

FoU N 52/2001

Hege Skaug og Torodd Olsen

Trådløse optiske nettverk

Tittel	FoU Notat	52/2001
Trådløse optiske nettverk	ISBN	
	ISSN	0809-1021
	Prosjekt nr	RX0111
	Program	Sikkerhet og mobilitet
	Gradering	ÅPEN
	Antall sider	
	Dato	01.06.28

Forfatter(e)

Hege Skaug og Torodd Olsen

Emneord

Frittromsoptikk, optiske nett, aksessteknologier

Sammendrag

Etterspørselen etter bredbåndstjenester er høy, og dette fører til rask utvikling av nye aksessteknologier. Trådløse optiske nettverk er en av disse teknologiene. I dette notatet fremkommer en funksjonell beskrivelse av teknologien, sikkerhetsaspekter ved denne, samt noen relevante tallfestede ytelsesparametere. Arbeidet er utført som bidrag til prosjektet TORRENT, som inngår i EU's forskningsprogram IST.

Title

Wireless Optical Networks

Abstract

The demand for broadband services is growing dramatically, and new broadband access technologies are developing. One of these technologies is Wireless Optical Networking. In this document I focus on the functional description of WON, security aspects, and also some relevant parameters to complete the description. The work was carried out within the project called TORRENT, which is a part of the IST research programme.

© Telenor AS 28.06.01

Det må ikke kopieres fra denne rapport utover det som er tillatt etter bestemmelsene i "Lov om opphavsrett til åndsverk", "Lov om rett til fotografi" og "Avtale mellom staten og rettighetshavernes organisasjoner om kopiering av opphavsrettslig beskyttet verk i undervisningsvirksomhet".

Innholdsfortegnelse

1 Funksjonell beskrivelse.....	1
1.2 Linken.....	1
1.3 Rask utvikling	1
1.4 Bruksområder.....	1
1.5 Tilgjengelighet og pålitelighet	2
1.6 Nettverks-arkitekturer	3
1.6.1 Punkt-til-punkt topologi.....	3
1.6.2 Nav-og-eike topologi.....	3
1.6.3 Ring-arkitektur.....	4
1.6.4 Maske-arkitektur.....	4
1.7 Fordeler i forhold til andre trådløse teknologier	5
1.8 Fordeler i forhold til fiberoptikk	5
1.9 WON som utfyllende teknologi	5
1.10 Bølglengde- multipleksing (Wavelength Division Multiplexing).....	6
1.10.1 Beskrivelse av WDM.....	6
1.10.2 Bruksområder for WDM.....	6
2 Sikkerhetsaspekter.....	7
2.1 Linken.....	7
2.2 Trafikk til kjernenettet.....	7
2.3 Administrasjon av abonnenter.....	7
3 Rekkevidde i forbindelse med svekkelse og tilgjengelighet.....	8
4 Tabelloversikt	9
5 Kildereferanser.....	10

1 Funksjonell beskrivelse

1.1 Innledning

Etterspørselen etter bredbåndstjenester øker dramatisk, og nye aksessteknologier for bredbåndstjenester er i utvikling. En av disse teknologiene er trådløse optiske nettverk (Wireless Optical Networks (WON)), som er en bredbånds aksessteknologi som benytter seg av konseptet om frittroms-optikk (FSO).

Trådløse optiske nettverk er en kombinasjon av to forskjellige teknologier: frittroms-optikk og telekommunikasjon. WON leverer høy-båndbredde aksess gjennom luften ved hjelp av usynlige lysståler. Et trådløst optisk nettverk består av sammenkoblede frittroms optiske kommunikasjonslinker. Nettverket tilbyr flere ruter til hver bygning, og kan rute rundt feil i nettverket dersom dette skulle oppstå.

