

PLC-teknikanalyser

Elforsk rapport 03:38



PLC–teknikanalyser

Elforsk rapport 03:38

Omar Bagdadi

Förord

Elnätskommunikation är en kraftfullt teknik för bredbandsaccess. Infrastrukturen i form av elnät finns redan på plats och tekniken möjliggör bredbandsanslutning från i princip varje eluttag i en byggnad. Elforsk stöder sedan flera år utvecklingen inom området inom ramen för Elforsk projekt 4185 – Samverkansprogram för elnätskommunikation. Denna rapport, från Vattenfall Utveckling, Omar Bagdadi, ingår som en del i Elforsks arbete.

Stockholm november 2003
Stefan Montin
Elforsk AB

Sammanfattning

Denna utredningen, PLC- teknikanalyser, syftar till att på ett översiktligt sätt beskriva nuläget för olika accesstekniker för bredband samt vilken utvecklingspotential som kan finnas på kort sikt.

Under ett antal år kommer olika teknikiska lösningar för bredbandsaccess att finnas parallellt på marknaden. Dessa system har alla sina för- och nackdelar. Den teknik som troligen kommer att tappa mest marknadsandelar är vanliga telefonmodem. Det beror på att dessa modem har avsevärt sämre prestanda samt att tillgängligheten på exempelvis ADSL ökar snabbt. Trots detta kommer inte telefonmodemen att försvinna eftersom det finns fall där detta är det enda alternativet.

Den ur teknisk aspekt mest framtidssäkra tekniken är våglängdsmultiplexering som används över optisk fiber. Om man jämför nutida prestanda och störningsökänslighet samt den framtida utvecklingspotential som finns så finns det ingen annan teknik som kan konkurrera. Om man däremot tittar på nutida kostnader i samband med utbyggnad av optiska fiber nät så ser verkligheten lite annorlunda ut. På grund av att det är relativt kostsamt att bygga ut fiber nät så kan andra tekniker som exempelvis ADSL och PLC konkurrera med fiber. Både ADSL och PLC tekniken bygger på redan befintliga infrastrukturer och därmed kan en stor del av kostnaderna hållas nere. Men fortfarande så krävs en uppdatering eller nyinstallation av aktiv utrustning, dels hos kunden och dels i exempelvis telestationen eller transformatorstationen.

Summary

This study of access network technologies aims to describe how different technologies are used and how they work in a simple way. The study will also mention the current status and the ability of future development for the different technologies.

It is a fact that several technologies will co-exist on the market in the future. The technologies that are described have all their advantages and disadvantages and will remain on the market in a smaller or larger extent. The technology that will lose a great deal of market shares is ordinary v.90 modems, POTS, mostly due to poor performance and that the availability for example ADSL will increase rapidly. Despite of the poor performances and other disadvantages the modems will still remain as an access technology and will be used in specific applications where there are no other alternatives.

The most certain technology for the future is dense wavelength discrete multiplexing which is used with optic fibres. When comparing the performance and its EMC abilities and the future development potential there are no other technology that can compete with optic fibre. However, from an economic point of view there are some exceptions. Due to the expensive deployment of fibre other technologies such as PLC and ADSL that uses existing infrastructures can compete with optic fibre. But still it is necessary to upgrade or new installation of active equipment both at the customer and at the telephone station or transformer station.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING.....	1
1.1	BAKGRUND.....	1
1.2	SYFTE	1
2	ACCESSTEKNIKER	3
2.1	PARAMETERLISTA FÖR JÄMFÖRELSE MELLAN ACCESSTEKNIKER.....	3
2.2	ACCESSTEKNIKER OCH DESS STATUS IDAG.....	3
2.3	PLC	5
2.4	CATV	9
2.5	V.90 MODEM, UPPRINGDA MODEM.....	12
2.6	WIRELESS LAN.....	13
2.7	LMDS	17
2.8	FIBER.....	18
2.9	XDSL-TEKNIKER	20
2.10	ISDN.....	24
2.11	JÄMFÖRELSEMATRIS.....	25
3	MARKNADSSITUATION.....	27
3.1	MARKNADSUTVECKLING.....	27
4	MARKNADSAKTÖRER	29
5	KOSTNADER.....	31
5.1	ANSLUTNINGSAVGIFT.....	31
5.2	MÅNADSAVGIFTER	31
6	REFERENSER.....	32

1 Inledning

Utredningen, PLC- teknikanalyser, syftar till att förse deltagande företag i Elforsks projekt Samverkansprogram för Elnätskommunikation med jämförande information om tillgängliga tekniker för bredbandsaccess.

1.1 Bakgrund

Elforsks samverkansprogram för Elnätskommunikation (projekt 4185) är en fortsättning på Elforsk projekt Elnätskommunikation 4153 som startades under hösten 2000 och avslutades vid årsskiftet 2001/2002. Erfarenheterna från det nu avslutade projektet är att befintlig PLC teknik kan konkurrera med exempelvis DSL-tekniker med avseende på prestanda och tillgänglighet men att det fortfarande krävs utveckling och volymproduktion för att få ner kostnaderna. Det sker för närvarande en kontinuerlig utveckling gällande tekniker för Internetaccess, där PLC ingår.

1.2 Syfte

Projektet syftar till att jämföra PLC med övriga tillgängliga accesstekniker. För varje accessteknik beskrivs enkelt hur den fungerar och används och vilken status tekniken har idag samt den utvecklingspotential som kan förväntas.

Utöver den tekniska analysen av accessteknikerna så har projektet även arbetat med att försöka beskriva vilka aktörer som finns på marknaden och vilket utbyte som finns mellan dem.

2 Accesstekniker

2.1 Parameterlista för jämförelse mellan accesstekniker

Överföringshastighet

Med överföringshastighet menas den hastighet som data överförs med, anges ofta i Mbps (Megabit per sekund) eller kbit/s (kilobits per sekund).

Överföringsavstånd

Överföringsavstånd innebär det maximala avståndet mellan accesspunkt och slutkund som kan uppnås med tekniken med bibehållande av överföringshastigheten.

Hårdvarukostnad/anslutning

Hårdvarukostnaden per anslutning är en engångskostnad för att få en anslutning och eventuell hårdvara såsom exempelvis ADSL-modem etc. som behövs för att kunna ansluta sig.

Geografisk spridning

Geografisk spridning anger hur väl utbyggd tekniken är geografiskt, tex. Världsomspännande, endast Europa, endast Sverige osv.

Tekniska begränsningar

Avser tekniskt betingade begränsningar som utgör hinder för användning av tekniken, exempelvis störningar pga överhörning mellan kabelparen i en telekabel.

Utvecklingspotential

En bedömning av framtida parametrar såsom överföringshastighet, etc baserat på kända uppgifter om pågående utveckling

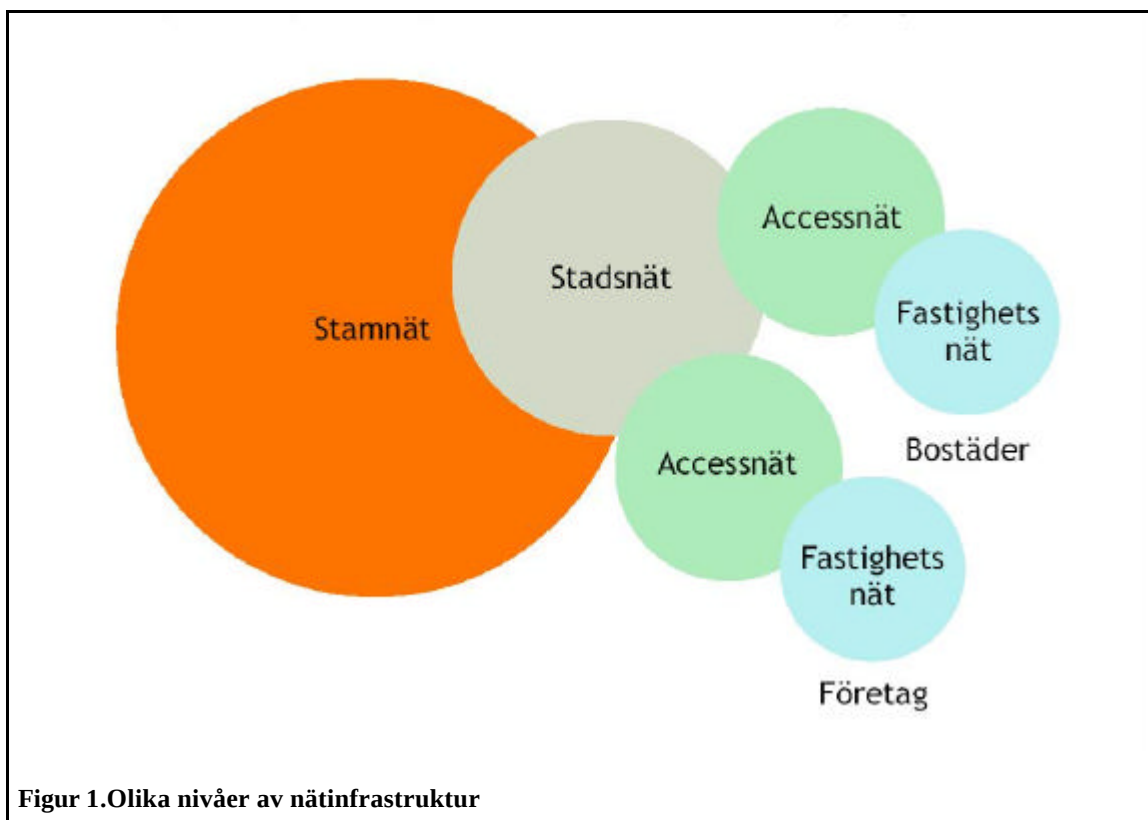
Tillgänglighet

Tekniken allmänna tillgänglighet för kunder och operatörer, exempelvis monopolistiskt ägande av nät, begränsad geografisk utbredning, etc

2.2 Accesstekniker och dess status idag

Infrastrukturen för data- och telekommunikation kan delas upp i fyra huvudnät: stamnät, stadsnät, accessnät och lokala datanät (LAN) som ibland även kallas fastighetsnät. Den här utredningen har begränsats till accessnät.

Flera accesstekniker har på sista åren förbättrats och anpassats och används i allt högre grad både till accessnät och stadsnät och i vissa fall även stamnätsteknik.

