

MPLS: Universalmedisin for ustyrlige IP-nettverk

Det er klart vi kjenner TCP/IP – vår tids universalspråk, et teknologisk LINGUA FRANCA som har katalysert en utvikling verden knapt har sett maken til, og som spiller en praktisk – om aldri så usynlig – rolle i hverdagen. Om detaljkunnskapen er fraværende, vet de fleste som daglig stiller med teknologi nok til å forstå de store linjene og viktige sammenhengene.

MPLS er det verre med: Forkortelsen dukker opp stadig oftere, og typisk i sammenhenger der TCP/IP hører hjemme – men hva er sammenhengen, hva er MPLS og hvorfor trenger vi enda en forkortelse – og formodentlig en bakenforliggende teknologi? Det korte svaret er at MPLS blir IPs nye bil – hjelpemidlet som setter IP i stand til å komme videre der svakhetene hittil har vært hemmende. Om behovet for slik hjelp finnes? Etter en kort ransakelse av hukommelsen, der problemer, utfordringer og svakheter knyttet til TCP/IP i dagens kolossale og fortsatt voksende Internett, blir svaret fort et rungende ja. Riktignok har TCP/IP gjort alle 80-tallets og 90-tallets spådommer om en snarlig død til skamme, men at svakheter og problemer lar seg løse eller omgå, betyr ikke at resultatet er tilfredsstillende – enn si brukbart – i alle sammenhenger.

Uløselige utfordringer for IP

Tre områder har representert spesielt store utfordringer i forbindelse med IPs allestedsnærværenhet og voldsomme vekst. Vi ser da bort fra adresseområdet, en problemstilling vi har diskutert ved flere anledninger tidligere, og som først får sin endelige løsning når IPv6 overtar i både Internettet og i lokale nettverk over hele verden. Veien dit er fortsatt lang, men som vi diskuterte i rapporten fra Networld+Interop i forrige utgave, er konverteringen i full gang i Asia.

Utfordringene vi refererer til i denne sammenhengen, er:

- ✓ Styring og prioritering av trafikk
- ✓ Skalerbarhet
- ✓ Effektivitet

Årsaken til at vi har klart oss såvidt lenge uten reelle løsninger på disse utfordringene er først og fremst muligheten til å kaste ytelse på problemet: Mer hukommelse, raskere prosessorer og mer båndbredde har vært tilstrekkelig til å skyve problemene foran eller feie dem under teppet. Veksten i behov og trafikk er imidlertid i utakt med tilgangen på ressurser til rimelig pris, og utfordringene må finne endelige løsninger.

Det er her MPLS kommer til unnsetning: *Multiprotocol Label Switching* gir mekanismer for trafikkstyring og forbindelsesorientert trafikkprio-

ritering på samme nivå som ATM. Disse egenskapene er i virkeligheten hovedårsaken til at ATM i det hele tatt fortsatt er i praktisk bruk. Videre legger MPLS forholdene til rette for en vesentlig effektivisering av trafikkformidlingen i IP-baserte nettverk, samtidig med at IPs fleksibilitet og interoperabilitet bevares. Forventningene til MPLS stopper imidlertid ikke her: 'MP'-delen av navnet indikerer at teknologien er uavhengig av hvilken transportprotokoll som benyttes, et viktig poeng selv i en verden som konvergerer raskt mot IP. Slik protokoll-transparens legger forholdene til rette for å integrere Frame Relay og ATM nettverk med IP-baserte nettverk uten å gå på bekostning av effektivitet eller kapasitetsutnyttelse. Hvordan dette kan fungere i praksis kommer vi tilbake til nedenfor.

Historie

MPLS' røtter strekker seg tilbake til tidlig på 90-tallet, da en rekke selskaper og forskningsmiljøer arbeidet intenst for å kombinere de sterke sidene av IP og ATM. Første praktiske implementasjon av slik kombinert teknologi kom fra California-selskapet Ipsilon: *IP Switching* skapte stor interesse i markedet og ble diskutert her i Mellvik-Rapporten i nr. 45 (november 1997): "IP-svitsjing: Nye hestekrefter til Internett og intranett".

