

# Prioritering av nettverkstrafikk

Artikler om beslektede temaer i tidligere utgaver av Mellvik-Rapporten:

- "Båndbredde: Blir det aldri nok?" i nr. 15, revidert i nr. 61
- "Båndbredde på billigsalg – via TV-kabel" i nr. 27
- "Svaret er båndbredde, hva var spørsmålet?" i nr. 80

## Tid, tvil og tro

*'Strutsepolitikk' er et kjent begrep i våre dager – med referanse til strutsens eiendommelige måte å gjemme seg på. 'Å feie noe under teppet' er en annen variant over samme tema: I beste fall midlertidige løsninger på problemer som krever langt grundigere behandling.*

Ikke alle tilfeller er så innlysende at slike betegnelser kvalifiserer. Valget mellom å kjøpe seg fri – eller i det minste kjøpe tid – eller å gi seg i kast med problemet for alvor og løse det en gang for alle, trenger ikke å være opplagt. Tilfellet 'prioritering av nettverkstrafikk' er et glimrende eksempel i så måte: Vi vet – eller er temmelig sikre på – at vi trenger tjenesten, mens det hersker stor usikkerhet med hensyn til hvordan, til hvilken pris og når behovet blir akutt.

Denne tvilen, kombinert med det faktum at båndbredde har rast nedover i pris, har gjort valget enkelt: Vi kaster båndbredde på problemet, øker takhøyden, og flytter utfordringen enda et stykke inn i fremtiden. Vi har skjøvet den foran oss i 10 år og mer til, fordi det har vært mulig og fordi riktige løsninger på utfordringene har manglet eller hatt uakseptabel pris.

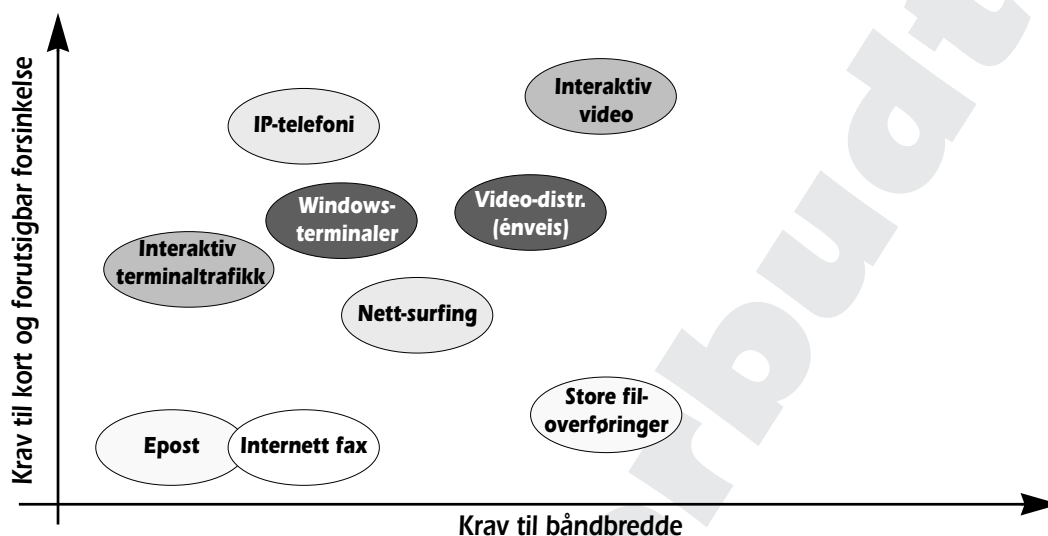
Dagens situasjon kan oppsummeres som følger:

- ✓ Historiske antagelser om hva som er rikelige ressurser, står for fall ("640 KB should be enough for anybody" – Bill Gates 1981).
- ✓ "Nettverksbelastningen øker med kvadratet av antall tilkoblede bokser" – Metcalfes lov.
- ✓ Internett-trafikken dobles (x2) hvert kvartal, mens verdien av trafikken (betydningen for brukerne) kvadreres i samme tidsrom (x4).
- ✓ Anvendelser som forlanger garantert båndbredde og forutsigbar forsinkelse står i kø. Spesielt er IP-telefoni en pådriver.
- ✓ Lokalnettet er ikke lenger lokalt – båndbredden er ikke lenger gratis (1 Gbps på det tradisjonelle lokalnettet koster noen tusenlapper – én gang, 1 Gbps på det utvidede lokalnettet [WAN] koster en halv million eller mer – per måned).