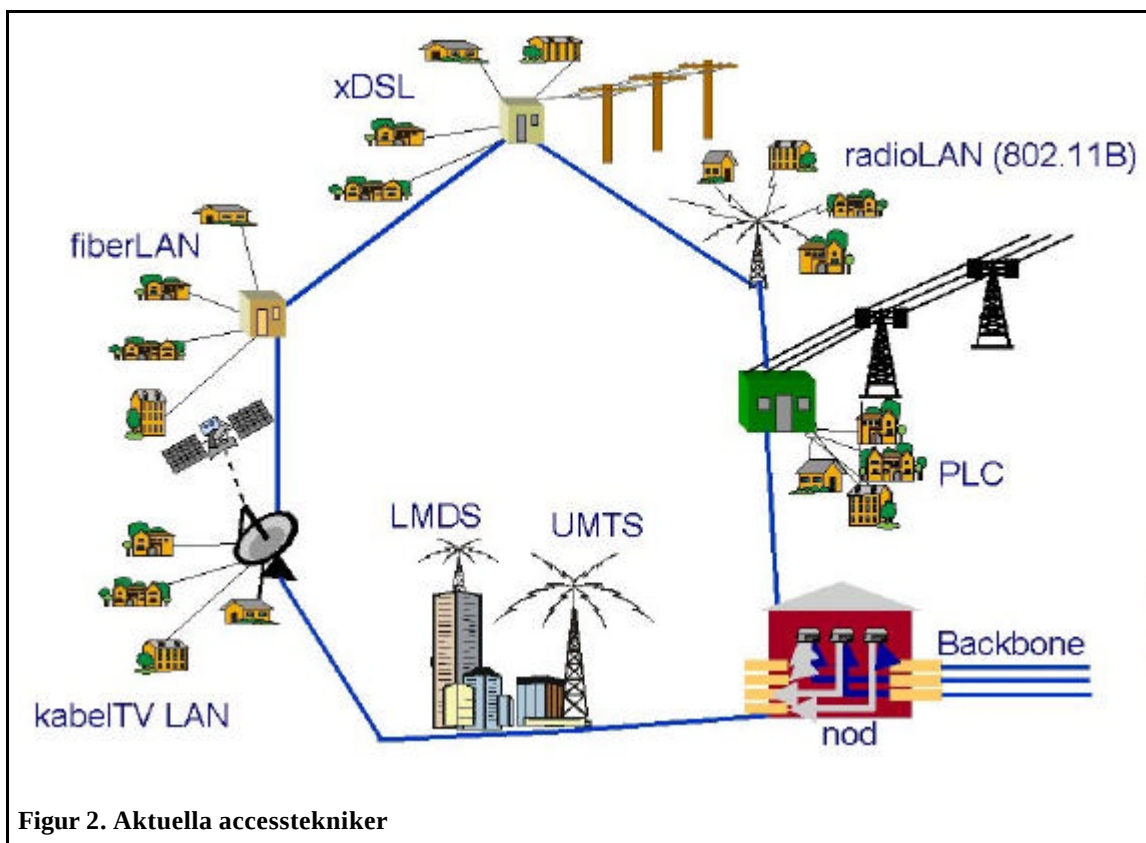


Ett accessnät är anslutningen från ett stadsnät fram till slutanvändaren, det vill säga fram till ett företags LAN eller till bostaden. Accessnätet kan utgöras av olika överföringsmedier, exempelvis fiberbaserade datanät, kopparbaserade telenät, kabel-TV-nät och trådlösa nät.

De accessnät som finns i bostadsområden är fortfarande med få undantag baserade på koppartrådar. Med sitt rikstäckande nät för telefoni är Telia den största aktören inom accessnät och når i princip alla svenska hushåll.

Fiberbaserade accessnät har mycket hög kapacitet. I många områden, framförallt i bostadsområden, är det dock alltför kostsamt att bygga fiberbaserade nät. Stora resurser har därför lagts på att utveckla tekniker för att lösa kapacitetsproblemet i de andra accessnäten, både i det ursprungliga kopparnätet och i de alternativa näten. Idag är det möjligt att med exempelvis xDSLtekniker på korta avstånd öka kapaciteten betydligt i det kopparbaserade accessnätet.

Även inom det trådlösa accessnätet finns idag flera tekniker som ger hög kapacitet, exempelvis LMDS (även kallad fast radioaccess).



Figur 2. Aktuella accesstekniker

2.3 PLC

Teknikbeskrivning

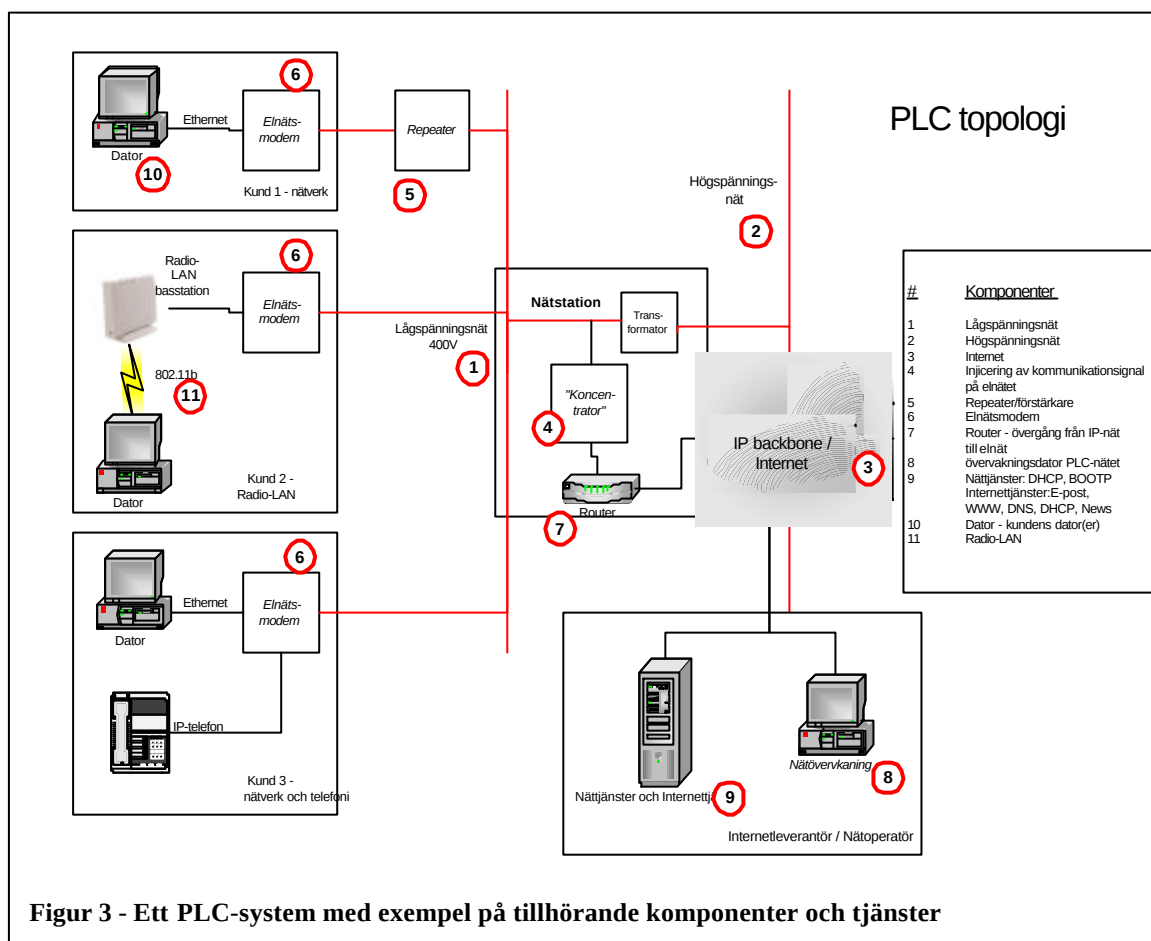
Elnätskommunikation innebär att elnäten används som bärare av information. Som accessnätverk är det elnätet från nätstationen till hushållet som utnyttjas. Se figur nedan. På senare tid har det även lanserats system som kan kommunicera på mellanspänningsnivå, 10-20 kV.

Elnätskommunikation har utvecklats både för kommunikation till fastigheter och för kommunikation inom en fastighet. I första fallet utnyttjas elnäten som accessnät från en nätstation fram till vägguttagen i fastigheterna. Från nätstationen kan elnätskommunikationen anslutas till i princip vilken typ av kommunikationsnät som helst, bland annat till stadsnäten. Elnätskommunikation inomhus innebär att elledningarna utnyttjas för att bygga lokala datanätverk inne i en fastighet eller lägenhet.

Systemen för elnätskommunikation utnyttjar mycket högre överföringsfrekvenser än den vanliga nätspänningen. Systemen arbetar inom frekvensområdet 1–30 MHz. Signalnivån är mycket låg och ligger i storleksordningen någon eller några tiotals mW.

Trafiken på ett PLC-nät överförs genom elnätet. Tekniken för att sända kommunikationssignaler över elnätetskablar skiljer sig mellan de olika tillverkarna av utrustning. Eftersom elkablarna är galvaniskt hopkopplade sprids PLC-signalen över hela kabelnätet i ett nätområde. Signalerna kan dock inte passera till elnätet ansluten utrustning, såsom en transformator (mellan- till lågspänning). Ju längre bort

elnätsavsnittet är från närmaste basenhet desto svagare/mer distorderad är signalen och när den når ett undre tröskelvärde måste den förstärkas i en signalrepeater, repeater.



Figur 3 - Ett PLC-system med exempel på tillhörande komponenter och tjänster

Överföringshastighet och -avstånd

Med dagens teknik uppnås överföringshastigheter på ca. 10Mbit/s. Bandbredden delas mellan de abonnenter som är anslutna till nätstationen, där centralenheten för elnätskommunikation normalt installeras. Bandbredden kan idag dessutom både dediceras och begränsas till olika användare. Detta ger möjligheter till differentierade erbjudanden till kunderna.

Eftersom PLC-utbyggnaden sker inom nätstationsområden krävs det inte längre räckvidd för PLC-signalen än nätstationens utbredningsområde, dvs normalt 3-400 meter.

Tillgänglighet och geografisk spridning

I princip kan PLC byggas ut överallt där det finns elnät. Det som begränsar den praktiska utbyggnaden är elnätsbolagens monopol på sina respektive nät och ekonomin i alltför småskaliga etableringar.

