

# 10 Gigabit Ethernet: Stille revolusjon

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

- "Hvor blir det av båndbredden?" – nr. 89 (november 2001)
- "Svaret er båndbredde, hva var spørsmålet?" – nr. 80 (januar 2001)
- "Gigabit Ethernet: Fest setebeltene" – nr. 79 (desember 2000)
- "Teknologitrender fra Networld+Interop" – nr. 85 (juni 2001)

*'Båndbredde' har i løpet av noen fattige år gått fra å være en teknisk term kun eksperter hadde et forhold til, til å bli praktisk talt allemannseie: "Hvor mye båndbredde har du?" kan i overskuelig fremtid bli et like naturlig spørsmål som "hvor mange hestekrefter har den?". Som uttrykk er 'båndbredde' den andre siden av 'bredbånd', og det faktum at det i mange, kanskje de fleste situasjoner, blir misforstått, påvirker ikke bruk og misbruk i hverdagen.*

## Et båndbredde-paradoks

Samtidig er nettopp båndbredde, behov, tilgjengelighet og utvikling et underlig paradoks i disse dager, noe vi var innom ved flere anledninger i løpet av fjoråret her i Mellvik-Rapporten (se margrammen): På den ene siden sniker Gigabit Ethernet (GE) seg inn i hverdagen uten at vi løfter så mye som et øyenbryn. Høyere båndbredde? Billig? Javel, vi sier ikke nei takk til mer for samme pris – en bonus.

Samtidig investerer vi store summer i trådløse nettverk, hvis viktigste egenskap utover å fjerne den tradisjonelle navlestrengen, er vesentlig lavere båndbredde enn hva vi er vant med (se egen artikkel på side 11) i lokalnettsammenheng. En selvmotsigelse, i alle fall på overflaten.

Når vi graver litt dypere, finner vi imidlertid raskt mer substans. I motsetning til hva tilfellet var ved forrige generasjonsskifte på lokalnettsiden, fra 10 Mbps til 100 Mbps, har vi i dag intet oppdemmet behov å ta hensyn til. Trinnet fra delte 10 Mbps-segmenter til svitsjede, full dupleks 100 Mbps-linjer, er i størrelsesorden 200, ikke 10 – som vi gjerne går ut fra når vi gjør våre raske overslag i det daglige. 100 Mbps full dupleks er mer enn rikelig for 99,9% av alle brukere og anvendelser.

Om vi velger å legge populariteten av trådløse lokalnett til grunn, kommer vi raskt frem til at lokalnettet har fått overallokert båndbredde allerede. Med andre ord foreligger det intet behov for en oppgradering til enda høyere kapasitet ut mot brukerne – verken i dag eller i overskuelig fremtid. Dessuten er det et faktum at de fleste klienter – brukermaskiner og periferiutstyr – ikke er kapasitetsmessig i stand til å håndtere gigabit-hastigheter.

Dette er hva amerikanerne kaller en *no brainer*: Et innlysende faktum som det er trivielt å resonnerer seg frem til. Ikke desto mindre er konklusjonen viktig å ta med i grunnlaget når fremtiden skal planlegges: Infrastrukturen frem til den enkelte bruker er tilfredsstillende med dagens teknologi, og det ligger ingen ting på horisonten som indikerer at behovet skulle forandre seg dramatisk i overskuelig fremtid. De aller fleste tenkelige og utenkelige applikasjoner, inklusive multimedia,

video-distribusjon og interaktiv TV, kan håndteres innenfor rammene av et svitsjet 100 Mbps dupleks segment.

## Hvem har bruk for GE?

Dermed dukker det uunngåelige spørsmålet opp: Har vi egentlig bruk for Gigabit Ethernet? Svaret blir ikke innlysende før vi løfter blikket fra det lokale sprednettet til en større sammenheng. Da ser vi andre forhold som er minst like relevante som det faktum at den enkelte bruker allerede er godt dekket:

- ✓ Brukermengden fortsetter å vokse jevnt og trutt, og bruken er jevnere (mindre transient) enn tidligere. Det betyr at det agregerte båndbreddeforbruket vokser.
- ✓ Mer utstyr, flere noder: I tillegg til brukerne og deres systemer, dukker det stadig opp annet utstyr på nettet – ikke bare printere, som i seg selv representerer en betydelig nettverksmessig belastning,<sup>1</sup> men scannere, prosjektorer, lagrings- og backupsystemer og selvstendige maskiner til nye formål (repsjon, kantine, møterom, produksjonslokaler etc.). Som regel er deres individuelle belastningsprofil beskjeden, men mange bekker små gjør fortsatt en stor å.
- ✓ Nye anvendelser og verktøy forandrer gjennomsnittsbelastningen per bruker. Web-sider fulle av bilder, *Flash*, lyd, videosnutter og kontinuerlige oppdateringer, enorme utskriftsfiler, telefakser, telefonbeskjeder og så videre. Bruken av Windows Terminal Server løsninger drar i motsatt retning, men representerer en midlertidig løsning på veien mot en integrert 'webtop' (se Mellvik-Rapporten nr. 80 og 81).

### Eksplodivt marked for GE?

Det amerikanske analyseselskapet Pioneer Consulting har laget prognoser for markedsutviklingen i GE- og 10GbE-segmentene, og mener at 2005 vil bli det store gjennombruddsåret for GE. Selskapet anslår omsetningen av GE-utstyr til over 30 milliarder USD dette året, med 10GbE et stykke etter, på ca. 13,5 milliarder USD.

I forhold til dagens nivå (4,6 milliarder USD for GE i 2001 – allerede et høyst respektabelt tall) er dette intet mindre enn en eksplosjon. Pioneer tror videre at 55% av markedet vil være utenfor USA i 2005, mot 20% i 2001.

Den mest interessante trenden analyseselskapet mener å se, er at hovedvekten av GE-ekspansjonen blir i ISPenes nettverk, ikke i interne lokalnett. Dette styrker teorien om at de to Ethernet-variantene vil erstatte annen og mer tradisjonell telecom-teknologi i telenettene i løpet av inneværende tiår.

Kort og godt jevnt voksende trafikk som setter åpenbare spor etter seg i stamnett og ryggradsnett. Derfor er det her vi finner GE i dag: Uten store fanfarer har den funnet veien inn i hjertet av våre lokalnett, der den betraktes som en selvfølge og en nødvendighet. Lav pris, lett tilgjengelighet, kjent teknologi med god kompatibilitet mot etablert infrastruktur, og ikke minst muligheten til å bruke eksisterende kabling, har vært viktige katalysatorer i prosessen.

Her ligger selve jokeren for den videre utviklingen – en faktor vi kjenner igjen fra forrige generasjons-skifte: Den nye generasjonen blir like billig som dagens produkter med lavere hastighet. Komponentene blir standardutstyr på tjenere, svitsjer, rutere og til slutt klienter og bærbare systemer, og blir en selvfølgelig del av utstyrsparken. Slik utviklingen peker i dag, vil denne situasjonen være et faktum om

1 Printere representerer en spesielt interessant utfordring i denne forbindelse fordi belastningsprofilen er så transient: Ineffektive drivere og verktøy gjør at utskriftsfilene blir gigantiske, og konsumerer merkbare båndbredde i de sekundene overføringen pågår. Overføringstiden blir lang nok til at belastningen blir merkbare der det ikke er tatt spesielt hensyn til forholdet i planleggingen.

ca. 2 år (2004). En håndfull leverandører<sup>2</sup> har allerede satt sammen utstyrspakker for småkontorer og småbedrifter som de håper skal bidra til å akselerere denne utviklingen. Pakkene får gode skussmål i ferske tester utført av amerikanske fagblader.<sup>3</sup>

Vel så interessant er imidlertid konsekvensene av at en teknologi med så stor kapasitet er tilgjengelig til lav pris og kan utnytte billig infrastruktur: GE truer eksisterende og langt mer kostbar kommunikasjonsteknologi både på lokalplanet (for eksempel i forbindelse med lagringsløsninger, se kommentar om iSCSI på side 27) og i WAN-sammenheng. Kombinert med fiberkabel, som blir rullet ut i millioner av kilometer årlig over hele verden, kan GE fungere over lange distanser, og utklasser tradisjonelle protokoller og mekanismer med sin enkelhet og lave pris. I ryggen har utviklingen også konvergeringen mot IP, som fungerer bedre sammen med Ethernet-teknologi enn med tradisjonelle telecom-teknologier.