Med andre ord er det innlysende at:

- ✓ Tiden for å kaste båndbredde på problemene er snart ute.
- ✓ Intelligent utnyttelse (prioritering, fordeling) av båndbredde og stringent regulering av forsinkelse er i ferd med å bli en nødvendighet.

Den virkeligheten som nå innhenter oss, kan illustreres som vist på figur 4. Her er det viktig å observere at mens forsinkelse og bånd-



**Figur 4** Ulike applikasjoner og tjenester har helt forskjellige krav til båndbredde og forsinkelse. Begge er like viktige, men mens båndbredde er enkelt å skaffe til veie, er forsinkelse vanskelig å håndtere.

bredde er like kritiske for resultatet, representerer de helt ulike utfordringer! Vi kan ha ledig båndbredde for tusenvis av telefonsamtaler og likevel ha utilstrekkelig kvalitet – fordi forsinkelsen i nettverket er for stor eller for ujevn.

## Hva er QoS?

QoS, *Quality of Service*, slik uttrykket brukes i forbindelse med nettverk, kan enklest oversettes med 'prioriteringsmekanismer i nettverket'. Når vi begynner å grave i dybden, finner vi riktignok en lang rekke tilsynelatende sprikende definisjoner:

- ✓ Spesifikasjoner av ytelse for trafikkflyt gjennom ett eller flere nettverk
- ✓ Mekanismer som skal forbedre forutsigbarheten av nettverkstjenester
- ✓ Målestokk for i hvilken grad et nettverk kan tilfredsstillende de krav brukerne eller applikasjonene stiller
- ✓ Uttrykk for den effektive hastigheten til en gitt IP-basert datastrøm
- ✓ ... og så videre

For en gangs skyld presenterer en standardiseringsorganisasjon en definisjon som er både enkel og lettfattelig:

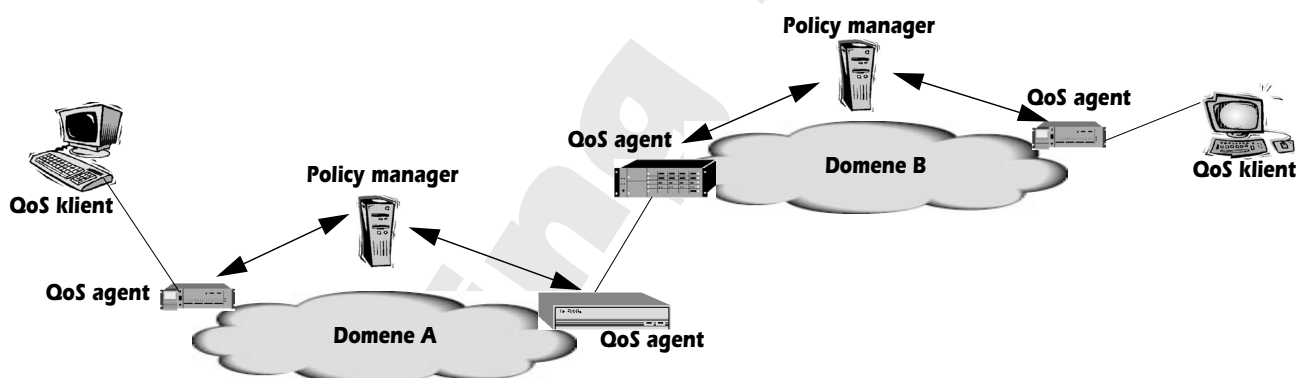
*"QoS is the collected effect of service performance, which determines the degree of satisfaction of a user of the service."*