Resultatene Ipsilon kunne vise til, forårsaket hektisk innsats fra minst et dusin ulike organisasjoner og selskaper, og resulterte i tre konkurrerende teknologier – i tillegg til Ipsilons *IP Switching*:

- ✓ *Tag Switching* fra Cisco Systems
- ✓ *Aggregate route based IP switching* fra IBM
- ✓ *IP Navigator* fra Cascade

Målsettingen – forenkling og effektivisering – og den grunnleggende metoden var den samme for alle fire, og kan hevdes å være basert på ideene fra Ipsilon:

- 1** Å benytte standard rutingprotokoller (for eksempel OSPF, *Open Shortest Path First*) for å finne optimale veier ('stier') mellom endepunkter i nettverket
- 2** Å merke trafikk til kjente endepunkter idet pakkene kommer inn i nettverket
- 3** Å bruke raske ATM-svitsjer for å transportere pakkene gjennom nettverket

Hastighetsgevinsten oppsto på to nivåer i denne mekanismen: Merking av pakkene med det vi kan kalle et veinummer, en etablert sti fra A til B, overflødiggjorde tidkrevende oppslag for å bestemme videre ruting i hvert enkelt knutepunkt på veien, som i mange tilfeller kan telle både 10 og 15. Dessuten – og like viktig: ATM-svitsjer var på denne tiden vesentlig raskere enn tilsvarende IP-rutere. Konvertering av IP-trafikk til og fra ATM var en ulempe, men en usynlig sådan i og med at hastighetsforskjellen mellom ATM-svitsjer og IP-rutere var så stor.

Standardisering – smått om senn

Internettets standardiseringsorgan IETF, *Internet Engineering Task Force*, observerte utviklingen med stor interesse, og tok i 1997 et initiativ for å standardisere en slik mekanisme, som fikk navnet MPLS. Initiativet kom etter at både Ipsilon og Cisco hadde levert inn forslag til en slik standard basert på deres egne teknologier. Denne åpenheten i forhold til egen teknologi kan virke underlig, men er i realiteten helt naturlig i Internett-sammenheng: Proprietære teknologier og løsninger har kort levetid i et miljø som til de grader er basert på standarder. Å finne opp og lykkes med en ny teknologi betyr med andre ord ikke å beskytte den, men å få flest mulig til å benytte den. Fortrinnet for selskapet som har 'oppfunnet' teknologien består da i å være tidlig ute i forhold til andre leverandører og konkurrenter, samt å få æren for å ha brakt løsningen til torgs. Det siste har større praktisk betydning enn hva som umiddelbart er innlysende: Å ha vært opprinnelsen til en etablert og populær Internett-teknologi gir gode markedsføringspoenger og kommuniserer faglig tyngde og styrke til markedet.

Standardisering er imidlertid en tidkrevende prosess – også i IETF, og først i 2001 kom den første utgaven av foreslåtte standarder. I mellomtiden hadde både marked og teknologi utviklet seg vesentlig. IP-rutere var blitt like raske som ATM-svitsjer, og ATM var allerede på full fart ut av markedet – av årsaker vi har diskutert tidligere i Mellvik-Rapporten. Behovet for å introdusere ATM-teknologi i IP-nettverk av hastighets-hensyn var med andre ord borte.

Motivasjonen for MPLS var imidlertid ikke blitt mindre, snarere tvert imot. Gevinstene knyttet til *label switching* øker i takt med nettverkets størrelse og kompleksitet. Til tross for effektive optimaliseringer¹⁰ må sentrale rutere i Internettet holde styr på – og gjøre oppslag i – hundretusenvís av ruter for hver eneste pakke som passerer. All verdens prosessorkraft kan ikke fjerne denne ulempen – like lite som vi kan forandre lysets hastighet. Likeledes fortsetter behovet for fungerende prioriterings-mekanismer å vokse, i takt med tilfanget av video-, undervisnings- og telefoni-trafikk i nettverket. MPLS har løsninger for begge problemstillingene, og legger dessuten forholdene til rette for VPN-forbindelser med hittil ukjent effektivitet og fleksibilitet. Økt ruter-ytelse har med andre ord ikke redusert interessen for eller behovet for nykommeren.

