

# Utfordringer til distribuerte systemer: Multimedia

INF 5040 høst 2005

Foreleser: Frank Eliassen

Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UiO

1

## Hva er multimedia?

- ❑ Digital multimedia
  - ❑ Datamaskin-kontrollert integrasjon av tekst, grafikk, still bilder, bevegelige bilder, animasjon, lyd, og etthvert annet medium
  - ❑ Alle datatypene over representeres, lagres, overføres, og prosesseres digitalt.
- ❑ Kontinuerlig vs diskret media
  - ❑ En kontinuerlig media type har en implisitt tidsmessig dimensjon, mens en diskret type har det ikke.

Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UiO

2

## Motivasjon

- ❑ Distribuerte (multimedia) applikasjoner har svært varierende krav til den underliggende implementasjonsplattform
  - ❑ video telefoni
  - ❑ fjernundervisning
  - ❑ medisinske applikasjoner
  - ❑ kommando og kontroll systemer (forsvaret)
- ❑ Dagens konvensjonelle plattformer for distribuerte systemer kommer generelt dårlig ut
  - ❑ Liten mulighet for å kontrollere de tidsmessige og kvalitetsmessige fra multimedia

Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UiO

3

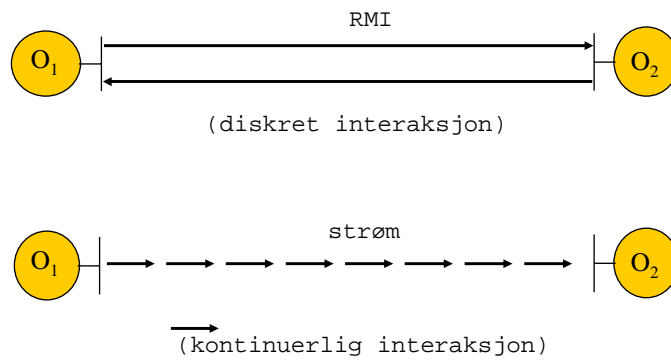
## Nøkkelkrav fra multimedia

- ❑ behov for å representere multimedia i DS
- ❑ behov for en rekke mekanismer for synkronisering i sann tid for å understøtte multimedia applikasjoner
- ❑ må kunne spesifisere og dynamisk endre tjenestekvaliteten (Quality of Service - QoS) til overføring av kontinuerlige media
  - ❑ aktiviteter startes og termineres
  - ❑ balansere kostnader og kvalitet

Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UiO

4

## Støtte for multimedia: Programmeringsmodeller



Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UiO

5

## Støtte for multimedia: Systemstøtte

- Krav
  - Kontinuerlige media krever en forpliktelse til å yte et gitt nivå av tjeneste
    - f.eks. 25 rammer per sekund for video
  - Denne forpliktelsen må vare i hele interaksjonens levetid

Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UiO

6

## Sanntids synkronisering

- Forskjellige former for synkronisering
  - intra media (f.eks. vedlikeholde QoS til en enkel kontinuerlig media strøm)
  - inter media (leppe synkronisering eller film tekster)
- Konsekvenser ved distribusjon
  - må understøtte vilkårlige konfigurasjoner av mediakilder og destinasjoner

Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UiO

7

## Interaktive multimedia applikasjoner

- Video konferanse, distribuert orkesterøvelse, .....
- QoS krav
  - lav latenstid for kommunikasjon
    - round-trip delay < 100ms
  - synkronisering av distribuert tilstand
    - stopp video operasjon bør observeres av alle innen 500 ms
  - mediasynkronisering
    - distribuert orkesterøvelser => synkronisering innenfor 50 ms
    - leppe-synkronisering
  - ekstern synkronisering
    - synkronisere tidsbaserte multimedia strømmer med data i andre format (animeringer, white-boards, delte dokumenter)

Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UiO

8

## En nærmere titt på QoS

- ❑ IDL forteller oss “hva” som kan eller burde gjøres
- ❑ Tjenestekvalitet er det ikke-funksjonelle “hvordan” til det funksjonelle “hva”.
- ❑ Quality of Service (QoS)
  - ❑ En abstrakt spesifisering av de ikke-funksjonelle krav til en tjeneste
- ❑ QoS forvaltning (engelsk: management)
  - ❑ Overvåking og kontroll av et system for å sikre seg at det oppfyller den ønskede QoS

Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UiO

9

## QoS: spørsmål om ressursforvaltning

- ❑ krever at ressurser allokeres og scheduleres til multimedia applikasjoner under sanntidskrav
  - ❑ => QoS forvaltning (management)
  - ❑ behov for QoS forvaltning når ressurser deles mellom flere applikasjoner og noen av disse har sanntidsfrister

Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UiO

10

## QoS-drevet ressursforvaltning

- ❑ Oversetting av applikasjonens høynivå QoS krav til lavnivå ressursforvaltere
- ❑ Ressursforvaltere:
  - ❑ Utfører adgangskontroll og scheduling
  - ❑ schedulerer multimedia presentasjon slik at ressurser er tilgjengelige når det er behov for dem.
- ❑ Ressurser:
  - ❑ Delte: CPU, nett adapter, buffer, komm. båndbredde, disk, ...
  - ❑ Eksklusive: kamera, høyttaler, spesielle maskinvareenheter, ...

Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UiO

11

## Internet

- ❑ **Karakteristika til Internet**
  - ❑ Internet er basert på TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol)
  - ❑ TCP/IP
    - er robust
    - er implementert på de fleste nettverkstyper
    - muliggjør et vidt spekter av applikasjoner (fil- overføring, e-post, distributerte beregninger, etc.)
    - bevarer innhold (retransmisjon)
    - har ført til at UDP foretrekkes for “streaming”

Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UiO

12

## Uheldigvis ...

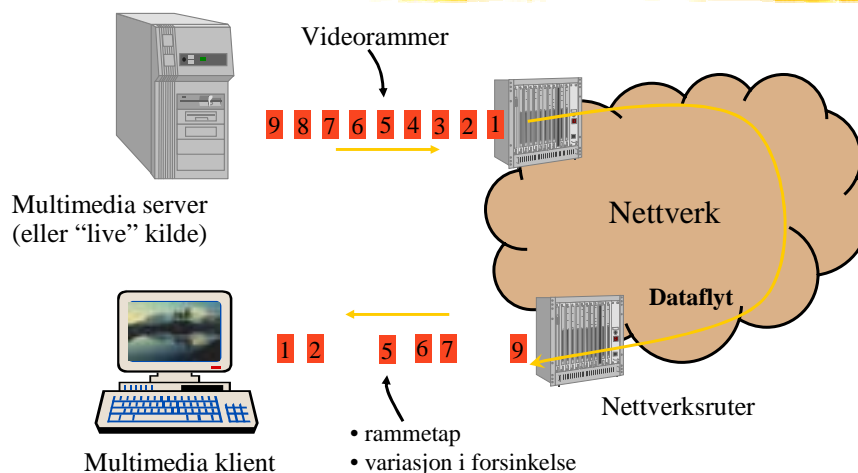
... multimedia og Internet som vi kjenner det, passer ikke godt sammen:

- Internet er basert på prinsippet om “best effort”
  - gir ingen garantier mhp båndbredde og forsinkelse!!
- det gjøres ingen antagelser om den underliggende maskinvare
- Tilfredsstillende av krav til multimedia kommunikasjon avhenger av kunnskap om tilgjengelige ressurser

Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UiO

13

## Kvalitetsforringelse over nettverk

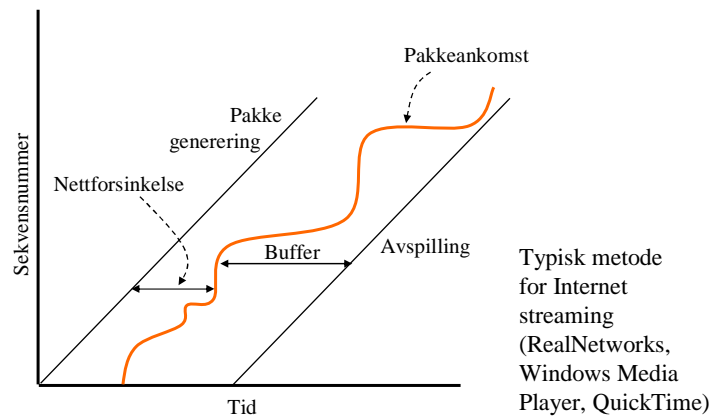


Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UiO

14

## Kompensere for variasjon i forsinkelse

Avspillingsbuffer:



15

## Kompensere for rammetap: Strøm tilpassing (adapting)

- Når QoS ikke kan garanteres
  - => applikasjonen må tilpasse seg endringer i ressurstilgjengelighet
  - for kontinuerlige mediastrømmer: justere presentasjonskvalitet
- Enkleste form for tilpassing
  - kaste deler av dataene
  - video-strøm: kaste rammer
- Utilstrekkelig båndbredde og ingen rammer kastes
  - => vilkårlige data tapes (=> støy i bildet)
  - => økt forsinkelse, ikke akseptabelt for interaktive applikasjoner

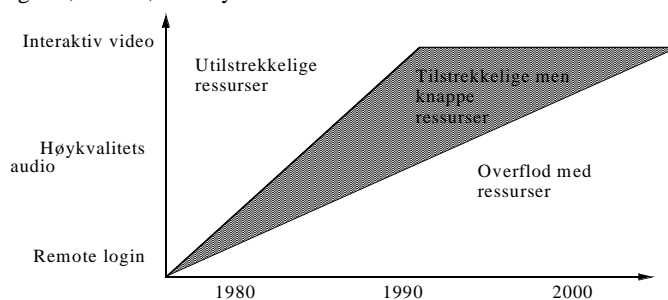
Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UiO

16



## Knapphetsvinduet

- Det vil være tilstrekkelige ressurser for fremtidige multimedia applikasjoner kun hvis ressursene forvaltes på en korrekt måte.
  - fremskritt innen systemytelse brukes til kvalitetsforbedringer (video-oppløsning, videorate, flere videostrømmer samtidig, sanntids "spesialeffekter")
  - "dingser", PDAer, miniaturiserte datamaskiner vil ha små ressurser



Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UiO

17

## Redusere ressursbehov: Komprimering

- Tre grunner for komprimering:
  - multimedia-datas krav til lagerkapasitet
  - relativt langsomme eksterne lagringsenheter
  - overføringskapasitet i nettet
- Regne eksempel:
  - 620 x 560 pixels pr. ramme, 24 bits per pixel => ca. 1 MB per ramme
  - Sanntidsrate: 30 rammer per sek => 30 MB/s (eller 240 Mbit/s)
  - Til sammenligning: CD-ROM: 0.15 - 4.8 MB/s  
RAID: typisk 10 - 100 MB/s  
ISDN: typisk 64 - 128 Kbit/s  
ADSL: typisk 2-4Mbit/s "nedstrøms",  
256-625 Kbit/s "oppstrøms"  
UMTS: opptil 2Mbit/s  
ATM: typisk 19 - 77 MB/s

Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UiO

18

## Løsning: Komprimering

- ❑ komprimer (før lagring/overføring)
- ❑ Dekomprimer (før presentasjon)
- ❑ Typiske komprimeringsforhold for moderne bilde og video komprimering:
  - ❑ JPEG: < 70 : 1 (studio kvalitet: 8 - 10 Mbps)
  - ❑ MPEG-1: < 200 : 1 (VCR kvalitet: 1.5 Mbps)
  - ❑ MPEG-2: < 200 : 1 (studio kvalitet: 4 - 8 Mbps)
  - ❑ MPEG-4: 300:1 - 3500:1 (videokonferanse 5 - 64 Kbps)
  - ❑ H.261 px64: 100:1 - 2000 : 1 (video telefoni ISDN 64Kbits - 2Mbps)
  - ❑ H.263: (video-konferanse < 64 Kbps)
- ❑ Komprimeringsalgoritmer kan være *lossless* eller *lossy* og er typisk *asymmetriske*

Frank Eliassen, Simula  
Forskningssenter & Ifi/UiO

19

## Grunnleggende om multimedia QoS

- ❑ Flyt (flow) (kalles noen ganger en strøm (stream))
  - ❑ QoS er fundamentalt et ende-til-ende spørsmål
  - ❑ En flyt er produksjonen, overføringen, og den endelige konsumering av en eneste kontinuerlig mediatype og som er underlagt et eneste ende-til-ende QoS utsagn

Frank Eliassen, Simula  
Forskningssenter & Ifi/UiO

20

## (Multimedia) QoS modeller

- ❑ Vanligvis uttrykt som et mengde QoS kategorier og dimensjoner
- ❑ QoS dimensjon – et aspekt ved (multimedia) QoS som kan måles ved en flyt
  - ❑ *delay, throughput, ...*
- ❑ QoS kategori: en gruppering av QoS dimensjoner
  - ❑ Representerer en type bruker- eller applikasjonskrav
- ❑ Eksempel (QML)

```
type Performance = contract {  
  delay: decreasing numeric msec;  
  throughput: increasing numeric mb/sec;  
};
```

Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UiO

21

## Multimedia QoS kategorier

QoS kategorier	Eks. QoS-dimensjoner for strøm interaksjon	Eks. QoS-dimensjoner for diskret interaksjon
Betimelighet	Ende-til-ende forsinkelse, tillatt variasjon i forsinkelse	Ende-til-ende forsinkelse på interaksjon
Volum	Opplevd gjennomstrømning som rammer per sekund	Opplevd gjennomstrømning som bytes per sekund
Pålitelighet	% tap av rammer bitfeil rate i hver ramme	bitfeil rate i individuelle interaksjoner

**Variierende "forpliktelsesnivå": "best effort" vs garantert**

Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UiO

22

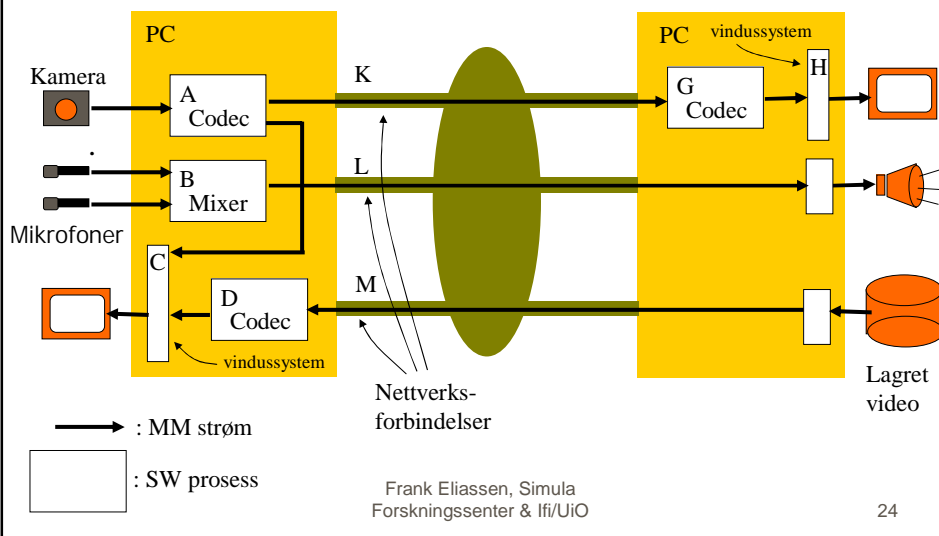
## Tjenestekvalitet og multimedia

QoS	Max forsinkelse (s)	Max jitter (ms)	Gj.snittlig gjennomstrømning (Mbit/s)	Akseptabel bitfeil rate	Akseptabel pakke feil rate
Audio	0.25	10	0.064	$< 10^{-2}$	$< 10^{-1}$
Video (TV kvalitet)	0.25	100	100	$10^{-3}$	$10^{-3}$
Komprimert video	0.25	100	2 - 10	$10^{-9}$ - $10^{-5}$	$10^{-9}$
Data (filoverføring)	1	-	2 - 100	0	0
Sann-tids data	0.001 - 1	-	$< 10$	0	0
Bilde	1	-	2 - 10	$10^{-4}$	$10^{-9}$

Forskningscenter & Ifi/UiO

23

## Eksempel: ressursbehov MM applikasjon



24

## Eksempel (forts): Ressursbehov

Komponent	Båndbredde	Latenstid	Taps- rate	Ressursbehov
Kamera	Ut: 10 rammer sek/rå video 640x480x16bits		Null	
A Codec	Inn: 10 rammer sek/rå video Ut: MPEG-1 strøm	Interaktiv	Lav	10 ms CPU hver 100 ms 10 Mbyte RAM
B Mixer	Inn: 2x44 Kbits/sek audio Ut: 1x44 Kbits/sek audio	Interaktiv	Veldig lav	1 ms CPU hver 100 ms 1 Mbyte RAM
H Vindus- system	Inn: variabelt Ut: 50 rammer/sek framebuf.	Interaktiv	Lav	5 ms CPU hver 20 ms 5 Mbyte RAM
K Nettverk forbind.	Inn/ut: MPEG-1 strøm ca. 1.5 Mbits/sek	Interaktiv	Lav	1.5 Mbits/sek, strøm protokoll m/lav tapsrate
L Nettverk forbind.	Inn/ut: Audio 44Kbits/sek	Interaktiv	Veldig lav	44 Kbits/sek, strøm protokoll m/ veldig lav tapsrate

Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UiO

25

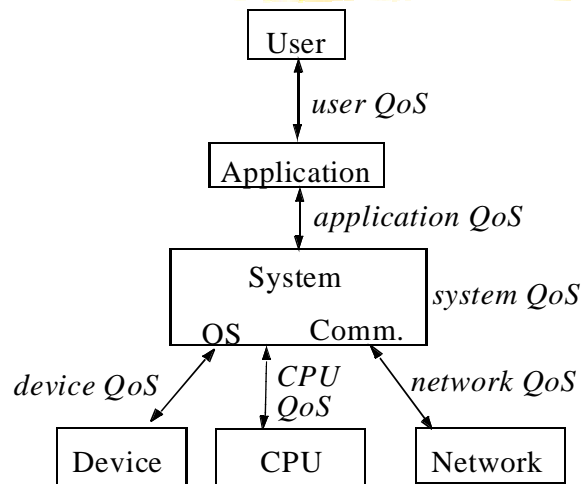
## Oppgaver i QoS forvaltning

- QoS spesifikasjon
- QoS parameter oversetting og distribusjon
- QoS forhandling
  - adgangskontroll/reservering
- QoS monitorering
- QoS reforhandling/ressurs adaptering
- ressurs deallokering

Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UiO

26

## QoS spesifikasjon: Lag/komponent spesifikk QoS-modell



27

## QoS dimensjoner

- ❑ Bruker QoS dimensjoner
  - ❑ subjektive
- ❑ Applikasjons QoS dimensjoner
  - ❑ mediakarakteristika
    - oppløsning, dybde, ramme-rate, ...
  - ❑ transmisjonskarakteristika
    - ende-til-ende forsinkelse, ...
  - ❑ media relasjoner
    - skew, konvertering (PAL ↔ NTSC)

Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UIO

28

## QoS dimensjoner II

- ❑ System QoS dimensjoner (avledes fra applikasjons QoS m.m.)
  - ❑ båndbredde
  - ❑ burstiness (utbruddskarakteristika)
  - ❑ pakkestørrelse
  - ❑ pakkerate
  - ❑ forsinkelse (ende-til-ende, lokal)
  - ❑ jitter (variasjon i forsinkelse)
  - ❑ tapsrate
  - ❑ ordnet pakkelevering
  - ❑ kostnader
  - ❑ ...

Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UiO

29

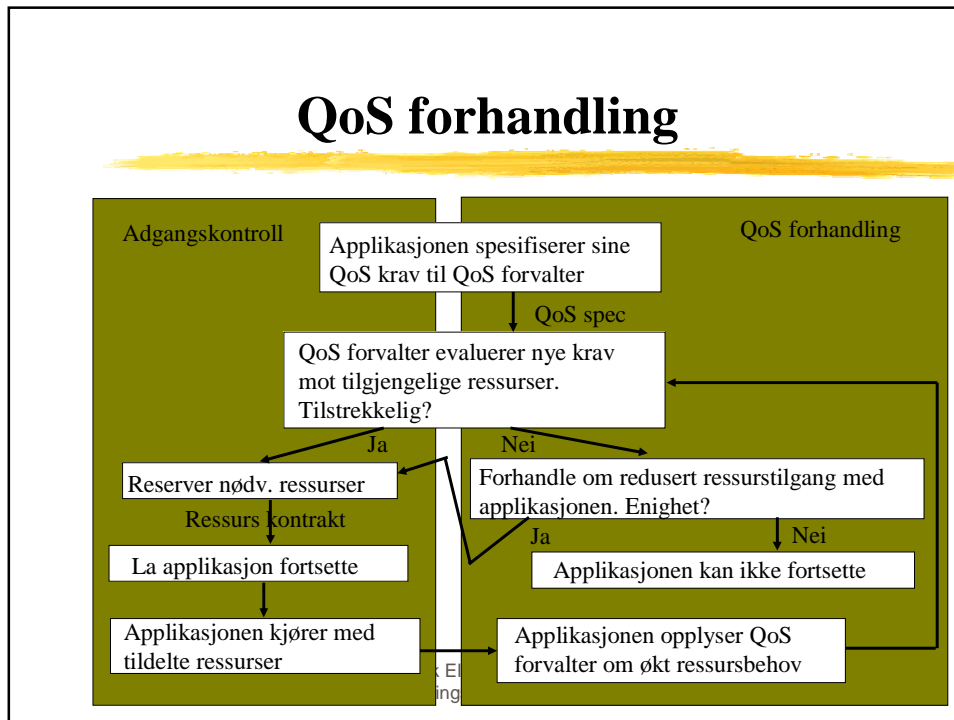
## QoS dimensjoner III

- ❑ Nettverks QoS dimensjoner (avledes fra system QoS m.m.)
  - nettverkslast (gj.snitt/min ankomstidsintervall)
  - pakke/celle størrelse
  - latenstid forbindelsesetablering
  - nettverksforsinkelse
  - ❑ Avhenger generelt av type nettverksteknologi og tjenestemodell (kompliserer QoS forvaltning)
- ❑ Device QoS dimensjoner (avledes fra system QoS m.m.)
  - ❑ tidsmessige krav
  - ❑ krav til gjennomstrømning
- ❑ CPU QoS dimensjoner (avledes fra system QoS m.m.)
  - ❑ periode, deadline, prioritet, prosesseringstid per periode, ...

Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UiO

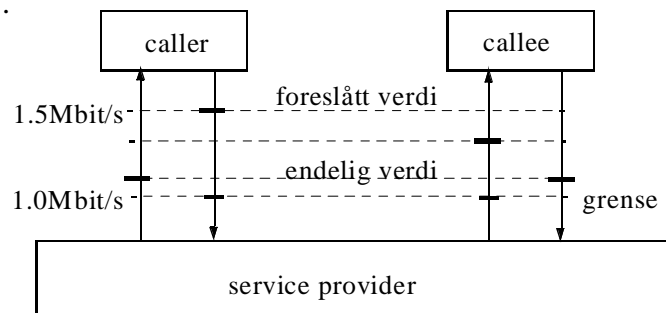
30

## QoS forhandling



## Eksempel QoS forhandling

- For hver parameter, spesifiserer
  - ønsket verdi og “dårligste” akseptable verdi
- Eks.: Båndbredde : { 1.5Mbit/s, 1.0Mbit/s }



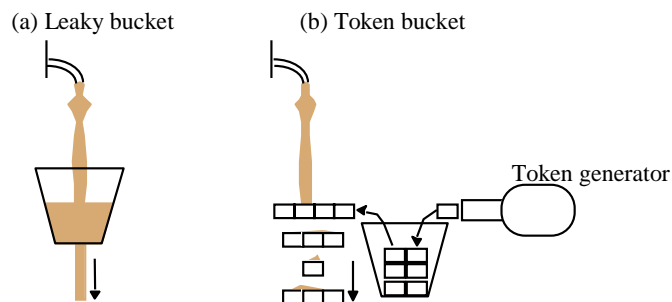
Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UIO

32



## Handtering av “flow burstiness” ved trafikk-forming

- ❑ Regulere graden av variasjon i båndbredde for en strøm (burst: #mediapakker med for tidlig ankomst)
- ❑ Regulering ved utjevningsbuffer på sendersiden



Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UiO

33

## RFC 1363 flow spec

- ❑ Protocol version
  - ❑ Max transmission unit
  - ❑ Token bucket rate
  - ❑ Token bucket size
  - ❑ Max transmission rate
  - ❑ Min delay noticed
  - ❑ Max delay variation
  - ❑ Loss sensitivity
  - ❑ Burst loss sensitivity
  - ❑ Loss intervall
  - ❑ Quality of guarantee
- } Båndbredde inklusive grad av “burstiness”
- } Minimum forsinkelse og maks akseptabel jitter
- } Totalt antall akseptable tap over gitt intervall, pluss maks antall etterfølgende meldingstap

Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UiO

34

## Adgangskontroll

- QoS verdier må avbildes til ressurskrav
- Adgangstest for
  - schedulerbarhet
    - kan CPUen fordeles slik at alle oppgaver får nok?
    - EDF og RM CPU-schedulering vs “round-robin”
  - buffer plass
    - f.eks. for encoding/decoding, utligne “jitter”, ...
  - Båndbredde
    - f.eks. MPEG1 strøm med VCR kvalitet genererer ca. 1.5 Mbps
  - tilgjengelighet/kapabilitet til device
  - ...

Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UiO

35

## Ressursallokering/reservering

- Gjøres i hht til tjenestetype
  - ulike tjenester kan ha forskjellige policies
- Pessimistisk*
  - vurderer værste tilfelle
  - garantert deterministisk tjenestekvalitet
  - underutnyttelse av ressurser
- Optimistisk*
  - vurderer gjennomsnittlige tilfelle
  - statistisk garantert tjenestekvalitet
- ingen reservasjon*
  - “best effort”

Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UiO

36

## Ressursallokering i Internet?

- ❑ IntServ: ny tjenestemodell for Internet
  - ❑ 3 klasser av tjenester, ulik pris
  - ❑ “Best effort service” (som dagens Internet)
  - ❑ “Controlled-load” service
    - nettverket vil virke “lite belastet” hele tiden
  - ❑ “Guaranteed service”
    - gir garantert båndbredde og maks forsinkelse
  - ❑ basert på nye protokoller (RSVP og IPv6)
    - mange åpne spørsmål, inklusive skalerbarhets-spørsmål og betalingsmodeller
- ❑ Alternativ modell: DiffServ
  - ❑ Alle flows/pakker aggregeres i tre ulike QoS klasser

Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UiO

37

## Skalering: når ressurser ikke kan reserveres

- ❑ Tilpasse en strøm til den tilgjengelige båndbredde
  - ❑ enklest for “live” strømmer
    - kan dynamisk velge koding
  - ❑ for lagrede strømmer
    - avhenger av kodingsmetode hvilke former for skalering som er mulig
  - ❑ tilnærming
    - “subsampling” av gitt signal

Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UiO

38

## Video - skalering

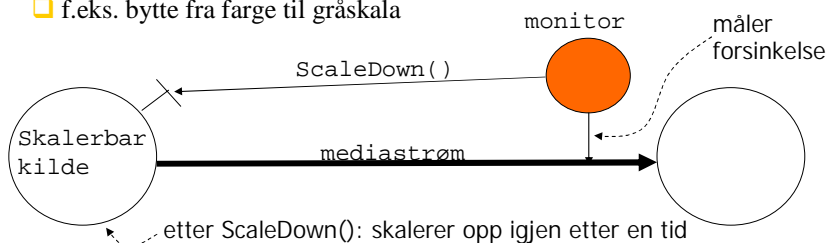
- Temporal skalering
  - redusere rammerate
  - passer best for strømmer basert på intrarammekoding (f.eks. Motion JPEG)
  - passer mindre bra for strømmer basert på interrammekoding (delta-komprimering) (f.eks. H.261, H.263, MPEG-1, MPEG-2)
- Romlig skalering
  - redusere antall pixler i hver ramme i video-strømmen
  - (ofte) basert på hierarkisk koding (f.eks. JPEG og MPEG-2)
- Frekvensskalering
  - modifisere komprimeringsalgoritmen
  - medfører tap av kvalitet (d.e. tap av detaljer)

Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UiO

39

## Video - skalering II

- Amplitydeskalering
  - redusere fargedybde for hvert pixel
  - benyttes i H.261 for å oppnå konstant båndbredde
- Fargeromskalering
  - redusere "oppløsningen" i fargerommet (redusere pixmap)
  - f.eks. bytte fra farge til gråskala

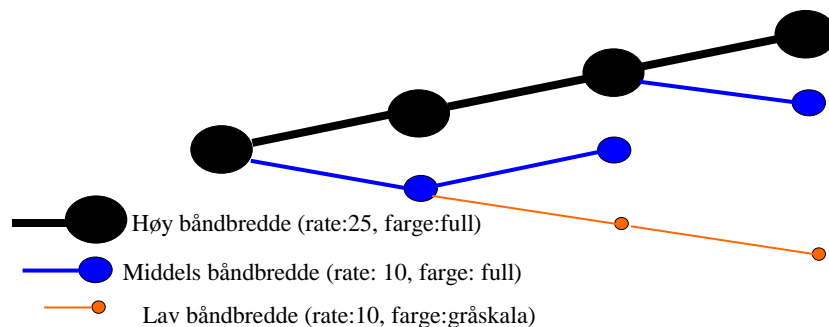


Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UiO

40

## Flermottaker mediadistribusjon med heterogene mottakere

- Krever filtering i nettverket (f.eks. vha. overlay). Eksempel:
  - Multicast-tre med filtrering tilpasset QoS til hver mottaker
  - anvender skalering i hver relevant node i stien fra sender til mottaker



Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UiO

41

## Ressursforvaltning i endesystemer

- Gjøre CPUen tilgjengelige for multimedia applikasjoner når det er behov for den
- Oppfylle tidskrav  $\Rightarrow$  OS må benytte sanntidsscheduling
  - “fair scheduling”  $\Rightarrow$  “best effort”
- Tidskritiske operasjoner i multimedia er ofte *periodiske*
- *Vanlig antagelse*
  - Prosessering av kontinuerlige media data må opptre i nøyaktige forutbestemte, periodiske intervall. Operasjoner på disse data går igjen om og om igjen, og må være avsluttet med visse tidsfrister
- *Problem for scheduling*
  - Finne et mulig gjennomførbart schedul som tillater alle tidskritiske kontinuerlige media oppgaver å oppfylle sine tidsfrister

Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UiO

42

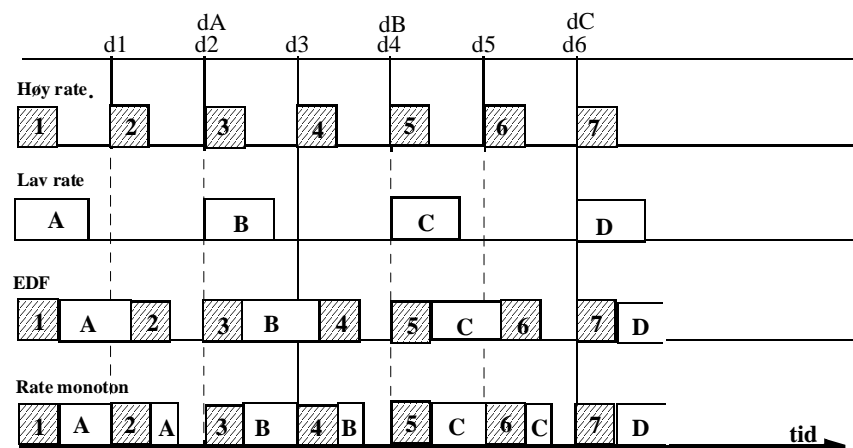
## EDF og RM

- To algoritmer for schedulering av periodiske oppgaver
- *Earliest Deadline First (EDF)*
  - Oppgaven med den først utløpende tidsfristen har høyest prioritet
  - Dynamisk og optimal algoritme;
    - ved ankomst av ny oppgave, beregnes en ny prioritetsordning
  - Mindre god ved overbelastning
- *Rate Monotonic (RM)*
  - Oppgaven med korteste periode har høyest prioritet
  - Optimal for periodiske oppgaver
  - Mindre god ved flere typer belastning
- *Deadline overskridelser*
  - aborterer oppgaven som ikke kan oppfylle sin tidsfrist
  - applikasjonsspesifikk handling ved passe språkmekanismer

Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UiO

43

## EDF vs RM



Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UiO

44

## Schedulerbarhetstesting

En task mengde med  $m$  periodiske, preemptive tasker med prosesseringstid  $e_i$ , og periode  $p_i$  for  $i = 1, \dots, m$ , er schedulerbar:

- med fast prioritetstilordning (som i RM) hvis:

$$\sum(e_i/p_i) \leq \ln 2$$

- for deadline drevet skedulering (som i EDF) hvis:

$$\sum(e_i/p_i) \leq 1$$

(Liu og Layland, 1973)

Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UIO

45

## Krav til operativsystem

- ❑ Må kunne oppfylle krav både fra sanntidsapplikasjoner og “elastiske” applikasjoner
  - ❑ operativssystemet må kunne benytte flere ulike scheduleringsalgoritmer samtidig
- ❑ Eksempel: To-nivå skedulering
  - ❑ Ulike scheduleringsalgoritmer gis en viss andel av CPU-tiden
  - ❑ Hver scheduleringsalgoritme har ansvar for en gruppe av oppgaver
  - ❑ Laveste nivå skedulering bestemmer hvilken scheduleringsalgoritme som får kjøre (i hht dens CPU andel)
- ❑ Mulig i eksperimentelle OS (forskningsprototyper) i dag
  - ❑ Eks: QLinux - standard Linux med QoS støtte
  - ❑ <http://www.c.umass.edu/~lass/software/qlinux>

Frank Eliassen, Simula  
Forskningscenter & Ifi/UIO

46

## Oppsummering

- ❑ Multimedia applikasjoner krever mekanismer som gjør de i stand til å handtere store mengder tidsavhengige data
- ❑ Viktigste mekanisme: QoS forvaltning
- ❑ QoS er et spørsmål om ressursforvaltning
- ❑ Ressursforvaltning innebærer
  - ❑ adgangskontroll
  - ❑ scheduleringsfunksjon

Frank Eliassen, Simula  
Forskningssenter & Ifi/UiO

47