Elnätsbolagens monopol innebär att bolagen måste sanktionera PLC-utbyggnaden i ett nätområde, antingen genom att själva utföra PLC installationen eller genom att upplåta

nätet för en särskild PLC-aktör. Det finns inga lagliga möjligheter att, som på teleområdet, kräva att få tillgång till ett elnät för PLC-utbyggnad om elnätsbolaget, av någon anledning, inte önskar upplåta det.

Tekniskt är det möjligt att bygga ut PLC i princip i vilket elnät som helst, oavsett om det är luftlednings- eller jordkabelnät och oberoende av avstånden mellan kunderna i nätet.

I nuvarande tekniskt/ekonomiskt utvecklingsläge är det emellertid inte ekonomiskt rimligt att bygga ut PLC i nätstationsområden med mindre än ett 50-100 tal kunder och av samma skäl bör dessa vara koncentrerade inom några hundra meter från nätstationen. I praktiken är detta uppfyllt i de flesta nätstationsområden inom tätbebyggda områden såväl i städer som i byar.

Tekniska begränsningar

Liksom för andra access-system som utnyttjar befintliga oskärmade kablar gäller för PLC att emissionsnivåerna, störstrålningen, måste hållas under vissa fastställda värden för att inte störa omgivande apparater. Detta innebär begränsningar av det tillåtna signalnivån som i sin tur påverkar räckvidden.

För att få önskad räckvidd inom ett nätstationsområde måste därför signalrepeaterare installeras på lämpliga punkter i nätet. På grund av de mycket komplexa tekniska sambanden för utbredningen av högfrekventa signaler på elnätet kan det vara svårt att teoretiskt beräkna lämpliga repeterarplaceringar. Det kan därför krävas kompletterande installationer i näten efter idrifttagning för att alla kunder skall få önskad signalkvalitet.

Den delade bandbredden innebär att, om inte särskilda åtgärder vidtas, en enskild användare kan förbruka en stor del av den tillgängliga bandbredden för exempelvis nedladdning av video och därmed endast lämna en mindre del till övriga användare att dela på. Moderna PLC-system innehåller dock funktioner för begränsning av den individuella bandbredden.

Avsaknaden av en produktstandard gör att PLC-modem av ett fabrikat inte går att använda i ett system av ett annat fabrikat. I praktiken är detta ett betydligt mindre tekniskt problem än vad det kan förefalla eftersom PLC-operatören i ett område normalt tillhandahåller modem och då blir det naturligtvis av ett som fungerar i det aktuella nätet. Däremot påverkar bristen på produktstandard priset på modemerna.

Kostnader

PLC är en ung teknik, som fortfarande är under utveckling. Någon volymförsäljning av den omfattning som gäller för kabel-TV- eller ADSL-modem har ännu inte kommit igång. Priserna är därför, helt naturligt, fortfarande relativt höga, dock inte högre än att det går att få lönsamhet, om än inte stor, i en PLC-affär. I genomsnitt kan man räkna med att investeringen i ett PLC-system ligger kring 6-7000 kr per kund.

Till skillnad från övriga kabelbundna access-system är kostnaden för centralenheten mycket låg och ligger kring 7000-25000 kr beroende på fabrikat. Utslaget per användare inom en nätstation bidrar centralutrustningen med några hundra kronor till den totala investeringen per kund. Kundmodemet är däremot fortfarande ganska dyrt och kostar

2500-5000 kr beroende på fabrikat. Även kostnaden för och behovet av signalrepetarer varierar mellan olika fabrikat. För fabrikat som kräver många repetarer ligger priset kring 2500 kr och fabrikat som kräver få repetarer kostar kring 7000 kr.

Utvecklingspotential

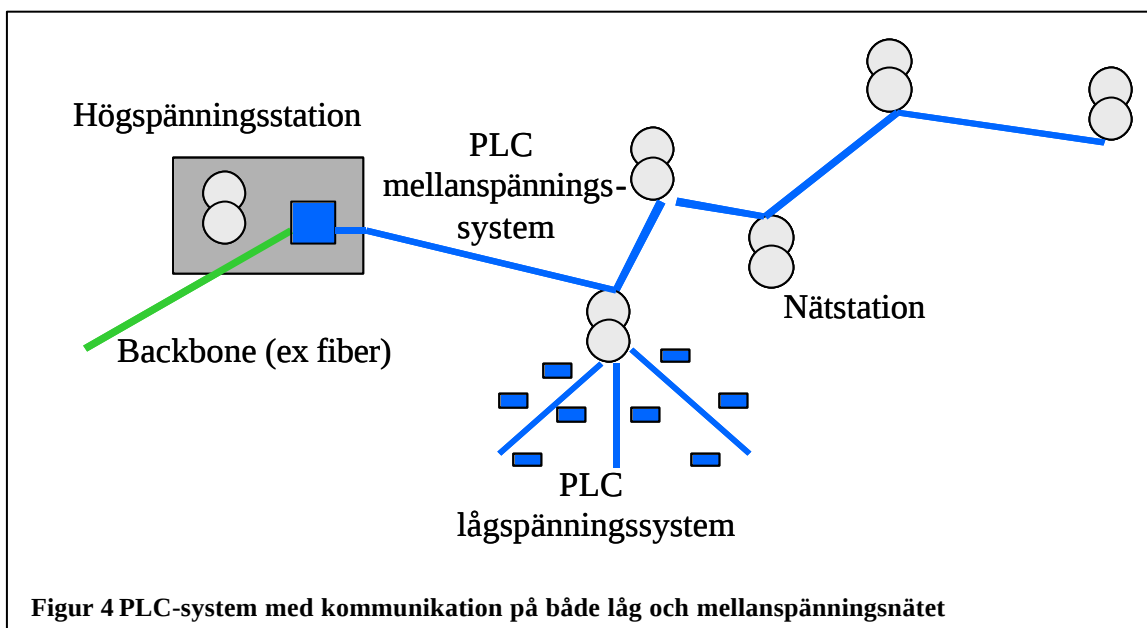
De tekniska faktorer som hittills varit begränsande för den allmänna utvecklingen och spridningen av PLC är relaterade till standardisering, dels av tillåtna emissionsnivåer och dels produktstandards. På emissionsområdet pågår sedan flera år ett intensivt arbete i en gemensam standardiseringsgrupp inom Cenelec och ETSI. Sannolikhet kommer detta arbete att resultera i att en emissionsstandard fastställs under 2004. Denna standard gäller all kabelbunden kommunikation, dvs samma standard kommer att gälla för PLC som för xDSL, kabel-TV och lokala datanätverk. Med en sådan standard i ryggen ökar elnätbolagens trygghet i kommande PLC-investeringar och kan bidra till ökade försäljningsvolymerna för PLC.

Ett arbete för att ta fram en produktstandard pågår inom PUA, Power Utility Alliance, en sammanslutning av de stora energibolagen på kontinenten såsom EdF, Enel, m.fl. Under 2003 räknar man med att ha ett förslag framme till en öppen standard för PLC och tillverkarna av PLC har 'kommittat' sig att följa denna i sin kommande utveckling. Med en produktstandard för PLC kan man räkna med väsentliga prissänkningar och därmed sannolikt kraftigt ökade försäljningsvolymerna.

PLC-system ur den i dag marknadsförda utvecklingsgenerationen har en bandbredd på 2-10 Mbps. Det har redan visats upp chip som kan prestera ca 100 Mbps och enligt kvalificerade bedömare kommer det att bli tekniskt möjligt att på sikt flerdubbla denna kapacitet. De annonserade chipen för 100 Mbps kan förväntas komma på marknaden under 2004.

Tillgången i en nätstation till sk backbone, dvs överordnat kommunikationsnät, kan ibland vara svår och dyrbar att åstadkomma. Det introduceras nu PLC-system som kan kommunicera på mellanspänningsnivå. Anslutningen till backbone kan därmed ske gemensamt för alla nätstationer utmed en mellanspänningsförbindelse i den överliggande matande högspänningsstationen, där det ofta finns fiberförbindelse framdragen.

Vid sidan av den tekniska utvecklingen pågår en kampanj från EU-kommissionen att driva på utvecklingen av PLC. Vid ett möte i Lissabon 2000 enades man inom EU att inom 10 år utveckla Europa till den ledande IT-regionen i världen. Ett villkor för att nå dit är att det finns effektiva accessnät, vilket hindras av de nuvarande de-facto monopolen på teleområdet. EU-kommissionen har identifierat PLC som de enda allmänt spridda accesstekniken som kan konkurrera med xDSL. Kommissionen agerar därför för att jämna vägen för PLC och har bl.a. föreslagit mycket pragmatiska metoder för att fastställa emissionsgränserna.



Slutligen kan det noteras att PLC-tekniken nu börjar attrahera de stora elektronikbolagen såsom Mitsubishi, ABB och Schneider. Från att ha varit en teknik som utvecklats med hjälp av riskkapital av små specialistbolag med begränsade resurser kommer nu de stora, resursstarka koncernerna in och driver på tekniken.

2.4 CATV

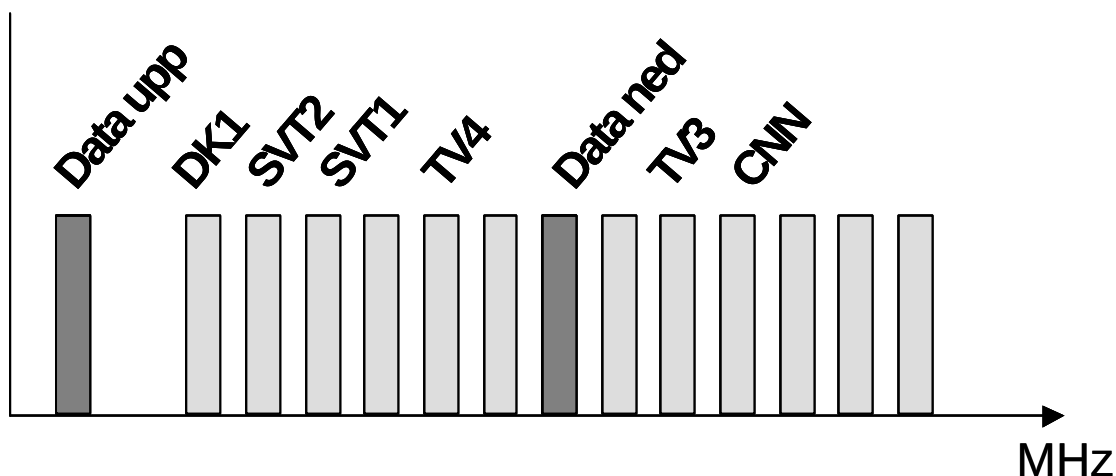
Teknikbeskrivning

Kabel-TV-nät, CATV, innebär bredbandsöverföring via kabel-TV-nät, i första hand i fastigheter där kabeln redan är inlagd och används för tv-mottagning. Kabel-TV-nät är analoga men den koaxialkabel som används för detta är dessutom mycket lämplig för överföring av digitala data med hög hastighet.

