

Optimale benutting van het spectrum

ACM maakt draadloze backbone-infrastructuur flexibel

Adaptive Coding and Modulation is ontwikkeld om operators te helpen hun kostbare spectrum optimaal te gebruiken en de backbone-capaciteit via microlinks zowel qua bandbreedte, als kosten te optimaliseren. Dankzij de technologie is de capaciteit van een transmissiekanaal ook altijd optimaal afgestemd op variërende omgevingsfactoren als regen en wind.

Door Hans Steeman

Zendmasten met microgolfdishes (Bron: Ericsson).

Draadloze point-to-point-verbindingen, zoals microgolfverbindingen, worden wereldwijd ingezet bij ongeveer 50 procent van de backbone-verbindingen van onder meer mobiele netwerkoperators. Ze staan, als netwerken moeten worden uitgebreid, garant voor een simpele en uiterst effectieve oplossing. Draadloze verbindingen hebben een hogere bandbreedte dan traditionele koperoplossingen als T1/E1 en zijn veel goedkoper dan optische oplossingen. Elk voordeel heeft zijn nadeel en microgolfverbindingen zijn daar geen uitzondering op. Vooral weersinvloeden, regen, sneeuw en wind, kunnen flinke impact hebben op de kwaliteit van een radioverbinding. Producten op basis van de nieuwe *Adaptive Coding and Modulation* (ACM)-technologie zijn ontwikkeld om een automatische optimalisatie van de radio-interface mogelijk te maken. Hiermee wordt voorkomen dat verbindingen uitvallen of onderbroken worden bij slechte weersomstandigheden.

Datahonger

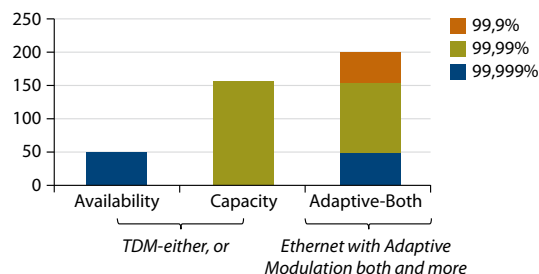
Mobiele communicatie verandert in snel tempo. De ontwikkeling waar zo'n zeven jaar geleden met de UMTS-veilingen op werd gehoopt, zet nu eindelijk door. Steeds meer gebruikers ontdekken mobiel internet. Gecombineerd met de introductie van HSPA, betekent dit dat de traditionele huurlijnverbindingen in de backbones van het netwerk niet meer voldoen en te duur worden. De capaciteit is te klein en er is bijna geen flexibiliteit. Toch is het dataverkeer van de eindgebruikers nog lang niet verantwoordelijk voor een significant deel van de omzet van mobiele operators. Spraakdiensten zijn nog steeds de belangrijkste bron van inkomsten. Maar er zijn lichtpuntjes aan de horizon. In tegenstelling tot realtime-diensten als spraak en video, is het voor de meeste datadiensten absoluut niet nodig de beroemde *five nines*, of 99,999 procent beschikbaarheid, te realiseren. Een vertraging van 50 milliseconden is in gesprekken zeer hinderlijk, maar wordt bij het webbrowsen absoluut niet opgemerkt. Bij surfen en het ophalen van e-mail is een kleine vertraging, zelfs als hij enkele seconden bedraagt, in veel gevallen nog acceptabel. Vandaar dat netwerkplanners flexibel te werk kunnen gaan en voor spraak de vertraging met een betrouwbaarheid van 99,999 procent managen, terwijl voor tal van datadiensten 99,99 procent of 99,9 procent nog acceptabel zijn. Ter illustratie een vergelijking tussen een TDM-oplossing en een Ethernet-