## Klar for neste nivå?

Mens GE-ballen ruller med økende hastighet og bredde, kommer neste nivå stille inn i kjølvannet. 10Gb Ethernet (10GbE) kom på banen i eksperimentell forstand i 1999, og er i disse dager å regne som kommersiell og aktuell teknologi – tilgjengelig fra et tyvetalls leverandører som vi skal komme tilbake til nedenfor.

Rent teknologisk er det en tilsnikelse å kalle 10GbE for Ethernet: Det idémessige fundamentet, som er basert på at mange noder deler på og konkurrerer om samme ressurs, er borte. 10GbE er i motsetning til alle sine forgjengere en ren punkt-til-punkt teknologi, ikke en mekanisme for deling av samme fysiske medium mellom flere klienter. Nå er det lenge siden Ethernet ble brukt på denne måten, så de praktiske konsekvensene av forandringen er minimale. Dessuten representerer forandringen en forenkling som kommer både effektivitet og prisutvikling til gode. Sist, men ikke minst er dataformatet det samme som tidligere. Som vi skal se, er dette den viktigste faktoren for kompatibilitet og effektivitet, og årsaken til at Ethernet-navnet kan beholdes.

I tråd med vår innledende diskusjon om GE, er 10GbE ingen faktor når vi skal etablere konektivitet til brukere og klienter: Dette er i høyeste grad stamnett- og langdistanse-teknologi. 10GbEs viktigste tekniske karakteristika understreker forholdet:

- ✓ Alltid full dupleks (i motsetning til tidligere Ethernet-varianter)
- ✓ Kun punkt-til-punkt, CSMA/CD – mekanismer for håndtering av flere noder på samme fysiske kabel – er borte
- ✓ Kun fiber som fysisk infrastruktur (men standarden tar høyde for flere ulike fibertyper/kategorier)<sup>4</sup>

CSMA/CD – Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect

<sup>2</sup> Eksempler på selskaper som leverer slike pakkelasninger er 3Com, Linksys, D-Link, Compex og SMC.

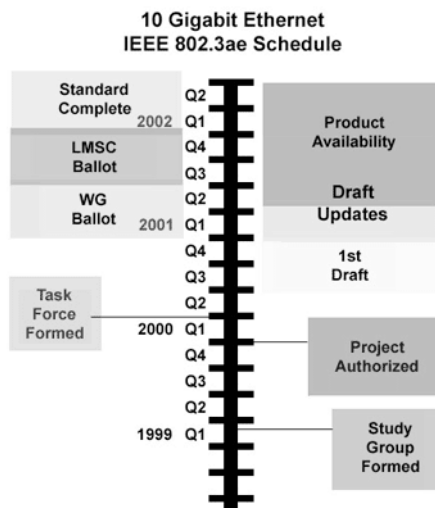
<sup>3</sup> Se <[www.nwfusion.com/net.worker/reviews/2001/1126rev.html](http://www.nwfusion.com/net.worker/reviews/2001/1126rev.html)>.

- ✓ Rekkevidde i utgangspunktet 40 km, som kan økes i kombinasjon med andre teknologier, for eksempel SDH/SONET (10GbE er 'SONET-vennlig', men ikke SONET-kompatibel)
- ✓ Vesentlig billigere enn eksisterende fiberbasert teknologi, uansett anvendelsesområde.

### 10 Gigabit Ethernet standardisering

Standardiseringsprosessen for 10GbE drives av leverandørenes interesseorganisasjon, på samme måte som tilfellet var for både Fast Ethernet og Gigabit Ethernet. 10 Gigabit Ethernet Alliance [www.10gea.org] ble etablert i 1999, og har i samarbeid med IEEE fått frem et standardforslag som er ute til høring i disse dager. Forventningen er at forslaget skal være ratifisert som standard i løpet av første halvår. I tradisjonell Ethernet-stil får standarden navnet 802.3ae.