QoS er med andre ord konseptuelt enkelt – tilstedeværelsen av mekanismer som kan prioritere trafikktyper i forhold til hverandre. Der slutter enkelheten, hvilket også er årsaken til at vi selv i dag ikke har en tilfredsstillende løsning på alle utfordringene. Vi skal ikke gi oss i

kast med en detaljert diskusjon på teknisk nivå – om bits og protokoller, teknologiske og politiske utfordringer – og deres konsekvenser. Detaljene tar ekspertene – fra leverandører, akademiske miljøer og standardiseringsorganisasjoner seg av. For oss som lever av å sørge for tjenester som virker, eller skal planlegge innføring av nye teknologigenerasjoner, er det langt viktigere å vite hva som gjelder i dag og i den nære fremtid.

### Gammel utfordring, nye omgivelser

I motsetning til hva mange i dataverden vil ha oss til å tro, er QoS slett ikke noe nytt. Vi skal ikke lenger enn til telecom-sektoren før vi får vite at dette er kjente utfordringer, og har vært det siden tidlig i forrige århundre. Med en slik historie, hvorfor er de ikke løst forlengst? Fordi problemene er av en helt annen karakter i dagens IP-baserte datanettverk enn i for eksempel det tradisjonelle telenettet. For det første mangler mekanismene i de underliggende transport-protokollene. Der nest – og like viktig – mangler incentivet til å differensiere mellom trafikktyper hos nettverkseierne, teleselskaper og Internett-leverandører. Så lenge deres inntekt ikke påvirkes i positiv retning, har de ingen interesse av å investere. Og investeringer er nødvendige for å komme videre. Dessuten – Internettet er anarkistisk av natur. Å innføre meka-



**Figur 5** Kvalitetssikret trafikk mellom klientene forutsetter tjenester, regler og mekanismer på alle inn- og ut-passeringspunkter i nettverket som er compatible, som gjenkjenner endepunktene (abonnentene), som har ressurser tilgjengelige og som har funksjonelle rutiner til å håndtere forespørselene. Selve QoS-tjenesten kan være ad-hoc (tilfeldig forespurt) eller abonnert.

nismer som virker på tvers av domener – det finnes tusenvis av dem – i nettverket, er både praktisk og politisk vanskelig.

Eksemplet i figur 5 viser hvor raskt bildet blir komplisert, og demonstrerer viktigheten av at alle parter spiller på lag, snakker samme språk og benytter compatible standarder og mekanismer.

### Fra drøm til inntekspotensiale

Spørsmålet som dukker opp med voksende hyppighet i disse dager, er hva vi som kunder er villige til å betale for å få kvalitetsgarantier fra våre nettverksleverandører. Dette er én av en håndfull katalysatorer for den videre utviklingen.

Det handler om penger – besparelser på den ene siden og vilje til investeringer på den andre. Internettet er billig, upålitelig og uforutsigbart. Private nett (leide samband) er kostbare, forutsigbare og pålitelige. Kundesiden ønsker besparelsene som ligger i å erstatte kostbare private nettverk med billige Internett-baserte forbindelser, uten å redusere kvalitetskravene. Internettleverandørene øyner på sin side en mulighet til å hente ut høyere inntekter dersom de investerer i teknologi, standarder og samarbeid. I parallell med at vinnere på standard-siden utkrystalliserer seg, blir det smått om senn mulig å realisere disse drømmene.

## QoS i praksis

Den korte forklaringen på hva som får QoS til å fungere er å finne i følgende punkter:

- ✓ **Teknologier** – DiffServ, IntServ, MPLS og beslektede mekanismer
- ✓ **Målinger** – av tilgjengelighet, forsinkelse, jitter, kapasitet, pakketap og andre relevante verdier
- ✓ **Forbedringer** – i funksjonalitet og effektivitet på alle nivåer i nettverket – kant-rutere, svitsjer og sentrale trafikkfordelere
- ✓ **Ombygging** – sentrale deler av Internettet bygges om og optimaliseres
- ✓ **Kunnskap** – om bruk, flaskehalser, teknologi, tjenester, trafikkregulering, ruting, osv.