1.2 Linken

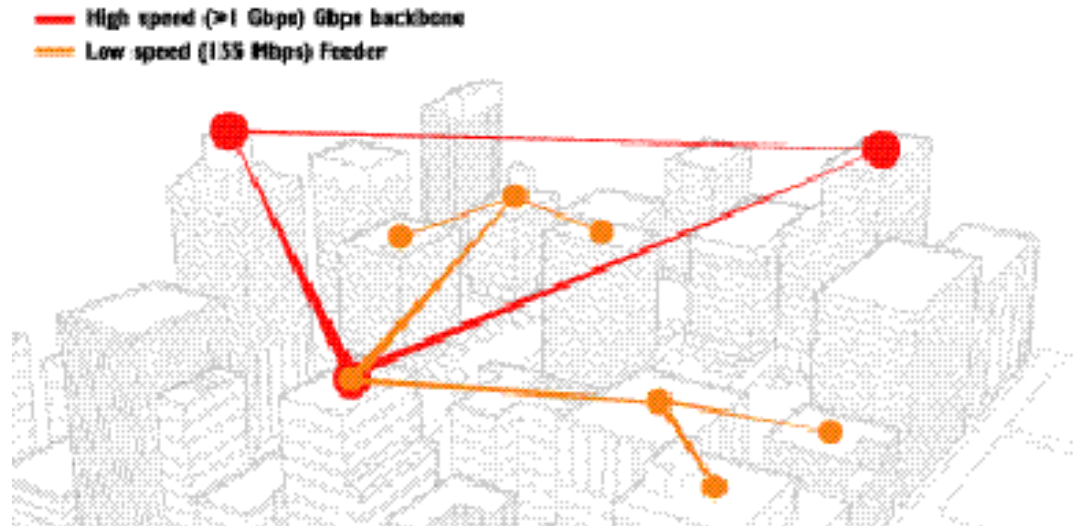
En frittroms optisk link består av to optiske sendere/mottakere som er innrettet med klar synsvidde til hverandre. De optiske senderne/mottakerne tilbyr full toveis overføring ved hjelp av en laser transmitter og en lysdetektor. Senderne/mottakerne er vanligvis montert på tak på bygninger, men kan også monteres på siden av bygningen og bak glassvinduer.

1.3 Rask utvikling

Frittroms optikk muliggjør veldig rask utbygging av bredbåndstjenester til bygninger, og er også konkurransedyktig med hensyn til pris. Det å tilkoble bygninger som ligger nær nettverket ved hjelp av fiber, er et tidkrevende og dyrt alternativ. De trådløse optiske linkene kan utbygges i løpet av noen få timer. Dette er dermed billigere og mer fleksibelt enn andre teknologier, noe som gjør denne løsningen mer attraktiv i en rekke tilfeller.

1.4 Bruksområder

WON teknologi er designet for kommersielle bygninger i nærheten av en fiberring i et byområde, eller i et forretningspark-område. Teknologien kan også brukes til å forbinde boligblokker til en fiberring.



Figur 1: Et eksempel på en WON infrastruktur

1.5 Tilgjengelighet og pålitelighet

Tilgjengeligheten bestemmes av lengden på linken og av tåkemønsteret i det lokale området. Kortere linker fører til bedre utførelse, og lengden på linken må tilpasses det spesifikke lokasjonsområdet, gitt værforholdene her. Tåke påvirker linken i betydelig grad, mens regn representerer ikke et stort problem for den optiske linken. Selv i kraftig regnvær (skybrudd på 100mm/hr), er maksimal svekkelse på 20 dB/km. Dette er på grunn av at tåke-dråpenes radius (5 til 15 μm) er på størrelse med laser bølglengden, mens regndråpenes størrelse er mellom 200 og 2000 μm .

Interferens fra solen må tas i betraktning når man skal planlegge et nettverk. For å forhindre skade fra direkte sollys, kan filtre bygges inn i systemet. Det anbefales riktignok at systemer ikke bør monteres i øst-vest retning, for å unngå direkte sollys. Linker som har potensiale for krysninger av sollys er generelt utelatt fra en nettverksplan, bortsett fra linker som fungerer som backup løsninger.

Dersom en fugl blokkerer åpningen på senderen/mottakeren fullstendig, vil forbindelsen bli midlertidig brutt. Den optiske linken vil automatisk etableres på nytt med en gang fuglen har passert. I tillegg vil eventuelle mistede datapakker automatisk retransmitteres.