Mange av MPLS-standardene er fortsatt uferdige, mens nye tilpasninger og anvendelser nærmest løpende dukker opp. Nok en gang ser vi imidlertid at leverandørene tar sjansen på å være i forkant av standardiseringen, og MPLS støttes på et eller annet nivå av de fleste aktørene i ruter/svitsj-markedet allerede. MPLS-nettverket på Networld+Interop i Las Vegas i mai var et godt eksempel i så henseende, der utstyr fra leverandører som Cisco, Foundry, Juniper, Riverstone, Extreme,

¹⁰ Blant annet ved hjelp av en teknologi som kalles CIDR, CLASSLESS INTERDOMAIN ROUTING, en ny måte å gruppere og organisere Internett-adresser på som ble tatt i bruk midt på 90-tallet.

Laurel, Celox, Unisphere og Spirent med flere leverte en overbevisende praktisk demonstrasjon av såvel samspill som nytteverdi.

Introduksjon til MPLS

Få av oss har behov for innsikt i tekniske detaljer knyttet til MPLS. En konseptuell forståelse er imidlertid aldri unyttig, og gir grunnlag for innsikt i generelle problemstillinger som ikke bare knytter seg til Internettet, men også til våre bedriftsinterne nettverk og tilhørende grensesnitt til nettopp Internettet.

Med og uten forbindelse

IP-protokollens forbindelsesløse konsept har vært en av de viktigste suksessfaktorene for Internettet. Det gir robusthet og pålitelighet på en måte som ikke fordrer trafikkregulering utover grunnleggende ruting i nettverket. Dersom én forbindelse faller ut, sørger automatiske mekanismer for omruting via andre veier uten at punktene som kommuniserer ser noe annet enn en kortvarig forsinkelse. I årenes løp har imidlertid påliteligheten og den effektive hastigheten i nettverket forandret seg dramatisk i positiv retning – med den følge at en rekke av de opprinnelige suksessfaktorene i dag har beskjeden praktisk betydning. I enkelte tilfeller er de sågar uegnet til å løse dagens problemer – for eksempel på grunn av lange konvergenstider i forbindelse med feil i nettverket.

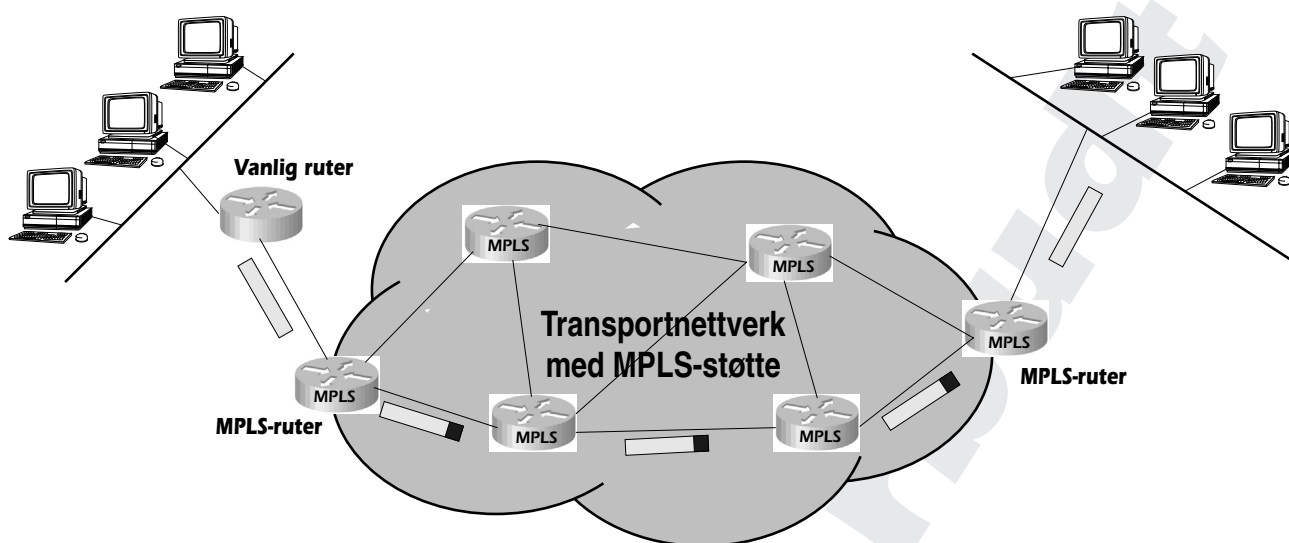
Å forandre protokollen – om aldri så ønskelig – er imidlertid en umulig oppgave. Kompatibilitet og samspill er langt viktigere enn all verdens effektivitet. Forandringer og optimaliseringer må med andre ord besørges uten å endre kjernen – uten at endepunktene som kommuniserer må forandres.