Det betyr imidlertid ikke at valgene er enkle eller alternativene få og opplagte når vi i praksis skal vurdere og velge løsninger. Første skritt på veien er å evaluere behovene – gjennom å kategorisere trafikken og deretter gjennomgå alternativene. I kategoriseringen ender vi gjerne opp med tre hovedgrupper – for eksempel:

- ✓ **Alminnelig trafikk** – uten spesielle krav knyttet til forsinkelser eller hastighetsvariasjoner. Typiske tjenester som havner her er epost, nett-surfing, filoverføringer, sikkerhetskopiering, print- og filtjenester, énveis komprimerte videostrømmer. Felles for dem er at de har nytte av større båndbredde, men lite behov for prioriteringsmekanismer.
- ✓ **Transaksjons-orientert trafikk** – protokoller og anvendelser som ikke tåler tilfeldige forsinkelser, for eksempel ordrebehandling, flyreservasjoner, gammeldagse SNA-sesjoner og lignende.
- ✓ **Sanntidstrafikk** – med strenge krav til leveringspålitelighet, små og stabile forsinkelser. De mest nærliggende eksemplene er interaktiv video og IP-telefoni.

Har vi behov for høyere oppløsning – flere kategorier, er det ingen ting i veien for å benytte det faktum at de fleste løsninger kan håndtere 6 til 8 nivåer. Enkelhet er imidlertid en viktig grunnregel – her som ellers, og argumentene for hvert enkelt nivå bør være gode.

## Alternativer

Karakteristisk for situasjonen er at vi har altfor mange alternativer å velge mellom. Det er utelukket at alle vil overleve – som ideer og/eller produkter – på lang sikt. ATM er et godt eksempel: Gjennom store deler av 90-tallet var løsninger basert på ATM-teknologi fra ende til ende, den eneste muligheten for etablering av QoS over fjernnettverk. Løsningen var imidlertid både ekstremt komplisert og kostbar, og er i dag praktisk talt borte, til tross for at alternativene fortsatt må karakteriseres som mangelfulle.

### Modeller

Vi distingverer mellom to ulike grunnmodeller når vi snakker om QoS:

- ✓ **Reservasjonsbasert:** Dette er den tradisjonelle modellen for reservasjon av ressurser i nettverk (signalerings), med opprinnelse fra det linjesvitsjede telenettet. ATMs QoS fungerer etter denne modellen og det samme gjør IP/Internett-baserte metoder som RSVP. Prinsippet går ut på å forhåndsallokere kanaler gjennom nettverket og tilordne prioritet og ressurser i henhold til oppgitte behov. Når kanalen er på plass kan trafikken flyte – fortrinnsvis i henhold til spesifikasjonene. Er ressursene ikke tilgjengelige, får forespøreren beskjed om det – som et opptattsignal. Tilsvarende signalering sørger for å frigjøre ressursene når 'samtalen' er over.
- ✓ **Trafikkprioritering:** Trafikken (pakkene) merkes på en måte som er kjent på alle punkter i nettverket, og som signaliserer en prioritet. Hva merket betyr og hvordan det skal håndteres, har utstyret fått instruksjoner om fra en overordnet kilde. Standarder som støtter metoden er etablert både i Internettet (DiffServ, MPLS) og i Ethernet-sammenheng (IEEE 802.1p). Hvordan selve utvelgelsen (prioriteringen) foregår varierer, og ekspertene strides om hva som er best. For oss som brukere spiller dette mindre rolle, det er snakk om optimaliseringer på teknisk nivå: Alle variantene virker, men har ulik 'godhetsfaktor' under forskjellige omstendigheter og belastninger.

Begge varianter er avhengige av at hele transportveien støtter mekanismene og standardene, men er forøvrig svært ulike. Reservasjonsmetoden er teknisk enklest, men er administrasjonsintensiv og skalerer dårlig: Det skal et omfattende apparat til for å administrere opp- og ned-kobling av forbindelser, avregning, kvalitetskontroll og så videre. Ikke minst derfor utpeker trafikkprioritering seg som det optimale valg på lang sikt: Metoden skalerer godt, er enklere (men ikke enkel) å administrere, og viser gode resultater i praksis.