Selskapene som har bidratt med ressurser til interesseorganisasjonen og arbeidet med standarden er Agilent, AMCC, Avaya, Broadcom, CDT, Cisco, Extreme Networks, Foundry Networks, Intel, Ixia, Lucent, MindSpeed, Nortel Networks, PMC-Sierra, Picolight, Spirent, Tyco og Veilo Communications.



**Figur 1** Standardiseringsprosessen for 10GbE har gått på skinner siden starten i 1999, og ventes fullført innen sommeren 2002.

- ✓ Fortsatt Ethernet: Enkelheten har vært drivkraften for den ene Ethernet-generasjonen etter den andre, og forholdet er fortsatt det samme: En pakke (ofte kalt 'ramme' på dette nivå) kan reise fra en tjener på et GE-nett via 10GbE, Fast Ethernet og DWDM-baserte WAN over halve verden, til en klient på et gammeldags 10 Mbps Ethernet, uten å ompakkes eller reformatteres en eneste gang. Dette er ikke bare unikt, men teknisk enkelt, pålitelig og ekstremt effektivt.

IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers

DWDM – Dense Wave Division Multiplexing

### Anvendelsesområder

Med hensyn til praktiske anvendelsesområder, overlapper 10GbE delvis med GE, men strekker seg lenger utover 'i geografien'. Både eksperter og leverandører tror den vil få størst praktisk betydning i såkalte Metropolitan Area Networks (MAN), områdenett for byer og tettbygde strøk – blant annet på grunn av sine tekniske karakteristika i forhold til fiberkabel og eksisterende transportteknologier.

I et bredere perspektiv er følgende anvendelsesområder interessante for nykommeren:

- 4 Alt håp er på ingen måte ute for kombinasjonen 10GbE og tradisjonell kobberkabel (dvs. kategori 5 nettverkskabel). I likhet med tidligere teknologier som har startet med et rent fiberbasert fundament, har kløktige hoder satt seg i sving for å finne løsninger som tillater bruk av alternative og billigere kabeltyper også for 10GbE. Selskapet SolarFlare Communications i California [www.solarflare.com] hevder å ha teknologi på beddingen som vil tillate 10GbE over kategori 5 parkabel. De er neppe alene om å arbeide med problemet, og sannsynligheten er stor for at løsninger vil finnes i løpet av året. At de vil ligge på siden av standarden i flere år fremover, er en annen sak. Det er også temmelig innlysende at avstanden som kan dekket med slik kabel er beskjeden.

- ✓ **Lokalnett/lagringsnett:** Stamnett, rygggradsnett og ikke minst i lagringsnett. Utsiktene er definitivt skyet for tradisjonelle lagringsnettverk basert på Fibre Channel. 10GbE er raskere enn de fleste bakplan i moderne datamaskiner og kaster ytterligere bensin på flammen som allerede er startet av GE i lagringssegmentet.
- ✓ **Områdenett:** 10GbE overtar der GE stopper i kapasitetsmessig forstand, og områdenettverk er segmentet nykommeren vil få størst utbredelse til å begynne med. Sentraliserings-tankegangen får en ny dimensjon når slike båndbredder blir tilgjengelige. For eksempel blir sikkerhetskopiering som en tjeneste helt naturlig – i stedet for vanskelig og upraktisk.
- ✓ **Fjernnett:** For leverandører av nettverkstjenester, Internett-aksess og tradisjonelle telecom-tjenester er 10GbE en mulighet til å eliminere kostbart utstyr som ikke lenger fyller en rolle i hierarkiet (se margrammen). Dette gir høyere effektivitet og lavere kostnader – en uimotståelig kombinasjon. Dessuten er 10GbE, som vi allerede har vært inne på, 'vennlighetsinn' i forhold til eksisterende fiberteknologi i telenettet, og dermed lett å folde inn i eksisterende systemer uten avbrudd eller dramatiske ombygginger.