Mens IPs forbindelsesløse konsept har vært og fortsatt er viktig, dukker det stadig opp nye scenarier der det motsatte ikke bare er nyttig, men sågar nødvendig. MPLS, som legges utenpå IP-protokollen, gjør det mulig å etablere slike forbindelser uten å forstyrre eller endre måten IP-noder kommuniserer på. Hvordan dette foregår, kommer vi tilbake til nedenfor.

Protokoll-uavhengighet

Som vi nevnte ovenfor, er MPLS protokoll-uavhengig: Den introduserer ingen forandringer i pakkene som transporteres, men gjør jobben utenfor transportprotokollen. Konseptet går i all enkelhet ut på å legge til en dataenhet utenpå pakkene som transporteres, en merkelapp som forteller noe om destinasjon, prioritet og annen informasjon knyttet til selve overføringen. Merkelappen finnes kun i transportnettverket: Den introduseres etter at pakken har forlatt senderen og fjernes igjen før den når mottakeren – som illustrert i figur 2. Forutsetningen for at dette skal fungere er at selve transportnettverket er 'MPLS-enabled', at utstyret i transportnettverket forstår MPLS.

Mens protokolluavhengighet er et poeng i seg selv, er det også et faktum at MPLS hittil i hovedsak er blitt benyttet sammen med IP. Årsa-



Figur 2 MPLS berører kun transportnettverket, endestasjonene og klientnettverkene ser kun alminnelige IP-pakker – som før. Pakkene tilføres et MPLS-tillegg, en merkelapp, idet de entrer transportnettverket. Merkelappen – som er på 32 bits, fjernes når pakkene forlater transportnettverket.

ken er like enkel som den er innlysende: Det er i forbindelse med IP de primære behovene har vært å finne, og IP er protokollen som forekommer i 99 av 100 tilfeller. Dette forholdet er imidlertid i ferd med å forandre seg, blant annet i forbindelse med at MPLS i stadig større grad tas i bruk som VPN-mekanisme: Et MPLS-nettverk transporterer like gjerne nivå 2 protokoller – for eksempel hele Ethernet-rammer, og kan dermed gjerne fungere som tunnel for sammenkobling av lokalnett.