At det finnes flere standarder å forholde seg til, er en komplikasjon som knapt er til å unngå når så mange ulike teknologier skal fungere sammen. Praktiske øvelser har vist at 'mappingen' mellom Ethernet-standard 802.1p, Internettets DiffServ og MPLS (*Multi Protocol Label Switching*) er overkommelig.

TIL TROSS FOR AT RESERVASJONSBASERT QoS HAR FÅTT BETYDELIG INNPASS I LØPET AV DE SISTE 4 ÅRENE, OG BLANT ANNET ER INKLUDERT I WINDOWS 2000, HERSKER DET LITEN TVIL OM AT TRAFIKKPRIORITERING VIL BLI DOMINANT I LØPET AV RELATIVT KORT TID.

### **DiffServ kontra MPLS**

Kompatibilitet med historien er alltid en stor utfordring. Dette er hovedårsaken til at det har tatt 'vinter og vår' for DiffServ-standarden å bli ferdig. Først i 2000 ble det for alvor vind i seilene på produkt-siden. Standarden utnytter tidligere ubenyttede felter i den eksisterende Internett-protokollen (IPv4), og tar på den måten vare på kompatibiliteten: Utstyr og maskiner som ikke er oppdatert til å støtte DiffServ, vil kort og godt ignorere denne informasjonen. At det dermed ei heller blir noen prioritering, følger med på kjøpet, og kan virke selvmotsigende. Imidlertid vinner vi fleksibilitet på denne måten: I en del tilfeller er konnektiviteten viktigere enn at prioriteringen virker. Dessuten vil det alltid finnes en laveste prioritet som er ekvivalent med ingen prioritering (*best effort*). Kompatibiliteten sørger for at slik trafikk kan passere over alt, selv om den skulle være merket med en prioritet.

MPLS har en like lang historie som DiffServ, men en ganske annen opprinnelse: Som et resultat av forvirringen omkring protokollsvitsjing midt på 90-tallet, der selskapet Ipsilon Networks sto sentralt med sine IP-svitsjer,<sup>2</sup> dukket MPLS opp som en fellesnevner. Teknologien har større spennvidde enn DiffServ – den kan mer enn å sørge for prioriteringsmekanismer, og ble opprinnelig laget for å optimalisere trafikkflyt i store nettverk.<sup>3</sup> Samtidig mangler den kompatibilitet med historien: MPLS betyr å merke datapakke med en ekstra merkelapp og deretter sende dem gjennom forhåndsdefinerte/etablerte ruter i nettverket. Her ser vi spor av de samme mekanismene som brukes i forbindelse med reservasjonsbasert prioritering (se ovenfor), men på et lavere nivå – som bevarer effektivitet og skalerbarhet. Merkingen av pakker betyr at kompatibelt utstyr må finnes i kantene av transportnettverket – i realiteten et beskjedent problem når målet er QoS: Tjenesten har kun mening dersom den støttes langs hele transportveien.

Takket være sin historie kan MPLS tilby en rekke interessante og unike muligheter knyttet til trafikkregulering. For eksempel er ruting basert på tjenestetype fullt mulig: Epost og filoverføringer med lav prioritet kan dirigeres i helt andre retninger i nettverket enn trafikk med høy prioritet. Her ligger det et styringspotensiale og en fleksibilitet som ikke finnes i DiffServ, og som har bidratt til at markedsleder Cisco Systems nylig annonserte at de vil nedprioritere DiffServ til fordel for konkurrenten.

2 Se Mellvik-Rapporten nr. 45. Ipsilon Networks ble oppkjøpt av Nokia Networks i slutten av 1997.

3 MPLS og IP-svitsjer oppsto på et tidspunkt da ruterne representerte flaskehalsen i store nettverk, spesielt i Internettet, mens svitsjing fremsto som universalløsningen på alle tenkelige problemer. Siden er problemet med ruterne blitt borte takket være billige og effektive spesialprosessorer som effektivt fjerner forskjellen mellom rutere og svitsjer i nivå 3 i protokollstakken.