Populärt uttryckt kan tekniken beskrivas så att man använder outnyttjade TV-kanaler i kabel-TV-nätet för att överföra datatrafiken. Datasignalerna hanteras i kabel-TV-nätet precis som om de vore vanliga TV-kanaler.

Hos kunden finns en motsvarande utrustning, ett kabelmodem, som tar emot den aktuella "TV-kanalen" och omvandlar innehållet till digital form för vidare befordran till kundens dator. Man skiljer mellan symmetriska och osymmetriska kabelmodem.

Symmetriska kallas de som sänder och tar emot med samma hastighet. Typiska hastighetsklasser för symmetriska modem



Figur 5 Schematisk bild av frekvensfördelningen för datatrafik över kabel-TV

är 500kbit/s, 4Mbps och 10 Mbps. Osymmetriska kabelmodem har funnits på marknaden enbart under de senaste åren.

Den standard som gäller idag är DOCSIS 1.1. Förbättringarna som har gjorts är främst en större bandbreddseffektivitet, dvs bit/s/Hz, genom digitala kompressionstekniker och modulationsmetoder och förbättrad tålighet mot störningar.

Kapaciteten i ett kabel-TV-nät är väsentligt högre än ADSL. Idag överför man data med 10Mbit/s och framtida utveckling pekar på en hastighet omkring 50Mbit/s. Det är dock viktigt att komma ihåg att den kapaciteten är delad, dvs samtliga abonnenter delar på den tillgängliga kapaciteten vilket leder till att hastigheten varierar beroende på hur många som nyttjar nätet samtidigt.

Överföringshastighet och -avstånd

Kapaciteten hos ett osymmetriskt modem i USA kan vara upp till 30 Mbps till användaren och ca.1 Mbps från denna. I Europa kan kapaciteten till användaren sträcka sig ända upp till 40 Mbps beroende på att tillgängligt frekvensutrymme för varje TV-kanal är större, 7-8 Mhz i Europa mot 6 Mhz i USA. Det maximala överföringsavståndet är cirka 50 km.

Flera av de leverantörer i Sverige som erbjuder Internetanslutning via kabel-TV-nätet använder sig av osymmetriska modem och erbjuder en hastighet på 512kbit/s – 1Mbps på trafik till användaren och 128kbit/s – 512kbit/s från användaren.

Tillgänglighet och geografisk spridning

Bredband via kabel-TV är ett erbjudande som normalt kommer från kabel-TV-operatören för respektive nät. Teoretiskt kan man tänka sig att en fristående operatör skulle kunna "hyra" några lediga kanaler i någon annans nät och etablera en bredbandstjänst fristående från kabel-TV-abonnemanget. I praktiken förekommer dock inte detta eftersom kabel-TV-operatörerna som regel själva vill ha hand om tjänsten.

Av Sveriges alla hushåll har ca 2,5 miljoner eller ca 60 % någon form av kabel-TV-anslutning. Den dominerande kabel-TV-operatören i Sverige är Com-Hem som med sina 1,3 miljoner kunder har mer än halva marknaden. I USA är bredband via kabel-TV en av de mest spridda accessteknikerna.

Kabel-TV som distributionsform för TV-utbud är en teknik som blomstrade i slutet av 80-talet och de första åren på 90-talet. Idag satsas det på mest på satellitmottagning och markbunden digital-TV. I dag byggs det nästan inga nya kabelnät och den eventuella expansionen sker genom förtätning i befintliga nät.

Det är dessutom så att den centrala bredbandsutrustning som placeras i huvudcentralen i kabel-TV-näten är dyrbar och kräver ett ganska stort kundunderlag för att vara ekonomiskt försvarbar. Detta gör att det inte är realistiskt att bredbandskomplettera alla de små kabel-TV-öar som finns runt i landet och försörjer villasamfälligheter och motsvarande. Man kan därför konstatera att bredband via kabel-TV är en accessteknik som är fullt användbar inom större befintliga kabel-TV-system, men att expansionsmöjligheterna är mycket begränsade.

Tekniska begränsningar

I ett vanligt kabel-TV-nät sker kommunikationen endast från centralen till de anslutna hushållen. För att möjliggöra bredbandstrafik måste nätet kompletteras så att trafiken kan köras dubbelriktat och detta sker genom att alla förstärkare i nätet förses med returförstärkare. Ofta kan det vara svårt eller omöjligt att få ta i sådana komponenter till förstärkare som kan vara utgångna på marknaden för många år sedan. Alternativet blir då att byta ut hela förstärkaren, vilket är dyrt, men framför allt omständligt och tidskrävande.

Dessutom kan det vara så att koaxialkabeln i nätet "läcker" signaler pga. dåligt utförda skarvar, materialfel eller helt enkelt dålig kvalitet. En kabel som inte är helt signalmässigt tät avger störstrålning till omgivningen men tar även upp signaler från omgivningen. För ett analogt kabel-TV-system är små läckage oftast försumbara och ger normalt bara upphov till små bildstörningar som inte irriterar TV-tittaren.

Problemet kan däremot bli mycket besvärande för den digitala kommunikationen som överförs analogt på nätet. Eftersom inträngande störningar lättast kommer in i nätet i de lägre frekvensområdena är det i första hand returkanalen, dvs trafiken från kunden upp mot Internet som drabbas. Beroende på orsaken till signalinträngning blir åtgärderna olika. Handlar det om dåliga skarvar eller motsvarande så måste dessa identifieras och åtgärdas. Om det däremot handlar om dålig kabelkvalitet kan hela kabeln behöva bytas ut.

Kostnader

Centralutrustningen som placeras i huvudcentralen för kabel-TV-nätet är, trots att tekniken är relativt mogen, fortfarande dyr och ligger i 100 000-kronorsklassen. Kostnaden för en returförstärkare till en befintlig nätförstärkare är i sammanhanget försumbar (hundralappar), medan en ny förstärkare kan kosta från någon 1000-lapp upp mot 10-15 000 kr beroende på var den är placerad i nätet. Som regel finns det förstärkare med några 100 meters mellanrum ute i nätet och varje flerfamiljshus har en fastighetsförstärkare. Ett kabel-TV-modem för placering hos slutkund kostar kring 1000-1500 kr.

Till dessa apparatkostnader kommer arbetskostnader för uppgradering av förstärkare och inte minst utbyte av alla kabel-TV-uttag hos de hushåll som abonnerar på bredband via kabel-TV. Med hänsyn till att många nät är relativt gamla och att "hemmasnickares" arbeten i sitt eget hushåll kan få konsekvenser långt ut i nätet, bör dessa kostnader studeras mycket noga.

Utvecklingspotential

Någon revolutionerande utveckling av kabel-TV-modem vad avser tekniken är knappast att vänta inom överskådlig tid, dvs några år. Det finns dock en enkel metod att öka datakapaciteten i kabel-TV-näten genom att utnyttja fler lediga TV-kanaler för överföringen. I nedriktningen, dvs i riktning mot kunden finns det relativt gott om kanaler, medan det i uppriktningen är mera trångt. I princip dubblas kapaciteten med ytterligare en kanal. Det krävs dock en ganska omfattande och därmed dyrbar utrustning för samkörning på flera kanaler.

Specifikation upstream:	
Frekvensområde:	5-65MHz
Bandbredd:	200/400/800/3200Hz
Modulation:	QPSK eller 16-QAM
Överföringshastighet:	320 kbit/s – 5 Mbps (QPSK) 640 kbit/s – 10 Mbps (16-QAM)
Specifikation downstream:	
Frekvensområde:	115-862 MHz
Bandbredd:	8 MHz
Modulation:	64-QAM eller 256-QAM
Överföringshastighet:	38 Mbps (64-QAM) 52 Mbps (256-QAM)

2.5 V.90 Modem, uppringda modem

Teknikbeskrivning

Den teknik som är mest spridd till privatpersoner idag är access via uppringda modem. Tekniken baserar sig på analog överföring i det vanliga telenätet och det krävs endast ett modem i varje "ända" av förbindelsen. Det ordinarie växelsystemet för telefonin

hanterar sedan resten. Det har under senare år i princip varit standard med inbyggda modem i de datorer som säljs till privatkund. Hos leverantörerna av Internet-tjänsten har stora modempooler byggts upp vilket gjort anslutningen och valfriheten stor. Majoriteten av de uppkopplingar som idag sker mot överliggande nät, exempelvis Internet sker på detta sätt, det är dock viktigt att poängtera att överföringshastigheten inte kan klassas in bland bredbandsuppkopplingar.

Överföringshastighet och –avstånd

Den idag förhärskande tekniken baserar sig på den sk V.90 specifikationen. Med denna teknik kan man idag nå överföringshastigheter på 56kbit/s vilket medför långa överföringstider vid hämtning av större datamängder. Räckvidden är dock en av de fördelar hos den vanliga modemtekniken, det finns väldigt få begränsningar vad det gäller avstånd från telestation eller nätens uppbyggnad.

Tillgänglighet och geografisk spridning

Där det finns en fast telefonförbindelse är det i praktiken möjligt att ansluta sig med hjälp av V.90 modem till ovanliggande nät. Detta innebär dessutom att det finns en mängd konkurrerande leverantörer av både hårdvara och modempooler som kan hålla priserna nere.

Tekniska begränsningar

Vidare utveckling av V.90 modemstandarden pågår och man har nyligen släppt V.92 där vissa smärre förbättringar har gjorts. Begränsningen i bandbredd ligger dock i det frekvensområde som tilldelats av ITU, Internationella Teleunionen.

