker	Oslo	Desember, 2005	<i>"Svingen er et problem, hestene klumper seg på en måte sammen og det blir umulig å se hvem som leder"</i>

Vedlegg E: Referanser

3GNewsRoom (2004). "Nokia Series 60 3G smartphones to use Intel technology".

3GPP (2002). "QoS Concept And Architecture (Release 4)." ARIB STD-T63-23.107 V4.4.0.

Ana-Belen Garcia, M. A.-C. e. a. (2002). "Quality of Service Support in the UMTS Terrestrial Radio Access Network."

Annesley, K. C. o. S. (2005). "Transcoding media for bandwidth constrained mobile devices." International journal of network management.

Apple (Sist besøkt 28.01.06). "The QuickTime solution for mobile media." http://images.apple.com/quicktime/pdf/QT_For_Mobile_101104.pdf.

Apple (Sist besøkt 29.01.06). "AAC Audio." <http://www.apple.com/quicktime/technologies/aac/>.

ATI (Sist besøkt 29.01.06). "ATI's Imageon™ Media Processor Delivers an Unmatched Multimedia Experience to the Siemens S75 and SL75 Camera Phones" <http://www.ati.com/buy/promotions/siemens/>.

Beerends, J. G. and F. E. D. Caluwe (1999). "The influence of video quality on perceived audio quality and vice versa." (KPN Research): 8.

CNet (Sist besøkt 28-01.06). "Compare Nokia 6600." <http://hardware.gamespot.com/Nokia-6600-C-2641-x-8-8>.

Communications, M. (2003). "Roundtable conferece on the future aspect of broadcasting in the broadband age."

Cotton, G. (2004). Flerkjerne går mobilt. PC World.

De-Gregorio, S. (2002). Bringing Streaming Video to Wireless Handheld Devices.

Digi (2005). "Nrk leder an på mobil TV." <http://www.digi.no/php/art.php?id=274146>.

Dokuwiki (2005). "Trådløse og mobile nettverk."

Dufaux, S. W. a. F. (2003). Video Quality Evaluation for mobile Applications. EPFL.

E-consultancy (2005). From streaming to revenue flow. E-consultancy.

Ericsson, S. (2002). "Video Playback and Streaming." Sony Ericsson.

Garudadri, H., P. Sagetong, et al. (2004). Video transport over wireless networks. Proceedings of the 12th annual ACM international conference on Multimedia, New York, NY, USA, ACM Press.

Geek.com (2000). "AGP 4x goes mobile".

Glossery, D. T. A. S. (2006). "Definition of Compression."

Halvorsen, A. P. o. T. (2001). "Content Adaption For A Streaming Environment Enabling Universal Multimedia Access." NTNU.

Hands, D. S. (2004). "A basic multimedia quality model." **6**(IEEE): 11.

Hansen, M. (2005). Mobileksposisjon. NRK.

Hao-Song Kong, A. V. e. a. (2002). "A Plattform for Real-Time Adaptive Video Transmissin Over Heterogeneous Networks." Mitsubishi Electric Research Laboratories.

Hardy, E. (2004). Intel Unveils Next-Generation XScale Processors.

Heikki Kaaranen, A. A., Lauri Laitinen et al., Ed. (2005). UMTS Networks: Architecture, Mobility and Services. WILEY.

Huang, L., U. Horn, et al. (2002). Proxy-based TCP-friendly streaming over mobile networks Proceedings of the 5th ACM international workshop on Wireless mobile multimedia Atlanta, Georgia, USA ACM Press: 17-24

Høyer, S. (2004). "Universal Multimedia Access." NTNU.

IBM (Sist besøkt 28.01.06). "Functions of mobile multimedia QoS control " http://www.trl.ibm.com/projects/mmqos/system_e.htm.

IETF (1994). "The IP Network Address Translator (NAT) ".

IETF (1998). "Real Time Streaming Protocol (RTSP)."

Intel (2005). "Hantro Multimedia technology: The Mobile Video Experts."

Intel (2005). Intel® PXA27x Processor Family

IT, T. (2005). "Elekromagnetisk ståling."

Jacco R. Taal, K. L., Arjen van der Schaaf, Hylke W. van Dirk (2001). "Adaptive End-To-End Optimization Of Mobile Video Streaming Using QoS Negotiation."

Japan, M. M. (2005). "explore offering video content." Mobile Media Japan.

Javvin (Sist besøkt 28.01.06) H.263: Video CODEC for Medium Quality Videoconferencing
<http://www.javvin.com/protocolH263.html> Volume, DOI:

Jerz, M. (2005). "Nokia N90 review."

Kalleberg, I. B. (2000). "Integrering av fleksibel signalisering i Da CaPo." Institutt for informatikk.

Kuhne, G. and C. Kuhmunch (1999). Transmitting MPEG-4 video streams over the Internet: problems and solutions. Proceedings of the seventh ACM international conference on Multimedia (Part 2), Orlando, Florida, United States, ACM Press.

Kulander, H. (2004). Konfigurering og evaluering av et "Low budget" videoredigeringsystem for distribuert sanntidsvideo. Institutt for informatikk. Oslo, University i Oslo: 116.