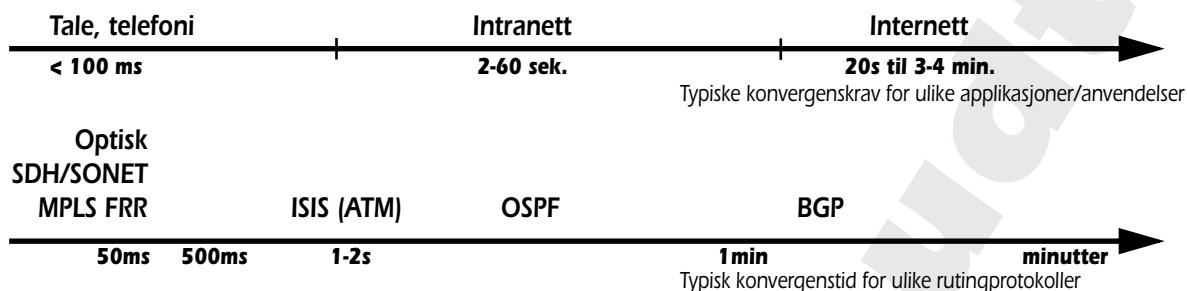
Likeledes finner MPLS-svitsjer veien inn i tradisjonelle ATM- og Frame Relay-nettverk, der de for det første er vesentlig rimeligere enn tradisjonelt utstyr. For det andre danner de en teknologimessig bro til fremtiden, som uten tvil blir IP-basert, og som ikke kan unngå å sende begge teknologiene til de evige jaktmarker i løpet av få år.

Under overflaten

Vår forenklete skisse i figur 2 forteller naturligvis bare en brøkdel av historien: En lang rekke mer og mindre opplagte mekanismer må finnes og være i virksomhet for at konseptet skal fungere i praksis. For eksempel er det ikke tilstrekkelig å finne optimale veier fra A til B i nettverket. Når en slik rute er funnet, og før den kan tas i bruk, må alle svitsjer langs veien vite om nettopp denne ruten og hvilken merkelapp den har fått. En LDP, *Label Distribution Protocol*, sørger for dette.

Likeledes må vi ha effektive mekanismer for omruting i tilfelle feil. Med båndbredder på hundrevis eller tusenvis av megabits per sekund og tilsvarende datastrømmer, er det uakseptabelt at slike omrutinger skal ta flere sekunder eller kanskje minutter, som er vanlig i rene IP-nett med standard rutingprotokoller som OSPF og BGP. Her teller millisekundene, og mekanismer som *Fast Rerouting* (FRR) gir kombinasjonen MPLS/IP en grad av trafikkstyring og -kontroll som tidligere kun har vært å finne i tradisjonelle telecom-teknologier som SDH/SONET.

FRR – *Fast ReRouting*
ISIS – *Intermediate System to Intermediate System* (ATM)
OSPF – *Open Shortest Path First* (Internet)
BGP – *Border Gateway Protocol*
SDH – *Synchronous Digital Hierarchy*
SONET – *Synchronous Optical Network*
VPN – *Virtual Private Network*



Figur 3 Konvergenstid er en nøkkelparameter for robusthet og tjenestekvalitet i nettverk. Figuren viser at ulike anvendelser har sterkt divergerende behov i så henseende, hvilket nødvendigvis må føre til at ulike mekanismer finnes og benyttes.

En annen viktig side ved MPLS er at den er rekursiv: Det er ingen ting i veien for å sette flere merkelapper på en pakke, som dermed kan traversere gjennom flere MPLS-nettverk på sin vei fra sender til mottaker. Faktum er at det er ganske vanlig, spesielt i tilknytning til MPLS-baserte VPN, at pakken får to eller tre MPLS-merkelapper utenpå hverandre. Egenskapen gir god fleksibilitet og har høy nytteverdi, men skal brukes med måte. Mange nivåer gir høy kompleksitet og betydelig ineffektivitet, og er dessuten unødvendig. Får vi 5-6 merkelapper på en datastrøm, er det en indikasjon på at noe er galt, typisk på trafikkstyringsnivå.

MPLS i praksis

Vi har sett at mens effektiv hastighet var den opprinnelige motivasjonen bak utviklingen av denne svitsje-teknologien, er andre mekanismer de viktigste drivkreftene i dag. Som vi allerede har nevnt, er trafikkstyring og -prioritering essensielle i den forbindelse. Vi har også såvidt vært inne på MPLS-basert VPN, som har frisk bris i seilene i disse dager.