Kostnader

Kostnaderna för hårdvaran, dvs. modemmet hos kunden, har drivits ned till mycket låga nivåer (ca 200 kr för ett inbyggnadsmodem). Det krävs inte heller någon fackmannamässig installation i hemmet. De modempooler som sätts upp av accessleverantören kräver förhållandevis billig utrustning för ett stort antal användare. För själva anslutningen finns det olika betalningsmodeller där en vanlig modell är att hela kostnaden läggs som en minutkostnad för telefonsamtalet helt utan fasta abonnemangskostnader.

Utvecklingspotential

Som nämnts ovan ligger begränsningarna främst i det frekvensområde som tilldelats av ITU, Internationella Teleunionen. Vi kan förvänta oss att det sker en viss utveckling med avseende på komprimeringstekniker med avseende på protokoll för överföring av bild och ljud men det kommer troligen inte att lyfta modemaccessen till att kunna konkurrera med "riktiga" bredbandsaccessstekniker.

2.6 Wireless LAN

Teknikbeskrivning

Wireless LAN, WLAN, är ett flexibelt datakommunikationssystem som används som ersättning för, eller som komplement till, ett traditionellt trådbundet nätverk. I första hand har tekniken kommit att ersätta vanliga trådbundna lokala nätverk, exempelvis

inom ett kontor. Tekniken har dock under de senaste åren även börjat användas som en access-teknik för bredband. Ett exempel på detta är Telias Homerun.

Ett WLAN består i princip av en fast centralt placerad sändare/mottagare som serverar/ansluter ett antal rörliga noder monterade i de datorer eller utrustningar som skall kopplas upp. Varje centralt placerad nod kan serva ca 8 noder inom sitt område. Skall flera noder anslutas eller ett större område täckas utnyttjas cellteknik av samma typ som för ett mobiltelefonsystem.

Den främsta fördelen med WLAN är troligtvis att det medför en enklare och billigare nätverksexpansion. Installationskostnader och kostnader för kablar sänks och det blir enklare att bygga ut sitt nätverk. Rent geografiskt kan det vara svårt att installera ett trådbundet nätverk och då kan WLAN vara ett alternativ.

Inom teknologin WLAN finns flera olika standarder. Några exempel är 802.11, 802.11a, 802.11b, HIPERLAN\1 samt HIPERLAN\2. IEEE har standardiserat 802.11-serien och ETSI har standardiserat HIPERLAN-serien

2.6.1 IEEE 802.11x

IEEE 802.11 standarden definierar tre sätt för transport över det fysiska lagret. Alla tre teknikerna tillåter standardiserad överföring för hastigheter mellan 1 till 2 Mbps. I dag används standarden 802.11 sparsamt och de flesta system bygger istället på vidareutvecklingarna av standarden, (802.11b och 802.11a).

IEEE 802.11b arbetar med överföringshastigheter upp till 11 Mbps i det licensfria ISM bandet, Industrial, Scientific & Medical, vars frekvensband ligger runt 2,4 GHz. Standarden var klar 1999 och skillnaden från den äldre standarden 802.11 låg främst i hastigheten. IEEE 802.11b är även bakåtkompatibel med 802.11 genom att noderna helt enkelt sänker hastigheten till 2 Mbps.

IEEE 802.11b tillåter tre olika sätt att överföra data: frekvenshoppande spridning (FHSS), direktsekvensspridning (DSSS) och infrarött (IR). För att kunna köra 11 Mbps måste man dock köra med direktsekvensspridning, och de andra sätten används numera nästan enbart för att kommunicera med gammal 802.11-utrustning. Att man sprider signalen överhuvudtaget beror på att det minskar risken för fel i överföringen. Nackdelen är att man slösar bandbredd eftersom en signal då tar upp ett större frekvensspektrum än en smalare signal hade gjort.

Den sista standarden inom IEEE 802.11 har tillägget "a" och erbjuder ytterligare förbättringar i överföringskapacitet och klarar hastigheter upp till 54 Mbps. I istället för att använda de cirka 83 MHz som erbjuds av ISM bandet vid 2.4GHz är IEEE 802.11a designat för att operera vid 5 GHz bandet. Detta gör att 802.11a standarden kan använda en avsevärt mer interferensfri bandbredd på nästan 300Mhz.

802.11a använder tekniken orthogonal frequency division multiplexing, OFDM. Det finns både fördelar och nackdelar med att använda OFDM. Fördelarna är bland annat att stora datamängder kan skickas med ett begränsat användande av bandbredd samt att den är mindre känslig för störningar i trafiken. De främsta nackdelarna är att system som använder OFDM förbrukar mer ström än andra system, samtidigt som komponenterna som används är mer kostsamma.

2.6.2 HiperLAN/2

HiperLan (High Performance Radio Local Area Network) är en ETSI standard för trådlösa nät och är en europeisk term som motsvarar det amerikanska WLAN för vilken IEEE arbetar fram standarder t ex IEEE 802.11. Hiperlan standarden definierar dataöverföring över korta avstånd via radio på 5GHz bandet. Då Hiperlan fungerar bäst över korta sträckor så är användningsområdet i första hand större fastigheter tex. lägenhetsfastigheter och lokaler tex. kontor

I ett citat från Post & telestyrelsens hemsida kan man läsa följande. ”I Sverige är användning av Hiperlanutrustningar ännu inte undantaget från tillståndsplikt. Dock har PTS för avsikt att inom en snar framtid undanta utrustningarna från tillståndsplikt i enlighet med de restriktioner som föreskrivs i ERC-beslut (99)23. För närvarande har förslaget till ny undantagsföreskrift anmälts till kommissionen. Processen förväntas vara klart under mars/april 2002.”

Överföringshastighet och –avstånd

Inom 802.11 används hastigheterna 1 och 2 Mbps medan 802.11b även tillåter hastigheterna 5,5 och 11 Mbps. Hastigheten mellan produkter för IEEE 802.11b kan dock variera då de flesta sändare och mottagare automatiskt sänker hastigheten om det är svårt att nå fram med radiosignalen. En lägre hastighet ger säkrare överföring och längre räckvidd. Beroende på miljön och avståndet mellan sändare och mottagare kan man få 1, 2, 5.5 eller 11 Mbps överföringshastighet

IEEE 802.11a erbjuder ytterligare förbättringar i överföringskapacitet och klarar hastigheter upp till 54 Mbps

Hiperlantekniken möjliggör dataöverföring över korta avstånd med en överföringshastighet på upp till 54 Mbps.

Standard	Maximal datatakt	Frekvens
IEEE 802.11	1-2 Mbps	2,4 GHz
IEEE 802.11a	54 Mbps	5 GHz
IEEE 802.11b	11 Mbps	2,4 GHz
HIPERLAN\2	54 Mbps	5 GHz

Tabell 1. Prestanda hos WLAN tekniker

Överföringsavståndet för de olika standarderna är svår att exakt ange eftersom det beror av miljön där radionätverket används. Som accessteknik för anslutning av enskilda datorer i hemmet är nackdelen att signalerna i de flesta sammanhang måste penetrera en

yttervägg. Detta sänker överföringsavståndet avsevärt och ger dessutom en sänkning av bandbredden. I produktspecifikationer anges sällan en exakt siffra på överföringsavstånd men de avstånd som är aktuella är 50-500 m. Den högre siffran gäller då det råder fri sikt mellan sändare och mottagare. Dessutom har man standarden 802.11a generellt en kortare räckvidd med bibehållen överföringshastighet.

Tillgänglighet och geografisk spridning

Som accessmetod för anslutning av enskilda datorer i hemmet direkt mot en publik accessnod får WLAN betraktas som begränsad. Däremot sker en snabb utbyggnad av accesspunkter i offentliga miljöer vilket ger användaren möjlighet att ansluta sig till den leverantör som tillhandhåller accesspunkten. Idag finns accesspunkter på större flygplatser, hotell. Dessutom växer antalet accesspunkter i de större städerna snabbt.

Kostnader

Kostnaden för att sätta upp ett enkelt kontors WLAN, enligt standarden 802.11b, med en accesspunkt och två kort för datorer är ca 2000 kr vilket är ett mycket konkurrenskraftigt pris. Endast ett PC-kort kostar så lite som ca 600 kr.

Om en access skall sättas upp för ett större antal hem är kostnaderna för en central accessnod vilken kan serva 8 simultana användare ca 8-10 tusen kronor dock är räckvidden begränsad enligt ovan. Förutom detta tillkommer kostnaden för en router mot det backbone som används.

Utvecklingspotential

WLAN är ett exempel på en teknik utvecklad för ett ändamål men som kommit att användas för i andra syften vilket medför problem. När 802.11b standarden togs fram var det för att tillgodose det behov som fanns att koppla samman öar av nätverk byggda på 802.3 (Ethernet) standarden som då hade hastigheter runt 10 Mbit/s. Idag är inte dessa hastigheter tillräckliga utan man strävar mot 100 Mbit/s. För att nå 100 Mbit/s krävs ett större frekvensband som ISM bandet inte kan tillgodose och man har därför börjat använda 5 GHz bandet för WLAN.

Idag är det inte tillåtet att nyttja IEEE 802.11a standarden fullt ut i Sverige på grund av störningsrisken för andra applikationer som använder sig av samma frekvensband. I ett citat från Post & telestyrelsens hemsida kan man läsa följande. "Utrustningar som arbetar i enlighet med 802.11a kommer inte att undantas från tillståndsplikt i Sverige. Orsaken är att denna typ av utrustningar ej lever upp till kraven i ERC-beslut (99)23 främst i avseende på dynamisk frekvensval, DFS, effektbegränsning, TPC, samt spridning av användning inom ett tillräckligt stort band.

Skulle PTS undanta 802.11a-utrustningar innebär det att risken är stor att textmatarlänkar till satelliter och olika radarutrustningar kommer att bli störda. Att utrustningen är undantagen från tillståndsplikt innebär dessutom att det är mycket svårt att åtgärda störproblem eftersom det ej kommer att vara känt vem som stör eller var den störande utrustningen befinner sig.

Ytterligare en anledning till varför PTS ej har för avsikt att undanta 802.11a från tillståndsplikt är att Sverige i sådana fall skulle motverka de harmoniseringssträvanden

som finns inom Europa. Däremot har PTS gjort det möjligt att använda delar av tekniken genom att ge tillstånd för Hiperlan och Hiperlan/2 produkter som också använder sig av 5GHz frekvensbandet men då i en begränsad del. Det rör sig om 100 MHz från 5,15 GHz och uppåt. Det räcker bara till tre av 802.11a:s åtta kanaler.