Bygninger beveger på seg, og dette kan føre til at lysstråler kommer ut av posisjon. De optiske senderne/mottakerne må ta dette i betraktning ved å akseptere avvik fra lysstrålens normale lokasjon. Dette kan realiseres ved hjelp av et automatisk oppsporingssystem.

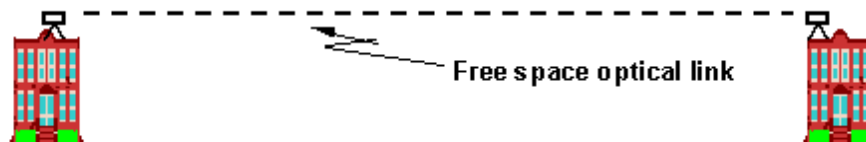
Noen systemer løser pålitelighetsproblematikken ved å benytte seg av en backup hybrid optisk-/mikrobølge-link. Å bruke radio og laser sammen er en spesielt bra løsning, fordi mikrobølge-transmisjon påvirkes mer av regn (på grunn av at bærer bølglengden er nærmere størrelsen på en regndråpe), og en laser transmisjon påvirkes mer av tåke. Nylige studier viser at forhold hvor kraftig regn og tykk tåke forekommer samtidig, noe som ville forårsake at både laser- og mikrobølge-transmisjonene ble brutt, er ekstremt sjelden. Disse statistiske vær-studiene indikerer at telecombransjens målsetning om en tilgjengelighet på 99,999 % er oppnåelig, med korte rekkevidder med primære FSO-systemer bakkett opp av mikrobølger. Redundant maskenett-topologi er også med på å forbedre tilgjengeligheten.

1.6 Nettverks-topologier

Det finnes flere ulike nettverks-topologier som trådløse optiske nettverk kan utformes som.

1.6.1 Punkt-til-punkt topologi

I punkt-til-punkt løsningen er det en punkt-til-punkt link mellom senderen og mottakeren, og det er ingen alternative veier i nettverket som disse elementene kan kommunisere ved hjelp av. Fordelene med denne topologien er at hver link er uavhengig, topologien er veldig enkel, og den krever ingen avansert planlegging av nettverket på forhånd. Ulempene er at den optiske linken er et svakt ledd i nettverket som det kan oppstå feil på, og dette vil da forårsake at forbindelsen nødvendigvis blir brutt. Lengre avstander fører til lavere tilgjengelighet.



Figur 2: Punkt-til-punkt topologi

1.6.2 Nav-og-eike topologi

I denne topologien er flere noder forbundet til et nav ved hjelp av optiske, frittroms punkt-til-punkt linker. Denne topologien byr på følgende fordeler: Det faktum at all trafikk blir samlet i ett punkt før den sendes videre, fører til en mer effektiv forbindelse til kjernenet. Og som ovenfor er også denne topologien enkel og krever ikke mye planlegging på forhånd. Blant ulempene er igjen det at hver link er et svakt ledd i nettverket, og at lengre avstander mellom sendere/mottakere gir lavere tilgjengelighet. Plasseringen av navet er avgjørende for å kunne maksimere antall bygninger innen synsvidde. Utviklingen av navet og kostnadene i forbindelse med dette er også blant ulempene for denne topologien.