Om og eventuelt når det vil utkrystallisere seg en vinner i denne kappestriden, er umulig å si. Sannsynligheten er stor for at vi vil leve godt med begge de neste tre årene. Som vi var inne på ovenfor, er det en overkommelig oppgave – om ikke nødvendigvis ønskelig – å få dem til å spille sammen.

### **Mer enn merking**

Merkingen av trafikk er en nødvendig, men beskjeden del av det som skal til for å etablere en effektiv QoS-tjeneste – på samme måte som biler, veier og skilter er fullstendig utilstrekkelig for å få flyt i veitrafikken. Det trengs regler, styringsmekanismer og muligheter for håndhevelse av reglene før det hele kan fungere i praksis. For nettverkstrafikken betyr det definisjoner av hva de ulike prioritetene innebærer, når de skal håndheves, hvordan prioriteringen skal gjøres (skal pakker det ikke er plass til, kastes, køes, bufres eller annet?), hvilken trafikk/avsender/mottaker har hvilke rettigheter, og hvordan skal avregningen foregå – for å nevne noen. Disse reglene og øvrige detaljer skal kommuniseres ut til alle bokser som 'tar i' trafikken, og de samme boksene skal kunne rapportere tilbake – statistikker, logger og annen relevant informasjon.

Til sammen blir dette en solid munnfull som lar seg realisere manuelt i et nettverk av beskjedent omfang, men som fordrer automatikk i større sammenhenger. Slik automatikk må av såvel praktiske som skaleringsmessige årsaker, foldes inn i en større sammenheng – det vil si styringen av nettverket som helhet. Dermed nærmer vi oss to begreper vi har vært inne på ved tidligere anledninger her i Mellvik-Rapporten: *Policy-based Networking* og *Directory Enabled Networking* (DEN).

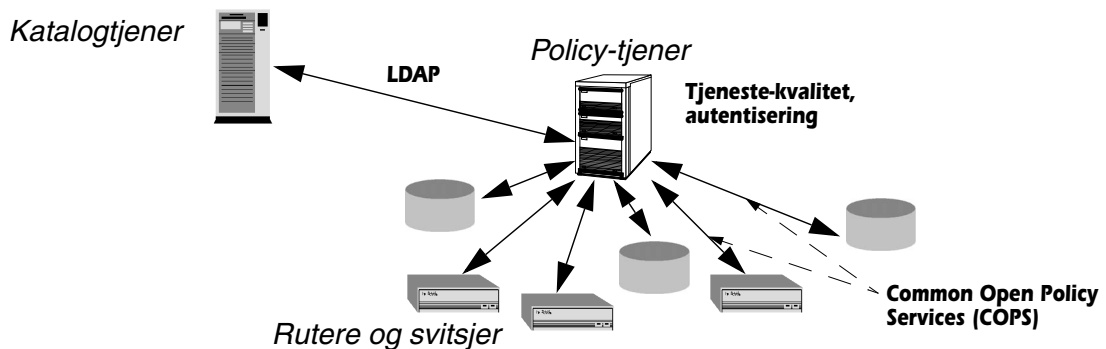
For å gjøre en lang historie kort kan vi konstatere at DEN er en forutsetning for å innføre og drive QoS i et stort nettverk. Det betyr videre at mulighetene i dag er begrensede: DEN – som vi skal diskutere i en egen artikkel i neste utgave (se baksiden) – befinner seg fortsatt på barnestadiet utviklingsmessig, til tross for betydelige fremskritt det siste året.

### **Nær fremtid**

Våre forventninger til den nære fremtiden kan oppsummeres i følgende punkter:

- ✓ I mangel av andre alternativer vil de reservasjonsbaserte mekanismene fortsatt bli utviklet og raffinert, og vil være dominerende i enkle Internett-baserte tjenester (énveis radio og TV, NetMeeting og lignende).
- ✓ DiffServ utvikles videre og funksjonelle standarder etableres på tvers av ISPer, slik at utstrekning og omfang av tjenestetilbudet vokser kraftig.
- ✓ Tilsvarende fortsetter MPLS sin utvikling på standardsiden og på produktsiden. Som vi var inne på ovenfor, har MPLS spesielt god vind i seilene i disse dager.