stelsel met ACM. Een *DS-3-service* kan over een verbinding van 50 Mbps worden geleverd met een beschikbaarheid van 99,999 procent. Als alternatief kan over deze interface ook mogelijk 155 Mbps met een 99,99 procent beschikbaarheid worden geleverd. Wordt voor Ethernet met ACM gekozen, dan kan op basis van dezelfde apparatuur en etherruimte een scala aan diensten worden geboden. *Carrier class* 50 Mbps met de 99,999 procent betrouwbaarheid, maar ook nog een 105 Mbps-diensten met 99,99 procent beschikbaarheid en als derde 45 Mbps met 99,9 procent beschikbaarheid. Dit betekent dus bruto 200 Mbps over dezelfde verbinding. Omdat ACM dus de capaciteit en beschikbaarheid van de Ethernet-verbinding aanzienlijk kan opvoeren, zonder dat er additionele investeringen in spectrum en netwerkplanning nodig zijn, heeft deze technologie voor operators belangrijke voordelen.

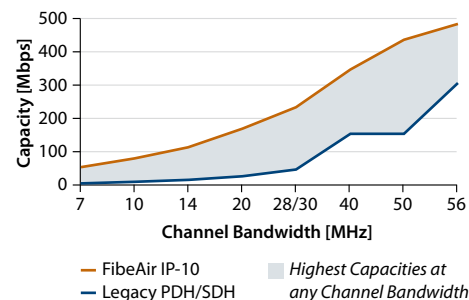
Beperkt spectrum

In gebieden waar weinig of geen spectrum voor microgolfverbindingen beschikbaar is, zorgt ACM ervoor dat de beschikbare ruimte maximaal wordt benut en er dus meer rendement uit de waardevolle licentie kan worden gehaald. De extra bandbreedte betekent voor operators dat zij, zonder investeringen in nieuwe verbindingen, de groei die de nieuwe vraag van de mobiele gebruikers met zich meebrengt, kunnen opvangen. Zelfs als er geen extra spectrum beschikbaar is. Figuur 1 laat de winst zien die per beschikbaar kanaal kan worden gerealiseerd (zie figuur 1).

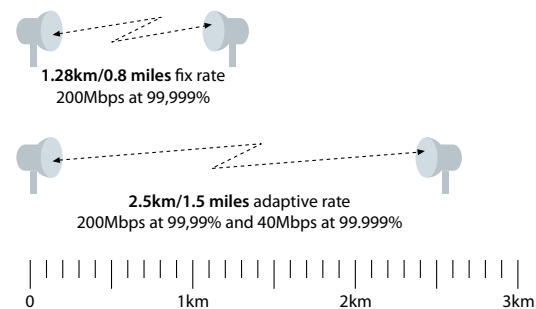
Voor operators heeft deze winst als belangrijk voordeel dat microgolfverbindingen met ACM, binnen het bestaande spectrum, meer data over grotere afstanden kunnen transporteren. Het is daarmee niet noodzakelijk om extra licenties te kopen en dit geeft een aanzienlijke reductie op de operationele kosten. Het verminderen van het aantal knooppunten heeft eveneens een positieve uitstraling op zowel operationele kosten, als op de investeringen die nodig zijn. Elk knooppunt brengt kosten met zich mee in de vorm van hardware, licenties en het huren van ruimte op opstelpunten. In sommige gevallen kunnen zelfs opstelpunten, de zendmasten, worden uitgespaard. Ook voor het milieu, energiekosten en horizonvervuiling een positieve ontwikkeling. Minder microgolfzenders op een mast betekent ook dat er meer ruimte overblijft voor de antennes



Figuur 1. Microgolfverbindingen op basis van Ethernet die ACM gebruiken, resulteren in meer bandbreedte en een hogere beschikbaarheid.



Figuur 2. Wanneer er ACM wordt gebruikt, dan resulteert dat een efficiënter gebruik van het schaarse en kostbare spectrum.