På PTS säger man "I den nya skrivelsen har vi en standardformulering där man i den nedre delen av 5 GHz-bandet tillåter Hiperlan, Hiperlan/2 och likvärdiga tekniker". Vidare säger de "Intel har sökt tillstånd att sälja utrustning för 802.11a med motivationen att det är en teknik likvärdig med Hiperlan, och vi tänker inte bestrida den tolkningen".

2.7 LMDS

Teknikbeskrivning

LMDS (Local Multipoint Distribution Services) är en vanlig benämning på **fast** bredbandsradio dvs en radioteknik som används som en ersättning till ett fast trådbundet nät. Det finns flera olika frekvensband tillgängliga för den här tekniken i olika länder. Eftersom det är en teknik som använder ett licensierat frekvensband så måste operatörerna erhålla en licens, i Sverige är det PTS som hanterar licenserna. Intresset för LMDS är stort i Sverige och i övriga Norden har licenser redan delats ut.

Överföringshastighet och –avstånd

Med LMDS tekniken kan man teoretiskt nå hastigheter kring 1 Gigabit till användaren och ett överföringsavstånd på ca 5 kilometer. För att kunna sälja denna tjänst krävs det naturligtvis att den kapacitet som en radiocell servar delas på användarna som är anslutna. Överföringen kräver dock fri sikt mellan sändare och mottagare samt är känslig för varierande väderförhållanden som regn och snö.

I teorin går det, i så kallade LMDS-nät, att sända cirka 1,5 gigabit per sekund in till slutanvändare och cirka 200 Mbps ut från slutanvändare. Med dagens teknik ligger överföringskapaciteten via radiolänk på som mest 622 Mbps på kortare sträckor. I praktiska tillämpningar för konsument- och småföretagsmarknaden är överföringskapaciteten i olika radiolänkslösningar begränsad till cirka 3 Mbps.

Tillgänglighet och geografisk spridning

Idag finns det ingen utbyggd infrastruktur för LMDS. Däremot har licenser delats ut till ett antal företag som har rätt och skyldighet att bygga ett radiobaserat bredbandsnät. Det finns idag dock ingen pågående utbyggnad i stor skala av LMDS.

Tekniska begränsningar

De system som visats baseras på osymmetrisk överföring där användaren får avsevärt lägre bandbredd i återkanalen. LMDS kräver fri sikt mellan sändare och mottagare för att fungera fullt ut, vilket kraftigt begränsar dess praktiska användning. Dessutom är radiolänken – liksom kopparkabeln – känslig för störningar av olika slag; radiolänken påverkas av avstånd till sändare, antalet samtidiga användare samt väder och vind.

Kostnader

Vi har hittills inte sett några erbjudande om anslutningar via LMDS för enskilda kunder. Det är svårt att uttala sig om priser.

Utvecklingspotential

LMDS har en potential att utvecklas som en accessmetod mycket på grund av att den inte är beroende av en befintlig infrastruktur och dess begränsningar. Tekniken bör också lämpa sig väl för anslutning av fristående hem där det annars krävs att ett medium förläggs till varje enskild fastighet.

2.8 Fiber

Teknikbeskrivning

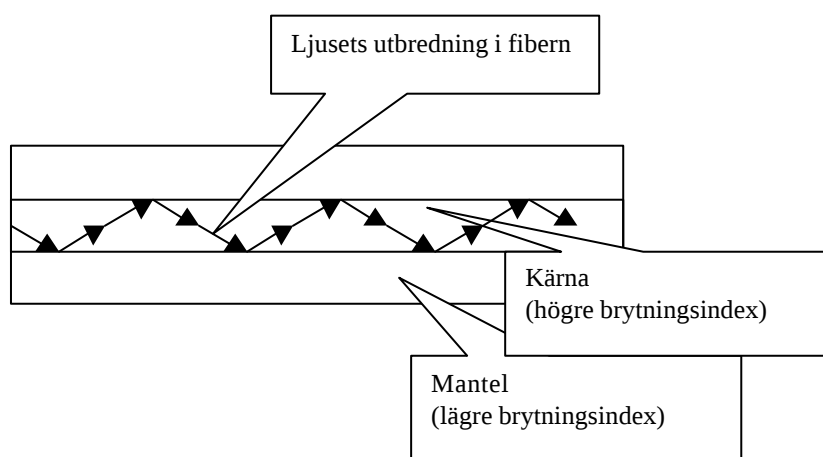
Den grundläggande principen som skiljer överföring av information med optiskfiber från utnyttjande av kopparkabel är att informationen packas om i form av ljuspulser. Pulserna som genereras av en laser transporteras i en ljusledare (glasfiber) till en mottagare där ljuset återigen omvandlas till elektriskt buren information. För att nå full kapacitet i ett fiberoptiskt system krävs det fiber hela vägen hem till användaren dvs en ny infrastruktur måste installeras. Hos kunden installeras en gateway med aktiv optisk utrustning för att enligt ovan omvandla ljussignalen till en TCP/IP signal som datorns Ethernet port kan hantera. På motsvarande sätt finns aktiv optisk utrustning i alla delar av det fiberoptiska nätet.

Fibern har flera fördelar jämfört med bredbandskablar av koppar eller bredband via radiolänk:

- *Hög överföringskapacitet.* Varken koppar eller radiolänk kommer i närheten av optofibers enorma kapacitet, dess höga bandbredd. Ingen av dem har heller den uppgraderingsmöjlighet i bandbredd som fibern medger.
- *Strålningsfri.* Optofiber avger inte, till skillnad från kopparkabel eller radiovågor, strålning.
- *Säker.* Optofiber är mycket svår att avlyssna, eftersom den inte avger elektromagnetisk strålning.
- *Störningsfri.* Optofiber är okänslig för elektriska störningar, vilket inte koppar är, och okänslig för väder och vind, vilket inte radiovågor är.

Man pratar idag om singelmod och multimodfiber. Med multimod skickas en puls med flera våglängder. Men med singelmod skickas en puls med en våglängd. Problemet med multimod är att de olika våglängderna breder ut sig olika fort, vilket gör att signalen blir suddig. Även om man skickar in ljus av endast en våglängd i en multimodfiber, kommer ljuset att utbreda sig på många olika sätt, olika moder. Eftersom moderna har olika utbredningshastighet, kommer pulsen att breddas, vilket kallas moddispersion.

Singelmodtypen är överlägset den bästa, men också den dyraste. Med denna kan man komma i upp i hastigheter av storleksordningen 10-tals Gbit/s. Man har också en betydligt lägre förlustandel och kan därför skicka signaler över längre sträckor utan att förstärka signalen.



Figur 6 Schematisk beskrivning av ljusets utbredning i en optisk fiber. En smalare kärna ger färre möjliga "utbredningsmoder" vilket ger bättre signalkvalitet (begränsad moddispersion) dvs.möjlighet till högre bandbredd.

Överföringshastighet och –avstånd

Idag tillgänglig teknik ger kommersiella installationer med en bandbredd på 10-100 Mbit/s (exempelvis Bredbandsbolaget). Det finns inget som hindrar att bandbredden ökas ytterligare dock finns det vissa kostnadsbarriärer som kommer in vid högre hastigheter. Som ovan nämnts kan man enkelt nå hastigheter i storleksordningen Gbit/s.

Tillgänglighet och geografisk spridning

I dag finns det relativt gott om både nationella och regionala stamnät, det finns dock färre direkta fiberanslutningar till enskilda fastigheter framförallt i villabebyggelse. Det är endast ett fåtal företag som erbjuder fiberanslutning till enskilda hem i dagsläget och då främst till flerbostadshus. Bredbandsbolaget har idag ca 250 000 anslutna kunder på 32 orter dock endast till flerbostadshus. Ett relativt vanligt sätt att bygga ut fibernätet är i samband med annan grävning exempelvis fjärrvärmeutbyggnad.

Tekniska begränsningar

Fiber till hemmet ser idag ut att vara den tekniskt sett mest framtidssäkra lösningen vad avser kapacitet och svarstider. Den potentiella utvecklingen för fiber drivs på av dess omfattande användning som transmissions medium för stora datamängder mellan regioner och länder.

Det största hindret mot optisk fiber och i stort sett den enda orsaken till att andra tekniker i praktiken kan konkurrera med fibern är kostnaderna för läggningen. Under de senare åren har nya metoder tagits fram som sänker kostnaden och användningen av så kallade ducar, dvs tomma plaströr, har ökat. Genom att först lägga tomma plaströr så kan stora sträckor tillryggaläggas på kort tid. Vid behov så kan man sedan lägga i det antal fiberpar som behövs genom att blåsa i fibern med tryckluft.

Kostnader

Kostnaderna förknippade med ett accessnät baserat på fiber till hemmet är dels den fysiska grävning som måste ske för att dra fram fiber till fastigheten, uppbyggnad av ett fastighetsnät (flerfamiljbostad).

Utvecklingspotential

Sen den optisk kommunikation introducerades för 25 år sedan har redan 6 olika teknologier förändrat kapaciteten för fibrerna och två nya är på väg att slå igenom. Det senaste är WDM överföring (våglängdsmultiplexning). Varje våglängd bär sin information (en kanal), utan att påverkas av de övriga våglängderna.

Med sk solitoner kan man få överföringskapaciteter på tiotals GB/s över långa sträckor (1000-tals km) i varje kanal. Det är således inte fibern i sig som sätter gränserna för dagens överföringskapacitet, utan den utrustning som sitter i fiberns ändrar.

I laboratorier klarar man idag med hjälp av så kallad våglängdsmultiplexering att överföra upp till 10 terabit per sekund i en enda optofiber. Forskare på Bell Labs, som har studerat vilken övre gräns som kan finnas för fiber, tror att det går att överföra 100–150 terabit per sekund, förutsatt vidareutveckling av dagens teknik.

Med våglängdsmultiplexering, som innebär att man använder lasrar med något olika våglängder för att mångdubbla antalet överföringskanaler per fiber kan man öka överföringskapaciteten upp till 176 gånger. På en våglängd kan man överföra cirka 40 gigabit per sekund i kommersiella tillämpningar, vilket ger en kapacitet i en enskild optofiber på 7,04 terabit per sekund med hjälp av våglängdsmultiplexering. Gällande "hastighetsrekord" med kommersiellt tillgänglig teknik på 7,04 terabit per sekund har Siemens.