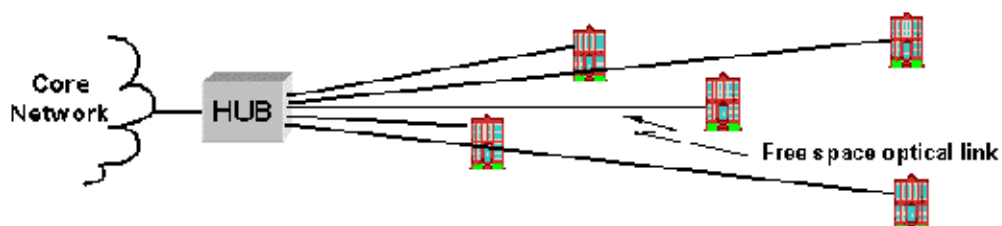


Figure 3: Nav og eike topologi

1.6.3 Ring-topologi

Ring-topologi er nok en topologi, hvor nodene er forbundet til hverandre i en ring. Bare et fåtall av nodene er forbundet til kjernenettverket. Denne topologien tilbyr følgende fordeler: Hver optiske link er ikke et svakt ledd i nettverket, fordi det er to veier ut av enhver node, en i hver retning i ringen. Kortere optiske linker og to veier ut av hver node fører til bedre tilgjengelighet. Trafikk blir samlet i bestemte punkter før den sendes videre, noe som gir en effektiv forbindelse til kjernenettverket. Ulempene med denne topologien er at trafikk som sendes to veier, sløser med båndbredde, og at nettverkstopologien er kompleks. Et stort antall hopp mellom noder og behovet for flere overlappende ringer, fører til lav skalerbarhet for store nettverk. Skalerbarhet er en viktig egenskap ved et nettverk.

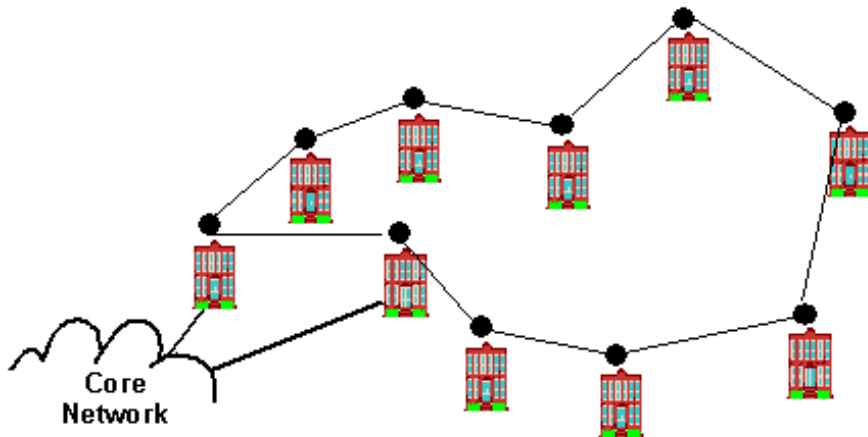


Figure 4: Ringtopologi

1.6.4 Maske-topologi

Maske-topologi er en veldig vanlig topologi for trådløse optiske nettverk, og dette er den av topologiene som er mest pålitelig. I denne topologien er nodene masket sammen, noe som fører til at hver node har flere alternative veier å nå alle andre noder i nettverket på. Noen få av nodene er forbundet med kjernenettverket. Fordelene med denne metoden er som følger: Den optiske linken er ikke et svakt ledd, fordi masketopologien muliggjør alternative veier i nettverket. Kortere linker og maske reruting gir høyere tilgjengelighet. Det at trafikken samles i bestemte punkter før videre overføring, gir en mer effektiv forbindelse til kjernenettverket. En ulempe er at maske-topologien er dyrere, fordi flere linker må til for hvert enkelt tilkoblingspunkt. Denne topologien er også mer kompleks, og krever god planlegging av nettverket på forhånd. Den høye tilgjengeligheten går på bekostning av at topologien er dyr å realisere.