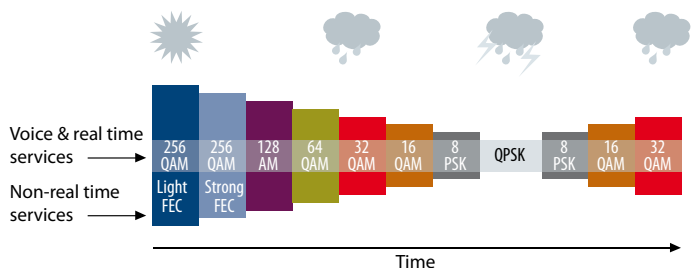


ACM zorgt niet alleen voor een hogere bandbreedte, ook de afstanden die door een link kunnen worden overbrugd nemen toe.

die nodig zijn voor de feitelijke gsm- en UMTS-verbindingen. Het nettoresultaat hiervan is extra ruimte voor site sharing.

Technologie

ACM verwijst naar een automatische optimalisatie van een draadloos communicatiesysteem, waardoor de verbinding steeds voor de ontvangstcondities wordt geoptimaliseerd. Hierdoor worden negatieve effecten van regen en wind die gewoonlijk de transmissie storen verminderd. Bij extreme weersomstandigheden, zoals storm, die gewoonlijk spraak- en dataverbindingen flink storen, zorgt de ACM-modulatie ervoor dat deze onderbrekingen in realtime worden geëlimineerd. Hierdoor blijft de communicatie zonder merkbare storingen



Een ander voordeel van ACM is dat er kleinere schotels kunnen worden gebruikt. Ter vergelijking een 4 feet schotel zonder adaptieve modulatie en een 1 feet schotel met adaptieve modulatie.

Without Adaptive Modulation: requires 4 ft antennas

Modulation	Average Throughput (Mbps)	Availability (%)	Unavailability of modulation
256QAM(2)	500	99.999	approx. 68sec

Outage - 3 minutes and 12 seconds

With Adaptive Modulation: requires 1 ft antennas

Modulation	Average Throughput (Mbps)	Availability (%)	Unavailability of modulation
QPSK	100	99.999	3min, 30sec
8PSK	125	99.999	3min, 30sec
16QAM	200	99.997	13min, 40sec
32QAM	250	99.999	16min, 42sec
64QAM	300	99.999	20min, 35sec
128QAM	350	99.992	27min, 35sec
256QAM(1)	400	99.999	35min, 35sec
256QAM(2)	500	99.999	46min, 45sec

Source: Ceragon Networks

4.5km/2.8 miles path, 56MHz channel, 400Mbps, 256QAM, 99.999% availability

ACM past onmerkbaar zowel de codering, als de modulatie van het signaal aan, wanneer weersinvloeden de transmissie van de microgolfsignalen beïnvloeden. Hierdoor is de doorvoer steeds optimaal.

bitrate voor de gebruikers. De bitrate wordt opgebouwd uit verschillende componenten: de symboolsnelheid x het aantal bits/symbool x de coderingssnelheid. De feitelijke bitrate voor datatransport over een gegeven kanaal is dus afhankelijk van zowel de modulatie, als van de codering. De efficiëntie van de modulatie wordt bepaald door de informatie die elk symbool met zich meebrengt. Zo kan een QPSK-symbool twee bits transporteren, terwijl een 256 QAM acht bit vertegenwoordigd per symbool. De codering bepaalt vervolgens hoeveel bits van de getransporteerde data echte waardevolle bits zijn voor de eindgebruikers. Een gedeelte van de transportcapaciteit gaat immers verloren aan de bits die nodig zijn voor de foutcorrectie, redundantie. Zo betekent een codering van 0,9 dat 10 procent van de bandbreedte voor foutcorrectiesignalen wordt gebruikt, de redundante bits. Als het systeem een sterkere codering nodig heeft om alle fouten te herstellen, kan dat afnemen tot 0,8. Hierdoor is de codering robuuster, maar vermindert de effectieve transportcapaciteit.