VPN i frisk bris

Mens VPN har tatt av så det monner i markedet – med god grunn – de siste årene, erfarer vi i disse dager at mange VPN-løsninger knaker i sammenføyningene: De fungerer effektivt i beskjedne skala, men skalerer dårlig og blir etterhvert u håndterlige – ressursmessig, sikkerhetsmessig eller økonomisk.

MPLS tilbyr en effektiv løsning på disse problemene ved å flytte VPN-oppkobling, nedkobling, ruting og administrasjon over på nettverksnivå, der datastrømmer til samme destinasjon kan aggregeres. Dessuten gir MPLS mulighet for å samle og styre datastrømmer basert på tjeneste i stedet for adresse, hvilket blir spesielt interessant i en verden som i voksende grad fokuseres mot nettopp tjenester i stedet for noder og maskiner.

Også i sikkerhetsmessig forstand gir MPLS-basert VPN interessante fordeler. En studie utført av amerikanske Miercom for Cisco Systems i 2001, viser at MPLS-baserte VPN-tunneller uten kryptering gir samme grad av sikkerhet som private Frame Relay- og ATM-forbindelser. Ana-

En ypperlig referanse ifm. MPLS og VPN er boken **MPLS-Based VPNs** av Peter Tomsu og Gerhard Wieser (Prentice Hall 2002, ISBN 0-13-028225-1).

lysen er teknologispesifikk, ikke produktspesifikk, og bidrar til å underskrive dødsdommen for tradisjonelle private, dedikerte nettverksforbindelser.¹¹

Trafikkstyring – TRAFFIC ENGINEERING

Trafikkstyring betyr prioritering av trafikk – og mye mer. Har vi effektive mekanismer for trafikkstyring, har vi med andre ord også QoS- eller prioriteringsmekanismer. Trafikkstyring omfatter blant annet:

- ✓ Etablering og nedkobling av tunneller for VPN og andre formål
- ✓ Ruting og omruting ved overbelastning og feil
- ✓ Tjenestebasert ruting: Epost går den ene veien, ERP-trafikk den andre veien, telefoni den tredje veien osv.
- ✓ Parameterstyrt ruting: Etablering av veier ut fra ulike prioriteringer – lav kostnad, kort rundetid, tilgjengelig båndbredde, avstand (*hops*), trafikkbelastning og så videre
- ✓ Reservasjon av ressurser, flytkontroll
- ✓ Osv.

Målsettingen – ved siden av de mulighetene god kontroll alltid gir, er å kunne effektivt utnytte tilgjengelige ressurser, med spesiell vekt på båndbredde. At MPLS gir anledning til slik styring på detaljert nivå, impliserer ikke at mulighetene er lett tilgjengelige for de av oss som skal gjøre jobben. For det første kreves det verktøy som gjør mulighetene tilgjengelige, for det andre må vi ha standardiserte grensesnitt for styring av utstyret. Og sist, men ikke minst må vi ha kontroll over de relevante delene av nettverket i juridisk forstand: Det hjelper lite at nettet kan styres dersom det er utenfor vår kontroll.

Prioritering

Som vi allerede har vært inne på, betyr gode mekanismer for trafikkstyring at vi har tilsvarende muligheter til trafikk-prioritering. Dette er to sider av samme sak, og i motsetning til hva de fleste finner det naturlig å anta, er trafikkstyring generelt langt viktigere enn prioritering. Artikkelen "Prioritering av nettverkstrafikk" i Mellvik-Rapporten nr. 87 gjennomgikk status på dette området, og konstaterte blant annet at det ikke er snakk om én type mekanisme som skal sørge for ende-til-ende prioritering i nettverket. Behovene i lokalnettet er helt forskjellige fra tilsvarende i større nettverk. For eksempel er det ofte slik at lokalnettet 'flommer over' av billig båndbredde, mens eksterne nettverk – intranett, ekstranett, Internett – har et helt annet forhold til ressurser.