### Høna og egget

At standarden fortsatt ikke er endelig (figur 1), har heller ikke denne gang hindret leverandørene i å ta frem produkter. Allerede i 2. halvår 2001 rullet første generasjon ut på markedet. På Networld+Interop-messen i Atlanta i september kunne 18 leverandører demonstrere 10GbE-utstyr som fungerte sammen, en øredøvende markering av at inkubasjonstiden er over.<sup>5</sup>

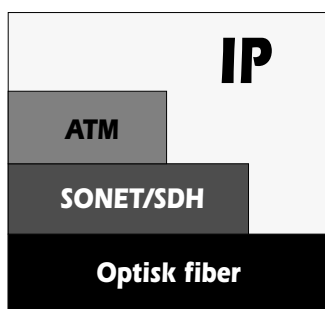
Det betyr at de første installasjonene er i virksomhet allerede, og 2002 vil gi rikelig av praktiske erfaringer. Med standarden endelig ratifisert i løpet av sommeren, vil 2. generasjons produkter være på markedet i 2. halvår, og 10GbE vil for alvor begynne å sette spor etter seg mot slutten av året.

### En sikker vinner

Utviklingen er kommet for langt og de attraktive faktorene er altfor åpenbare til å gi grunnlag for forbehold i disse spådommene. Den minst forutsigbare faktoren er tidspunktet for standardens overføring fra tentativ til offisiell status, men med første produkt-generasjon i drift hos krevende kunder, er det vanskelig å se for seg at en forsinkelse her skulle få praktiske konsekvenser av betydning. Når mai måned opprinner og Networld+Interop går av stabelen i Las Vegas, vil 10GbE være en naturlig del av både messenettverket og produktspekteret hos samtlige av de etablerte leverandørene.

Spenningen knytter seg i større grad til konsekvensen av at 10GbE tikker inn i telenettene: Behovet for billig og tilgjengelig båndbredde

<sup>5</sup> Leverandørene er de samme som nevnes i figur 1.



I dagens telenett finner vi det ene laget over det andre – protokoller og mekanismer laget for å optimalisere deling av kapasiteten mellom ulike trafikktyper og behov. Når all trafikk blir IP-basert, og teknologien i begge ender er Ethernet, blir disse lagene en hindring i stedet for en nødvendighet. Derfor er det optimalt å bli kvitt dem, en utvikling introduksjonen av 10GbE i områdenett og fjernnett vil bidra til å akselerere.

fortsetter å vokse, og situasjonen er allerede i dag den at over 90% av trafikken som traverserer fjernnett og områdenettverk, kommer fra og skal til et Ethernet. De tradisjonelle mekanismene i telenettet kommer dermed i veien for optimal bruk. Historien har løpt fra dem, og de vil forsvinne over tid, selv om tradisjoner og gammel skole hos telecom-selskapene vegrer seg. Det hele handler til slutt om lønnsomhet og økonomi, og resultatet er innlysende.

### Telenettens motorvei

Anvendelsesområdet for 10GbE de neste to årene gir praktisk talt seg selv: Dette blir en motorvei, godt ute av syne for både brukere, klienter og tjenere. Det finnes ikke annet utstyr enn svitsjer som har kapasitet nok til å svelge unna trafikk med slike hastigheter i dag. Teknologien blir imidlertid ikke mindre nyttig av den grunn. De første brukermiljøene har 10- eller 20-doblet den effektive kapasiteten i sitt ryggradsnett – og erfarer minimale funksjonelle problemer. Å føre den høye hastigheten rett inn i en tjener, er uinteressant på nåværende stadium, og kan sammenlignes med å føre motorveien helt frem til garasjen: 10GbE er en autostrada av kolossale dimensjoner, som typisk vil transportere (aggregere) 10, 20 eller 50 GE forbindelser.

### Katalysator for informasjonssamfunnet

For leverandører av kommunikasjonstjenester – og spesielt eiere av fiberbasert infrastruktur – representerer 10GbE en formidabel mulighet, som spesielt de ferske aktørene i markedet, uten en lang telecom-historie å slite med, vil vite å utnytte. For eksempel vil kabelTV-selskaper, som i store deler av den vestlige verden har investert tungt i en oppgradering til fiberbasert distribusjonsnett de siste årene, ha glimrende muligheter til å ikke bare øke sin reelle kapasitet, men til å gjøre programdistribusjonen digital når som helst. På kjøpet får de store kapasitetsreserver som kan selges eller benyttes til nye tjenester – for eksempel videoutleie, musikkdistribusjon eller databaserte tjenester.