Kyriakidou, A., N. Karelos, et al. (2005). Video-streaming for fast moving users in 3G mobile networks Proceedings of the 4th ACM international workshop on Data engineering for wireless and mobile access Baltimore, MD, USA ACM Press: 65-72

Licensing, V. (Sist besøkt 29.01.06). "MPEG4 AAC Standard."
<http://www.vialicensing.com/products/mpeg4aac/standard.html>

Liu, T. and C. Choudary (2004). Real-time content analysis and adaptive transmission of lecture videos for mobile applications Proceedings of the 12th annual ACM international conference on Multimedia New York, NY, USA ACM Press: 400-403

M P Hollier, A. N. R., D S Hands and R M Voelcker (1999). "Multi-modal perception." BT Technical Journal 17 No 1.

McCarthy, J. D., M. A. Sasse, et al. (2004). Sharp or smooth?: comparing the effects of quantization vs. frame rate for streamed video Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems Vienna, Austria ACM Press: 535-542

Nahrstedt, R. S. K. (1995). "Multimedia: Computing, Communications & Applications."

Newlaunches.com (2005). Samsung changing the way movies on cell phones are perceived

Nokia (2004). "Video And Streaming Content Creation Guide." Nokia.

Nokia, F. (2003). Video and Streaming in Nokia Phones. Nokia: 16.

NRK (Sist besøkt 29.01.06). "Nrk mobile TV."
<http://rdml.no/studio1/client/9/52.html>.

NTNU (Sist besøkt 29.01.06). "Statistikk for samfunnsvitere." www.math.ntnu.no/~salve/st0202-2006v/forelesninger/01_4.pdf

Pai Hsiang Hsiao, H. K. e. a. (2002). "Steaming Video over TCP with Receiver-based Delay Control." IEICE.

Pham, B. and O. Wong (2004). Handheld devices for applications using dynamic multimedia data Proceedings of the 2nd international conference on Computer graphics and interactive techniques in Australasia and Southe East Asia Singapore ACM Press: 123-130

Privatline (Sist besøkt 29.01.06). "The Mobile telephone history." <http://www.privateline.com/PCS/history9.htm>.

Prybutok, X. Z. o. V. R. (2005). "How The Mobile Communication Markets Differ in China, US and Europa." ACM.

R.Voelcker, M. P. H. a. (1997). "Towards a multi-modal Perceptual Model." BT Technical Journal.

Radha, H. (2001). TranScaling: a video coding and multicasting framework for wireless IP multimedia services Proceedings of the 4th ACM international workshop on Wireless mobile multimedia Rome, Italy ACM Press: 12-22

RealNetworks (2004). "Helix Mobile producer and helix mobile producer live."

Rikstoto (2004). "Årsrapport."

Rikstoto (Sist besøkt 28.01.06). "Lyntoto." <http://www.rikstoto.no/>.

RTP (1996). "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications."

SDP (1998). "RFC 2327 SDP: Session Description Protocol."

Segan, S. (2005). The Future of Your Mobile Phone. PC Magazine.

Shojania, H. and B. Li (2001). Experiences with MPEG-4 multimedia streaming Proceedings of the ninth ACM international conference on Multimedia Ottawa, Canada ACM Press: 492-494

Silviu Chiricescu, R. E., Abelardo López-Lagunas (2004). " Streaming Processors for Next Generation Mobile Imaging Applications."

Singh, A., A. Konrad, et al. (2001). Performance evaluation of UDP lite for cellular video. Proceedings of the 11th international workshop on Network and operating systems support for digital audio and video, Port Jefferson, New York, United States, ACM Press.

Song, S., Y. Won, et al. (2002). Empirical study of user perception behavior for mobile streaming Proceedings of the tenth ACM international conference on Multimedia Juan-les-Pins, France ACM Press: 327-330

Stueland, E. (2005). Lager TV-serie på mobilen. Barnevakten.

Sung, T. (2003). "Third generation WCDMA/UMTS Wireless Network." www.mcl.ie.cuhk.edu.hk/internal/2003_seminars/20031110_tony_3G%20WCDMA%20UMTS%20Wireless%20Networks.ppt.

Sørensen, F. (2004). Vil Internett kollapse? PC World. <http://www.pcworld.no/index.cfm?fuseaction=artikkel&id=A84C6454-FA67-8128-7709B0D344C32A92>.

T.V Lakshman, A. O. e. a. (1998). "VBR Video: Tradeoffs and Potetials." IEEE.

teletilsynet, P.-o. (2005). "Årsrapport 2004."

TeliaSonera (2004). "Streaming in Mobile Networks." TeliaSonera: 13.

USFWS (Sist besøkt 28.01.06). "Definisjon av Zooming." <http://www.fws.gov/data/IMADS/glossary.htm>.

Wikipedia (Sist besøkt 28.01.06) Compression. http://en.wikipedia.org/wiki/Wavelet_compression **Volume**, DOI:

Winkler, S. (2003). "Video Quality Evaluation for Mobile Applications."

Won-Sik Cheong, K. K. e. a. (2002). "A new Scanning Method for H.264 Based Fine Granular Scalable Video Coding."

Yeadon, N., N. Davies, et al. (1998). Supporting video in heterogeneous mobile environments Proceedings of the 1998 ACM symposium on Applied Computing Atlanta, Georgia, United States ACM Press: 439-444

Z.Ahmad, S. W., A.H Sadka (2003). "A novel Packetiation Scheme For MPEG-4 Over 3G Wireless System."

Zhang, X. and V. R. Prybutok (2005). "How the mobile communication markets differ in China, the U.S., and Europe " Commun. ACM **48** (3): 111-114