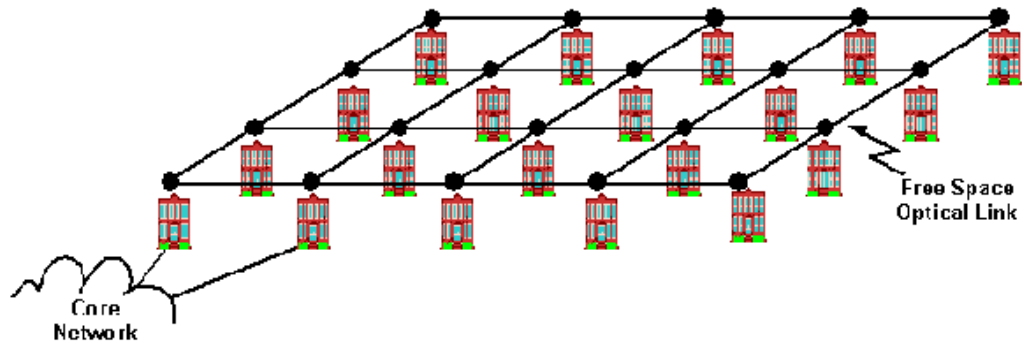


Figure 5: Masketopologi

1.7 Fordeler i forhold til andre trådløse teknologier

Bruken av det infrarøde signalspekteret tilbyr en mye høyere båndbredde enn mikrobølge. I tillegg tilbyr infrarød en sikrere metode for datatransmisjon, ved å benytte en veldig smal stråle som er vanskelig å fange opp. For å fange opp transmisjonen, er man nødt til å vite lysstrålens eksakte lokasjon, og man må ha evnen til å finne lysstrålens vei. En eventuell oppsnapping vil bli oppdaget umiddelbart, fordi kommunikasjonslinjen ville bli forstyrret eller brutt helt.

1.8 Fordeler i forhold til fiberoptikk

Fordelene med FSO i forhold til fiberoptikk er primært av økonomisk art. Fritt-roms optisk kommunikasjon tilbyr et attraktivt alternativ til fiberoptikk, som har kostnadene i forbindelse med å grave i grøfter for å legge fiber-kabler. Andre fordeler er at infrarød ikke krever noen form for lisenser eller tillatelser, og at man unngår kostnadene knyttet til leie av fiber-kabler. Ulempen er at FSO kommunikasjon er utsatt for atmosfæriske effekter som fører til svekkelse av signalet.

1.9 WON som utfyllende teknologi

Trådløse optiske nettverk er veldig utfyllende for siste-km teknologier som fiber, mikrobølge og kobber. Disse teknologiene peker på ulike markedssegmenter basert på: teknologiene, de tekniske egenskapene rekkevidde og båndbredde, samt økonomiske realiteter.

Noen av fabrikantene for trådløse optiske nettverk er følgende:

- Airfiber
- Optical Access
- Terabeam
- Optical Crossing

1.10 Bølgelengde-multipleksing (Wavelength Division Multiplexing)

1.10.1 Beskrivelse av WDM

Fremtidig utvikling av WON teknologi vil inkludere introduksjonen av et WDM lag.

Bølgelengde-multipleksing (WDM) er en optisk multipleksings-teknikk som kan brukes for å øke bærekapasiteten til et nettverk, over det som er mulig med tidsmultipleksings-teknikker (TDM). WDM har vært i bruk i kjernenettverket en stund, og blir nå introdusert for aksessnettverket. Høy båndbredde, forbedret fleksibilitet og større muligheter for oppgradering er blant fordelene for WDM.

En av de karakteristiske trekkene ved et aksess-nettverk er at det tilgrenser kundens premisser direkte, og må derfor tilpasse seg til en rekke dataformater og datarater. WDM leverer dette mangfoldet av tjenester gjennom sin naturlige evne til å holde en høy grad av isolasjon mellom kundene.

Et aksessnettverk må være skalerbart, både med hensyn til antall kunder og etterspørselen til en hvilken som helst kunde. I en WDM-løsning kan flere kunder kobles til i nettverket ved å legge til ekstra bølgelengder (opp til en grense). WDM tilbyr gode muligheter for oppgradering, i og med at tildeling av en bølgelengde til hver kunde i stor grad fører til en naturlig isolasjon mellom kundene.

Fleksibiliteten og skalerbarheten til en WDM aksess-arkitektur viser et potensiale til å utvikle aksess-nettverk som kan møte kunders krav og etterspørsel i fremtiden, både i forretningsmarkedet og for husstander.