De som eier båndbredden, sitter på nøkkelen til både tjenestene og inntekspotensialet. Det vi har sett så langt av digitale tjenester, blekner fullstendig når båndbredde av slike dimensjoner blir tilgjengelig. Hva skal vi for eksempel med hjemme-PC, som må administreres, ominstalleres, repareres og fikses i øst og vest, når vi kan leie tilsvarende til en rimelig penge og få mer produktiv tid i stedet for bortkastet tid, penger og frustrasjoner?

### Enda en drivkraft mot 'IP over alt'

Med Ethernet og IP som grunnleggende transportmekanismer i fremtidens kommunikasjonsnettverk, øker attraktiviteten av å benytte Ethernet helt frem til sluttbrukeren, uansett hvilken applikasjon som er aktuell. Begynnelsen av denne utviklingen ser vi i dagens DSL- og kabelTV-teknologi, som allerede leverer Ethernet til sluttbrukeren.

Neste trinn er å heve båndbredden vesentlig, og teknologien som utpeker seg i den forbindelse er GE, Gigabit Ethernet. Det betyr ikke at

hver bruker får gigabit båndbredde inn i huset – like lite som DLS-brukere i dag får 10 Mbps på sin linje. GE blir kommunikasjonsmekanismen, fordi det er billig og praktisk. Dessuten får vi på den måten stor takhøyde for videre ekspansjon av den virkelige båndbredden – når vi trenger den og er villige til å betale for den. Det kalles å få i pose og i sekk, mer kan vi ikke ønske oss.

### Neste trinn

Samtidig med at 10GbE går fra papir- til produkt-stadiet, er arbeidet med neste teknologi-generasjon i full gang – helt i tråd med tradisjonene. Sannsynligheten er stor for at spesifikasjonen blir ferdig i løpet av året, mens det vil ta enda et år eller to å gjøre den til standard. Forandringene i forhold til 10GbE er beskjedne, og det er fortsatt uklart hvilken kapasitet (hastighet) som vil bli lagt til grunn. Ekspertene stridtes om tre alternativer: En ny multiplikasjon med 10, til 100 Gbps, synes som det naturlige trinn. Ulempen er at det ikke finnes optisk basisteknologi som støtter en slik hastighet i dag. Alternativene er SONET OC-768 (40 Gbps) og SONET OC-3072 (160 Gbps) – som gir kortere vei til målet, men samtidig har historisk ballast som ikke nødvendigvis er positiv. Det kan ikke utelukkes at standard-forslaget vil dekke to eller tre av disse mulighetene – en uønsket, men ikke umulig situasjon.

Et annet tema som stadig skaper debatt, er ramme-størrelsen: Tungt skyts fra mange hold har helt siden 100 Mbps Ethernet ble spesifisert, fremholdt at større rammer (pakker) er nødvendig for optimal utnyttelse av transportteknologien. Ethernet-standarder sier ca. 1500 bytes, og har holdt stand så langt – ikke fordi den gir god effektivitet, men fordi gevinsten med kompatibilitet fra ende til ende er så stor: Når vi ingen steder i nettverket må ta høyde for situasjoner der pakker må omformateres, fragmenteres og re-assembleres, blir enkelheten besnærende. Argumentet er fortsatt det samme, men for hvert trinn opp i hastighet, blir effektivitets-gevinsten av store rammer (*jumbo frames*) større.

Hvilken vei det slår ut denne gangen, er umulig å si i dag. I lys av ATMs 53-byte rammer, blir diskusjonen ganske bisarr, men det er viktig å huske hvem som ønsker hva: Telecom-leiren vil ha smått og fleksibelt, datacom-leiren vil ha stort og effektivt ("vi må få over 50 GB på under et sekund!"). Vi oppfatter sannsynligheten for at dagens rammer beholdes, som overveiende: Ved de hastighetene vi her snakker om, er det en utfordring av monumentale proporsjoner å splitte og re-assemblere datapakker *on the fly*. I en slik sammenheng blir 2 GHz prosessorer for rene sinker å regne.

### En stille revolusjon

Er det rimelig å kalle 10GbE for en stille revolusjon, slik vi gjør innledningsvis? Uten tvil – og den er bare såvidt begynt! ■