Denne naturlige distinksjonen finner vi igjen i utviklingen av nettopp prioriteringsmekanismer: På lokalnettsiden, der MPLS verken har noen posisjon eller rolle, er 802.1p-standarden på full fart inn. MPLS

¹¹ Se <http://www.mier.com/reports/cisco/MPLS-VPNs.pdf> og http://www.cisco.com/warp/public/732/Tech/mpls/docs/0701_mpls_security_pu.fm.pdf.

tikker på sin side inn i de fleste tenkelige større sammenhenger: Intranett, ekstranett, Internett.

Vi har lett for å assosiere behovet for prioriteringsmekanismer utelukkende med tale, telefoni og multimedia. Denne koblingen gir lett feilaktige oppfatninger av behovets omfang. Faktum er at vi med fordel kunne ha fjernet hele prioriteringsbegrepet og holdt oss til trafikkstyring: Lysregulering og kollektivfelter er til liten nytte hvis vi ikke også har skilte og trafikkregler. Erfaring viser at mange interaktive applikasjoner, for eksempel ERP-systemer, er like følsomme for forsinkelser og uforutsigbar respons som tale og telefoni. Effekten er kanskje ikke direkte sammenlignbar, men konsekvensene er det: Frustrerte brukere, lavere produktivitet og utilfredsstillende betjening av kunder.

QoS-pendelen har svingt frem og tilbake flere ganger i løpet av de siste 25 årene. Den opprinnelige Internett/IP-modellen, som fortsatt er dominerende i de fleste nettverk, kalles gjerne 'best effort' – 'går det, så går det' på godt norsk. Tidlig på 90-tallet, mens ATM-bølgene sto som høyest, var det generell konsensus om nødvendigheten av full ende-til-ende prioritering. Fornuften ramlet imidlertid ned til slutt, og viste at mens slike prioriteringsmekanismer er teknisk mulige, kan løsningene aldri bli skalerbare. Dermed var vi tilbake til utgangspunktet, med overallokering av båndbredde som eneste farbare vei. I dag har pendelen roet seg rundt en kombinasjon av overallokering (*overprovisioning*) og klassifisering av trafikk.

Nettopp klassifisering av trafikk er hva MPLS tilbyr: Definisjon av et begrenset antall trafikktyper som skal håndteres ulikt i nettverket. Her er begrepene viktige: QoS, *Quality of Service*, impliserer spesifikke kvalitetsnivåer, mens CoS, *Class of Service*, forteller om muligheten til å skille trafikktyper og behandle dem etter behov. CoS er med andre ord langt mer allsidig: Vi kan benytte klassifiseringen til å etablere kvalitetsnivåer eller til å skille ulike trafikktyper – eller kunder for den del. Spesielt i store nettverk tilhørende ulike administrative domener (for eksempel ulike ISPer), blir dette viktig: Mens én alene kanskje kan garantere et spesifikt kvalitetsnivå, kan de til sammen definere en trafikk-kategori (klasse) som får en gitt behandling i forhold til annen trafikk. I mange tilfeller er det naturlig å kalle dette relativ prioritering – i motsetning til absolutt prioritering.

MPLS har en enkel modell for nettopp CoS, en modell som inviterer til løsninger som er skalerbare, og som samtidig gir god dynamikk. For eksempel er det særdeles overkommelig å etablere båndbredde-allokering á la Frame Relay, med en spesifisert båndbredde på en gitt forbindelse, med en garantert båndbredde (CIR, *Committed Information Rate*) som det betales full pris for, men som er vesentlig mindre.

Når og hvor?

MPLS er ikke lenger fremtidsmusikk, men implementeres i store og små nettverk i disse dager. Nedturen i IT- og Telecom-markedene har

naturlig nok bidratt til å bremse utviklingen, men vi ser ikke for oss noe annet enn en forskyvning av det uunngåelige.

De praktiske konsekvensene av MPLS er også synlige – i form av nye tjenester fra ISPer og andre kommunikasjonsleverandører, og nye muligheter for oss som har ansvaret for intranett og ekstranett av betydelig størrelse. Introduksjonen av MPLS i slike nettverk skjer naturlig gjennom oppgradering eller utskiftning av rutere, en prosess som aldri stopper. Mange miljøer har ikke rukket å få MPLS inn på agendaen enda, men selv for disse gjelder følgende regel: Nytt ruter-utstyr skal ha støtte for MPLS, gammelt utstyr oppgraderes ikke uten at oppgraderingen impliserer MPLS.