1.10.2 Bruksområder for WDM

Det viktigste bruksområdet for WON er økning av båndbredden i infrastrukturen. Et annet bruksområde er isolering av tjenester. Dette kan realiseres ved å tilby flere ulike tjenester på forskjellige bølgelengder. Isolering av kunder kan være nok et bruksområde for WDM. Teknologien kan dermed tillate uavhengige overliggende nettverk å dele den samme infrastrukturen av fiber, og med dette skille mellom kunders bruk av båndbredde samt kundenes krav til tjenestekvalitet. Fra brukerens perspektiv, kan friheten til å selv velge tjeneste-leverandør bli sett på som en tjeneste i seg selv. En forbindelse til en bestemt tjeneste-leverandør kan utføres på det optiske laget ved å tildele en eller flere dedikerte bølgelengder mellom kunden og den ønskede tjeneste-leverandøren.

2 Sikkerhetsaspekter

2.1 Linken

Den trådløse optiske linken er veldig direktiv. Den optiske lysstrålens utstrekning er omtrentlig på størrelse med diameteren til den lille optiske mottakeren på kundens side. Fordi det overførte signalet forblir innen denne smale optiske veien mellom den sendende og den mottagende enhet, kan ikke en annen mottaker fange opp overføringen uten å bryte forbindelsen mellom de to.

2.2 Trafikk til kjernenettet

For å sørge for sikkerhet for trafikken som sendes til kjernenettverket, brukes Multi Protocol Label Switching (MPLS) tunnelering for å overføre data. MPLS tilbyr en privat virtuell forbindelse mellom to punkter i nettverket, veldig likt som Frame Relay. Dette sikrer kundens forbindelse i nettverket.

2.3 Administrasjon av abonnenter

Når det gjelder administrasjon av abonnenter, er det generelt nødvendig med autentisering og autorisasjon. Autentisering er prosedyren hvor en bruker eller en enhet verifiserer sin identitet. Autorisasjon er prosessen hvor brukere blir gitt tilgang til å aksessere spesifikke ressurser. Autentisering kan realiseres ved hjelp av innlogging av brukere med brukernavn og passord. Autorisasjon kan realiseres ved hjelp av aksesskontroll-mekanismer.

Kryptering av overføringen vil gi en enda bedre sikkerhet.

3 Rekkevidde i forbindelse med svekkelse og tilgjengelighet

Her er det presentert to eksempler på sammenhengen mellom rekkevidde, svekkelse og tilgjengelighet. Generelt gjelder det at det tolereres mindre svekkelse, samt at tilgjengeligheten blir dårligere jo lenger avstand det er mellom sender og mottaker.

1. Rekkevidde:	1 km
Maksimum tillatte atmosfærisk svekkelse:	20 dB
Tilgjengelighet:	99 %
2. Rekkevidde:	2 km
Maksimum tillatte atmosfærisk svekkelse:	13 dB
Tilgjengelighet:	98 %

4 Tabelloversikt

	Bånd- bredde	Rekke- vidde	BER	MTBF	Tilgjeng- elighet	Pris	Topografisk bruksområde	Protokoller
WON	1 Mbps – 2.5 Gbps	200 m – 3.75 km	10^{-12} – 10^{-9}	8 – 10 år per system	98 % - 99.999% *	\$50.000 per par	Sentrum i byer. Større forretnings- parker. Boligblokker.	MIBs for ATM og SDH. Ethernet 802.3. IP over Ethernet.

Tabell 1: Karakteristikk ved WON

- Verdien av denne parameteren er observert i Los Angeles, California, hvor værforholdene avviker til en viss grad fra værforholdene i de ulike delene av Europa. Det er derfor grunn til å tro at tilgjengeligheten vil være litt dårligere i Europa, på grunn av at værforhold og tilgjengelighet er så nært knyttet til hverandre for denne typen teknologi.

5 Kildereferanser

1. Airfiber: <http://www.airfiber.com>
2. Optical Access: <http://www.opticalaccess.com>
3. Terabeam: <http://www.terabeam.com>
4. Lightwave: <http://lw.pennnet.com/home.cfm>
5. Converge Network Digest: <http://www.convergedigest.com>
6. Optical Crossing: <http://www.opticalcrossing.com>
7. TI (Texas Instruments): <http://www.ti.com>
8. Lightreading: <http://www.lightreading.com>
9. Laser Focus World: <http://lfw.pennnet.com/home.cfm>