Zowel de modulatie als de codering worden sterk beïnvloed door de signaal/ruis-verhouding (SNR) van het transmissiekanaal. Als de modulatie hoger wordt, moet de verbinding om signalen foutloos te kunnen transporteren een hogere signaal/ruis-verhouding hebben. Het kanaal wordt daardoor minder efficiënt. Door steeds de juiste combinatie van modulatie en codering te kiezen, is steeds de hoogst haalbare bitrate voor een kanaal beschikbaar. Voor de exploitanten betekent dit een maximale efficiency van hun spectrum.

Conclusie

In gebieden waar traditionele backbone-technieken als kabel en optische verbindingen niet goed kunnen worden gebruikt, vormen draadloze microgolfschotelverbindingen een interessant alternatief. Het gebruik van ACM verhoogt de kwaliteit van de verbindingen extra, zonder hoge investeringen. ACM is ontwikkeld om het beschikbare spectrum optimaal te benutten. Hierdoor zullen er meer situaties zijn waar deze draadloze technologie een interessante optie is.

Five nines hoeven niet altijd te worden gehaald

mogelijk. Het variëren van de codering heeft grote impact op de capaciteit. Als bij goede condities bijvoorbeeld 256 QAM-modulatie wordt gebruikt, is de capaciteit van een link vier keer zo groot dan bij 4 QAM (QPSK). De Fiber-Air IP-10 van Ceragon kan dankzij ACM-varianties van 90 dB per seconde ondervangen. De QoS-protocollen zorgen ervoor dat spraaksignalen met een hogere prioriteit worden afgehandeld dan datapakketten en daardoor spraak niet door gemiste datablokken wordt onderbroken. Hierdoor wordt de spraakkwaliteit binnen strakke service levels gegarandeerd.

De ononderbroken en foutloze transmissie die ACM mogelijk maakt, heeft als groot voordeel dat een time out van een TCP/IP-sessie niet meer voorkomt. Experimenten hebben aangetoond dat als een systeem voor de aanpassing van de modulatie een TCP/IP-stream slechts 50 milliseconden moet onderbreken, dit al behoorlijke invloed op de gebruikerservaring kan hebben. Het opnieuw op gang laten komen van een onderbroken TCP/IP-sessie kan soms wel enkele seconden duren en vermindert de transport capaciteit direct. Dankzij ACM behoren deze problemen als het goed is tot het verleden.

Praktijk

In de praktijk kan als voorbeeld uit worden gegaan van een 256 QAM-

modulatie met een capaciteit van 500 Mbps over een microgolfskanaal van 56 MHz. Indien de *Bit Error Rate* (BER) een vooraf bepaald niveau bereikt, wordt als voorzorgsmaatregel teruggeschakeld naar 128 QAM. Hierdoor neemt de bandbreedte af tot 400 Mbps. Dit is een nagenoeg transparante overgang die geen transmissiefouten veroorzaakt. Het systeem blijft nu doorwerken met 128 QAM totdat de transmissiecondities slechter of beter worden. Wordt de transmissie nog slechter, de BER loopt weer op, dan kan worden overgegaan op 64 QAM. Neemt daar en tegen de BER weer af, doordat de atmosferische storingen minder worden, dan wordt weer teruggeschakeld naar een krachtigere codering totdat uiteindelijk 256 QAM weer mogelijk is. Deze verandering van codering vindt realtime plaats en heeft als ondergrens de laagste codering, QPSK. Het systeem van Ceragon heeft acht verschillende modulatie- en codering-niveaus. Deze flexibiliteit wordt gerealiseerd met de adaptieve modulatie en codering. Adaptieve codering betekent dat bij betere weerscondities minder bits voor *Forward Error Correction* (FEC) worden gebruikt. Zodra het systeem merkt dat er meer fouten in de transmissie opduiken, wordt juist weer een krachtigere foutcorrectie toegepast. Het gebruik van een volledig dynamische ACM zorgt voor een effectievere