2.9 XDSL-tekniker

Teknikbeskrivning

XDSL-tekniker är en tekniksamling för alla modemteknologier som inbegriper bredbandskommunikation över parkablar. DSL står för Digital Subscriber Line och finns i ett antal varianter där vanligast för Internetåtkomst är ADSL (Asymmetric DSL). A-et kan bli utbytt mot ett antal bokstäver som t.ex. "H", "RA", "S", och "V" och representerar de olika tekniker som finns:

- ADSL Asymmetric Digital Subscriber Line
- HDSL High Bit-Rate Digital Subscriber Line
- SDSL Symmetric Digital Subscriber Line

- VDSL Very High Bit-Rate Digital Subscriber Line
- R-ADSL Rate-Adaptive Digital Subscriber Line

2.9.1 ADSL

ADSL (Asynchronous Digital Subscriber Line) tekniken utvecklades i mitten av 80-talet av Bell Labs och utvecklades främst för multimedia applikationer som till exempel Video on Demand. Idag räcker inte prestanda till för de tänkta applikationerna men är tillfredsställande för att användas för höghastighetsaccess till Internet och enklare ljud och bildöverföringar. Operatörerna har även motarbetat utbudet av högre överföringshastigheter via ADSL på grund av företagsmarknaden där man erbjuder företagen att hyra fasta förbindelser till bra priser.

Tekniken går ut på att sända dataöverföringen på höga frekvenser, som inte utnyttjas vid vanligt tal. Talet separeras från datatrafiken av utrustning vid datorn, med en så kallad ADSL-splitter, och i telefonstationen, och de två typerna av trafik kan överföras på ledningen samtidigt.

Trafiken uppström, från abonnenten, och nedströms, till abonnenten, sker i två olika frekvensband, se, detta är gjort för att trafikflödena inte ska störa varandra. Att trafiken till abonnenten har ett större frekvensband beror på att användningsområdet för ADSL är riktat mot Internetanvändande vars trafikflöde idag har en tydlig osymmetrisk form.

2.9.2 VDSL

VDSL (Very fast Digital Subscriber Line) är den snabbaste av DSL teknikerna. De första versionerna av VDSL är precis som ADSL att vara asymmetriska, men senare versioner kommer att vara symmetriska. Tekniken klarar upp till 55 Mbps och VDSL kan dynamiskt byta bandbredd uppströms och nedströms efter tillämpningens krav och dessutom samtidigt köras i kombination med både vanlig telefoni och ISDN. VDSL klarar upp till åtta digitala TV-kanaler samtidigt via samma telefontråd.

För att klara den höga prestanda i VDSL utnyttjas avancerad felkontroll Forward Error Correction (FEC) som arbetar med dynamisk varierande mängd redundant information. Den redundanta datan kan variera från 5-100 procent av originalmeddelandet.

2.9.3 SDSL/HDSL

Den stora fördelen med SDSL (Symmetric Digital Subscriber Line) och HDSL (High-speed Digital Subscriber Line) är att de, liksom andra DSL-implementationer, klarar att överföra digital data över vanliga kopparledningar i mycket hög hastighet. SDSL klarar omkring tre kilometer innan signalen försämrats och behöver förstärkas. SDSL har till skillnad från ADSL ett symmetriskt flöde av data och därför passar tekniken väldigt bra för videokonferenser med sina 2 Mbps både uppströms och nedströms.

HDSL är väldigt lik SDSL men den har en väsentlig skillnad och det är att tekniken använder sig av flera kabelpar. Det ena paret används för att skicka data och det andra

paret för att ta emot data. Detta gör att data kan skickas i hastigheter motsvarande E1, dvs 2048 kilobit per sekund, upp till fyra kilometer utan att det behövs någon förstärkare.

Av nämnda DSL tekniker är HDSL det mest mogna systemet där man även väntar ett teknikgenombrott. Ett antal operatörer arbetar med att ersätta dagens 2 Mbit/s PDH system förbindelser med HDSL. Den nya generationen HDSL som utvecklats använder endast ett kabelpar istället för de två eller tre som tidigare använts.

2.9.4 Överföringshastighet och avstånd

Nedan ges en sammanfattning av prestanda för de olika ADSL-teknikerna.

Teknik	Max överföringshastighet	Max avstånd
ADSL	Upp till 8 Mbps nedströms Upp till 1 Mbps uppströms	5.4 Km*
HDSL	T1 - 1.5 Mbps (2 tråds par) E1 - 2.0 Mbps (3 tråds par)	3.6 Km 5.4 Km
SDSL	T1 - 1.5 Mbps E1 - 2.0 Mbps	3 Km
VDSL	13 - 52 Mbps nedströms 1.5 - 2.3 Mbps uppströms	Upp till 1000m ** Upp till 1400 m
R-ADSL	1.5 - 8 Mbps nedströms Upp till 1.544 Mbps uppströms	5.4 Km

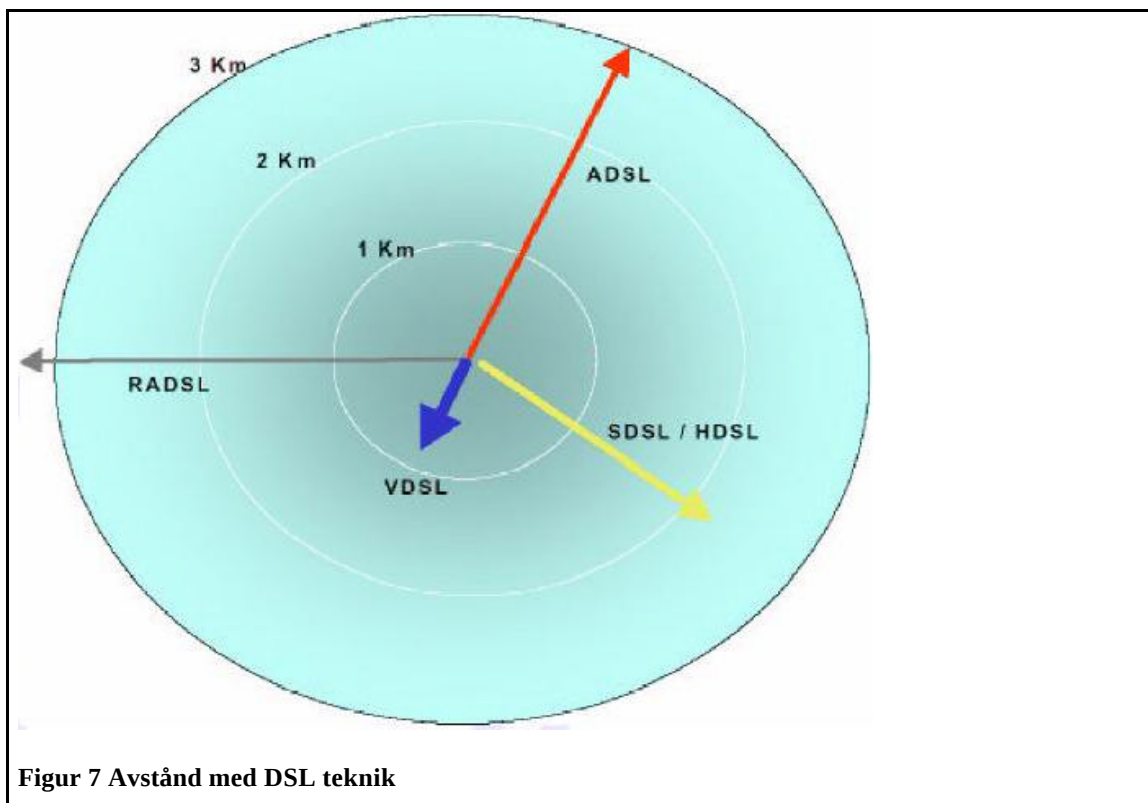
* Hastigheten är avståndsberoende, och anses fungera väl upp till cirka fyra kilometer från telefonstationen.

** Även här är hastigheten starkt avståndsberoende där 52 Mbits kan nås inom 300 m från stationen

Tabell 2. Prestanda hos DSL-tekniker

En svaghet med VDSL är det korta avstånd den klarar, innan förstärkare eller optiska termineringsnoder måste sättas in för att bibehålla maximal överföringshastighet.

I figuren nedan kan man jämföra avstånden med andra DSL tekniker.



Figur 7 Avstånd med DSL teknik

Tillgänglighet och geografisk spridning

ADSL erbjuds idag över en stor del av landet. Fortfarande är dock erbjudanden om ADSL i glesbygd (få kunder per telestation) få.

Tekniska begränsningar

På grund av det korta avståndet så krävs det att VDSL noder byggs på ett visst avstånd från kunderna och att fiber ansluts till dessa noder. Normalt så finns inte fiber så långt ut i näten vilket ger att det kommer att ta ganska lång tid innan VDSL når massmarknaden, trots den pågående kampanjen för VDSL-abonnemang.

Kostnader

Mot privatkund så erbjuds idag ADSL-anslutningar med hastigheter mellan 512 kilobit per sekund och 2 Mbps. Priserna varierar men ligger på omkring 300-400 kronor per månad. Kostnaderna för utrustningen i telestationen är relativt höga vilket hämmat spridningen framförallt till glesbygd. Kostnaderna förväntas sjunka på hårdvaran vilket innebär att vi troligen kommer att få en högre penetration samt en större diversifiering av anslutningserbjudanden.

På senaste tiden har ett antal operatörer börjat marknadsföra VDSL på bred front. Priset ligger på ca 400 kr/månad för upp till 26 Mbps bandbredd. Det har dock visat sig att intresset bland kunderna är svagare än förväntat och dessutom förefaller det vara leveransproblem av tekniken från kabelägaren, Teliasonera.

Utvecklingspotential

Prestanda i dagens DSL-baserade accessnät begränsas i huvudsak av det medium som används. Kopparkabelns signalkaraktäristik påverkar både signalens dämpning och överhörningen av signalen. Det är känt att både dämpningen av signalen och överhörningen av signalen mellan kablarna ökar med bärvågsfrekvensen vilket gör att det är svårt att komma upp i högre hastigheter än 10-15 Mbps annat än i mycket korta sträckor, som tex med VDSL.