- ✓ *Policy-based Networking/DEN* blir selve katalysatoren i dette bildet. Dagens *Policy Management* produkter er umodne, kompliserte og vanskelige å bruke, men forbedres løpende.
- ✓ LDAP blir den andre katalysatoren: Knapt noen produkter i dette segmentet, mangler LDAP-støtte i dag. Koblingen mot en katalogtjeneste er anerkjent som nødvendig, og raffineres løpende (se figur 6).



**Figur 6** I et regelstyrt nettverk er regelverket samlet i en katalogtjener. Policy-tjeneren henter det den trenger der, konverterer til individuelle instruksjoner for sine 'medlemmer', og sender disse videre via (f.eks.) COPS-standard.

## Konklusjon

Til tross for store fremskritt de siste tre årene, er situasjonen fortsatt tilstrekkelig umoden for QoS generelt til at anbefalingen blir "hurry up and wait". Mekanismer og teknologi finnes for å implementere praktisk talt hva som helst, men Internettet og Internett-leverandørene er langt fra modne til å håndtere utfordringene. Dermed er vi på sett og vis like langt: Alt kan gjøres så lenge vi selv har full kontroll. Vi kan kjøpe båndbredde og disponere den som vi vil, men vi kan ikke kjøpe forutsigbar kvalitet over Internettet.

Umodenheten til tross er det imidlertid ingen ting i veien for å implementere QoS i betydelig omfang uten å ta halsbrekkende teknologiske risikoer. For det første hersker det liten tvil om at 802.1p-standard og fremtidige utvidelser av denne, vil bli dominerende i lokalnett-sammenheng. Tallrike IP-telefoni-løsninger har allerede implementert standarden, og den er på vei inn i sammenkoblingsutstyret hos de fleste leverandører i disse dager.

Likeledes finnes det en snarvei som har vist seg å være til stor hjelp både i lokalnett og fjernnett: Ulike utstyrs-varianter med navn som *traffic-shapers*, *Layer 4 switches* og lignende, foretar prioritering av trafikk etter tjeneste, kategori, avsender, mottaker eller en kombinasjon, uten noen form for signalering, men i henhold til en etablert policy. For eksempel er det relativt enkelt for en intelligent boks å bremse filoverføringer og annen ufølsom trafikk dersom videostreamer eller telefoni har behov for kapasiteten. På kort sikt er dette den lettvinne og rimelige løsningen i lokalnett og noe større nettverk der det ikke lenger er tilstrekkelig å kaste båndbredde på utfordringene. Mekanismene gir ingen kvalitetsgaranti, men øker sannsynligheten for

at båndbredden finnes når den trengs til et nivå som er tilfredsstillende i mange miljøer og sammenhenger.

Sist, men ikke minst er tiden moden for å evaluere hva DiffServ og/eller MPLS kan tilby i større sammenhenger. Mange ISPer sitter på gjerdet og venter på kundene og deres krav. Når de kommer må det handles. For eksempel er mulighetene for QoS et viktig element i forbindelse med ASPenes tjenestegarantier. Dette er en kundegruppe ISPene gjerne vil ha, og enhver leverandør av nett-tjenester er ute etter rimeligere kommunikasjon. Uten mulighet for prioritering har kvalitets-/respons-garantiene liten verdi. Her ligger med andre ord et interessant latent potensiale for to grupper som lett kan bli drivkrefter i den videre utviklingen.

Hovedårsakene til at QoS fortsatt er langt fra en selvfølge i våre nettverk kan oppsummeres i følgende punkter:

- ✓ **Store nettverk:** De store nettverkene som utgjør Internettet, er bygget opp av titusenvise bokser som spiller sammen hele døgnet, hele året. Det tar tid å oppgradere disse med QoS-funksjonalitet og ISPene har fortsatt beskjedent incitiv til å foreta investeringene.
- ✓ **Avregning:** ISPene arbeider med, men har fortsatt ikke løst problematikken knyttet til avregning av de avanserte tjenestene QoS vil levere.
- ✓ **Komplikasjoner:** MPLS og DiffServ er kompliserte teknologier som det tar tid å implementere og tilpasse/stabilisere.

■