Konklusjon

MPLS er katalysatoren som bringer utviklingen av store og små sammenkoblede nettverk til neste nivå, og er like viktig i alle sammenhenger: Internett, ekstranett, intranett. Sett fra et overordnet perspektiv er MPLS mekanismen som setter Internettet og tilknyttede private nettverk i stand til å bære forretningskritisk informasjon. Om ikke dette har vært gjort i lang tid? Jovisst, men poenget er ikke hva som har vært gjort eller vært mulig, men hva som nå er i ferd med å bli tilstrekkelig pålitelig til å kunne erstatte private, proprietære infrastrukturer. Med MPLS flytter IP-nettverk seg fra datakommunikasjons- til telekommunikasjons-nivå i kvalitets- og funksjonsmessig forstand.

MPLS har forlenget passert stadiet der det var spørsmål om teknologiens berettigelse. Selv om standardene fortsatt er delvis uferdige, fosser utviklingen videre: Kombinasjonen MPLS og IP utvider sitt nedslagsfelt kontinuerlig, og bidrar til å forenkle en altfor komplisert kommunikasjonsverden som er tungt belastet med historie og 'overtro'. For eksempel var SDH/SONET inntil nylig et nødvendig element i forbindelse med høyhastighets kommunikasjon over optiske fibre og lange avstander. Kombinasjonen MPLS/Fast Rerouting/IP overflødiggjør dette elementet, med store effektivitetsgevinster, forenkling og kostnadsbesparelser som følge.¹²

MPLS er i dag langt mer utbredt i Europa, Midtøsten og Afrika enn i USA, av en rekke årsaker – inklusive kulturelle, historiske og økonomiske. For eksempel har leide samband alltid vært vesentlig rimeligere i USA enn andre steder i verden, hvilket blant annet førte til at interessen for ATM var langt mindre *over there*. Den naturlige progresjonen fra ATM til IP/MPLS har derfor vært langt mindre synlig i USA. Over tid vil imidlertid disse forskjellene jevne seg ut.

Forandring og forenkling

Kombinasjonen MPLS/IP er et steg på veien mot ytterligere forenkling og homogenisering, og bygger opp under trenden mot Ethernet-overall: Enhver datastrøm må av praktiske årsaker alltid pakkes inn i rammer eller pakker, og ingen ting er enklere enn å bruke det samme

¹² Det betyr ikke at SDH/SONET forsvinner over natten, men vil bli faset ut over en periode på 5-10 år.

formatet overalt – i alle typer nettverk. Her utpeker Ethernet seg som et nærliggende alternativ – på grunn av sin enkelhet, lave kostnad og allestedsnærværelse. *Ethernet everywhere* er mer sannsynlig enn noen sinne. At en slik homogenisering må gå på bekostning av 100% effektivitet i en del sammenhenger, følger med på kjøpet, og er en beskjeden pris å betale i den store sammenhengen.

Ressurser

Viktige informasjonsressurser knyttet til MPLS:

- MPLS forum
<www.mplsforum.org>
- MPLS Resource Center
<www.mplsrc.com>
- IETF MPLS Working Group
<www.ietf.org/html.charters/mpls-charter.html>

Hva betyr så alt dette for oss – i praksis? For mange er MPLS fortsatt en forkortelse med beskjeden relevans i hverdagen. I alle nettverks-sammenhenger utenfor rene lokalnett, vil dette forandre seg raskt, og den korte regelen – som vi også var inne på ovenfor – er å sørge for at alle ruter-anskaffelser inkluderer støtte for MPLS. Spørsmålet er ikke om vi får bruk for slik støtte, men når. MPLS er faktoren som konverterer våre datanett til telekommunikasjonsnettverk. ■