På grund av överhörningen mellan kablarna så begränsas uteffekten på signalen i utrustningen, skulle man få för mycket överhörning så skulle det störa andra abonnenter. Denna reglering av uteffekten begränsar samtidigt räckvidden av signalen. Ytterligare störande fenomen är så kallat impulsbrus som uppstår till exempel när lysrör eller fläktar slås på. Under ogynnsamma omständigheter kan teleledningarna plocka upp den resulterande störsignalen som då kan orsaka fel i den mottagna informationen.

Även reflektioner av signalen påverkar prestanda i nätet. Reflektioner uppstår genom missanpassningar av impedansen, till exempel genom att kopparpar med olika tråddiametrar kopplas samman eller att skarvarna mellan två kabelpar har oxiderat.

Dessa tekniska problem som beskrivits ovan är inte specifikt enbart för DSL-tekniker utan finns för alla tekniker som använder kopparkabeln som överföringsmedia. Ett annat stort problem som operatörerna arbetar med för att tekniken ska nå ut på massmarknaden är att sänka kostnaderna för installationen ute i fält. Av installationskostnaderna så är utrustningskostnader en mindre del, resten är tiden för att montera och konfigurera utrustningen.

2.10 ISDN

Teknikbeskrivning

ISDN (Integrated Services Digital Network) är en ITU standard för digital kommunikation över den digitala delen av telenätet. ISDN ger till skillnad från vanliga modem ett fullt utnyttjande av telenätet eftersom man idag använder digital kommunikation mellan telestationerna. Varje telefonsamtal konverteras till digitala signaler som går genom fiberkablar mellan telestationerna med en datahastighet av 64 kbit/s per samtal. I en ISDN förbindelse kan många olika överföringar kan pågå samtidigt i en och samma fysiska förbindelse. De logiska kanalerna går under benämningarna B-kanaler och har en överföringshastighet på vardera 64 kbps.

Överföringshastighet och –avstånd

ISDN ger möjligheten att använda flera kanaler samtidigt för att få en högre överföringshastighet på 128 kbit/s. Det är fullt möjligt att lägga till fler kanaler vilket resulterar i bättre prestanda men också i högre kostnader. Ett vanligt förekommande alternativ är sex stycken B-kanaler vilket ger en avsevärt bättre kvalitet än två stycken till en överkomlig merkostnad. Kombination ger en sammanlagd överföringshastighet på 384 kbps. För privatpersoner är dock Basaccessen på 128 kbit/s helt dominerande.

ISDN enheter kopplar upp mot varandra på mindre än en sekund plus handskakning. Överföringsavståndet för ISDN är maximalt 5,4 kilometer.

Tillgänglighet och geografisk spridning

I Sverige kan ISDN anslutas till Telias digitala telefonnät, vilket ger god geografisk spridning.

Tekniska begränsningar

ISDN tekniken är i dagsläget en av de äldsta accessteknikerna på marknaden och utvecklas i dagsläget i princip inte. Den prestanda kunderna erbjuds är i princip sämre än de alternativa metoderna i exempelvis XDSL. Liksom alla accesstekniker är överföring avståndsberoende i detta fall från telestationen.

Kostnader

ISDN erbjuds i princip inte längre.

Utvecklingspotential

Utvecklingspotentialen för ISDN får anses som begränsad när det gäller access för privatpersoner. Tekniken har inga styrkor som inte kan uppnås med de övriga förkommande teknikerna. Mycket lite utvecklingsarbete pågår inom området.

2.11 Jämförelsematris

I matrisen nedan sammanfattas och jämförs prestanda mellan olika accesstekniker:

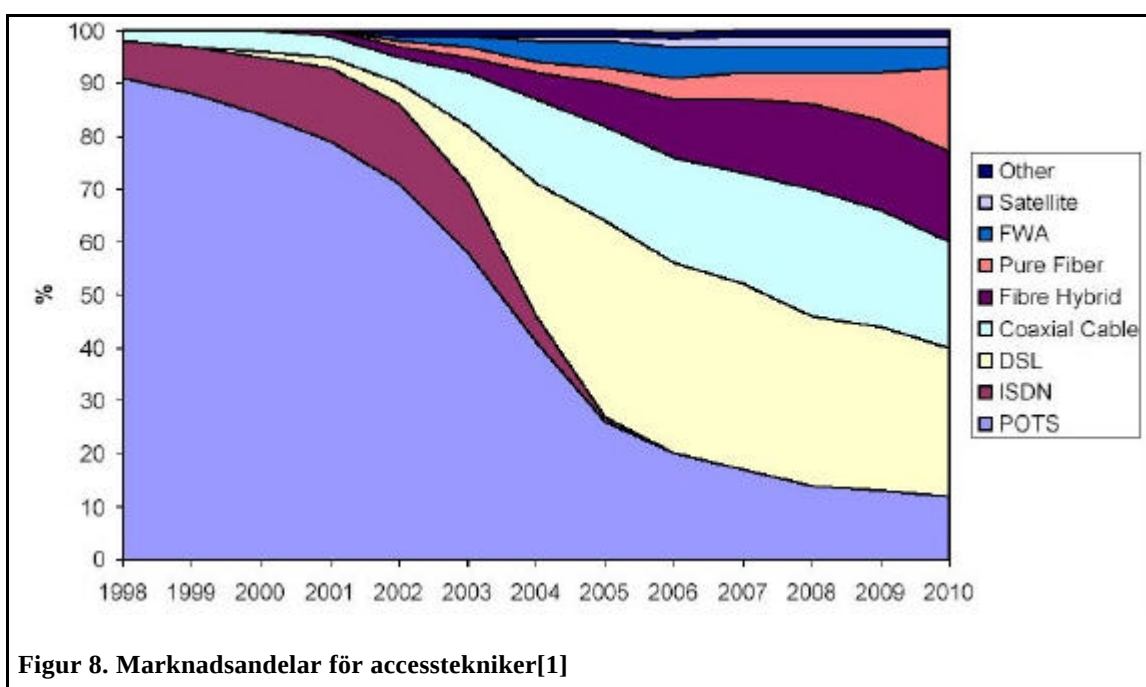
Accessteknik	Överförings-hastighet	Överförings-avstånd	Hårdvarukostnad per anslutning för kund	Geografisk täckning idag
ADSL	8Mbps / 1Mbps	< 4,5km	2500 kr	Tätorter
VDSL	52 Mbps / 13 Mbps	< 1000 m	Inga uppgifter	Företag
WLAN 802.11b	11 Mbps (delad)	< 1500 m	3000	Fåtal tätorter
WLAN 802.11a	54 Mbps (delad)	< 1000 m	5000	Företag
CATV	52 Mbps / 10 Mbps	Inom kabel-TV-nät	Inga uppgifter	Större kabelTV-nät i tätorter
LMDS	30 Mbps (delad)	15 km	Inga uppgifter	Inga uppgifter
Fiber	> 40Gbps	>50km	15000-30000	Större tätorter
PLC	<10Mbps (delad)	400m (nätstationsområde)	6-7000kr	Få installationer

Tabell 3. jämförelsematris

3 Marknadssituation

Att olika tekniker kommer att finnas på marknaden är klart, alla tekniker som beskrivits har sina för och nackdelar och kommer på så sätt att finnas kvar på marknaden i större eller mindre utsträckning. Den teknik som kommer att tappa mest marknadsandelar är vanliga modem. Det beror på sämre prestanda hos modemen och att tillgängligheten på exempelvis ADSL ökar snabbt. Trots detta kommer troligen inte modemen att försvinna helt eftersom det finns tillfällen där modem är det enda alternativet.

De tre stora teknikerna som sannolikt kommer att ha störst marknadsandelar i framtiden är DSL, kabel-TV och fiber. I förlängningen kommer troligtvis fiber att ta en allt större andel förutsatt att priserna sjunker. Det finns idag ingen teknik som kan konkurrera prestandamässigt med fiber. Utvecklingen för PLC i Sverige är svårare att bedöma och beror helt och hållet på vilket intresse elföretagen visar. Mycket talar för att PLC kan komma att få ett starkt fäste i mellan och södra Europa.



Figur 8. Marknadsandelar för accesstekniker[1]

3.1 Marknadsutveckling

Den mest framtidssäkra tekniken är våglängdsmultiplexering som används över optisk fiber. Om man jämför nutida prestanda och störningsökänslighet samt den framtida utvecklingspotential som finns så finns det ingen annan teknik som kan konkurrera. Om man däremot tittar på nutida kostnader i samband med utbyggnad av optiska fiber nät så ser verkligheten lite annorlunda ut. På grund av att det är relativt kostsamt att bygga ut fiber nät så kan andra tekniker som exempelvis ADSL och PLC konkurrera med fiber. Både ADSL och PLC tekniken bygger på redan befintliga infrastrukturer och därmed kan en stor del av kostnaderna hållas nere. Men fortfarande så krävs en uppdatering

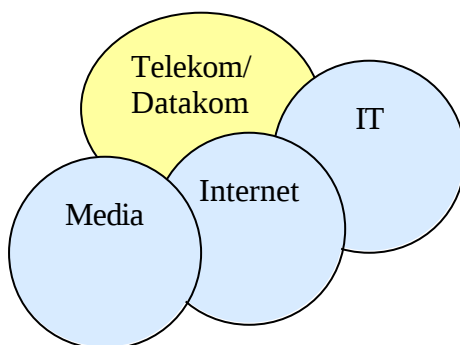
eller nyinstallation av aktiv utrustning, dels hos kunden och dels i exempelvis telestationen eller transformatorstationen.

Elnätskommunikation, PLC, är en av de nya utmanarna på accessmarknaden med än så länge begränsad spridning. Tester med tekniken har visat på att det finns en potential inom tekniken och att PLC kan i framtiden konkurrera med exempelvis Wireless LAN, (IEEE 802.11b) och ADSL. Speciellt intressant är möjligheterna att använda mellanspänningselnätet för överföring vilket skulle medföra att avståndet för PLC baserad utrustning skulle öka avsevärt. Till synes skulle investeringskostnaderna sjunka då den anslutande fiberanslutningen då kan göras på färre ställen och i större transformatorstationer. En följd effekt av detta är att fler mindre orter skulle kunna erbjudas PLC baserat bredband.

4 Marknadsaktörer

Tidigare kunde en och samma aktör ta hand om hela värdekedjan från grossist och detaljist fram till kund och göra långtidsplaner för affärsverksamheten. Idag ser läget annorlunda ut. Olika delar av värdekedjan hanteras av ett antal aktörer som är mer anpassade för en flexibel marknad.

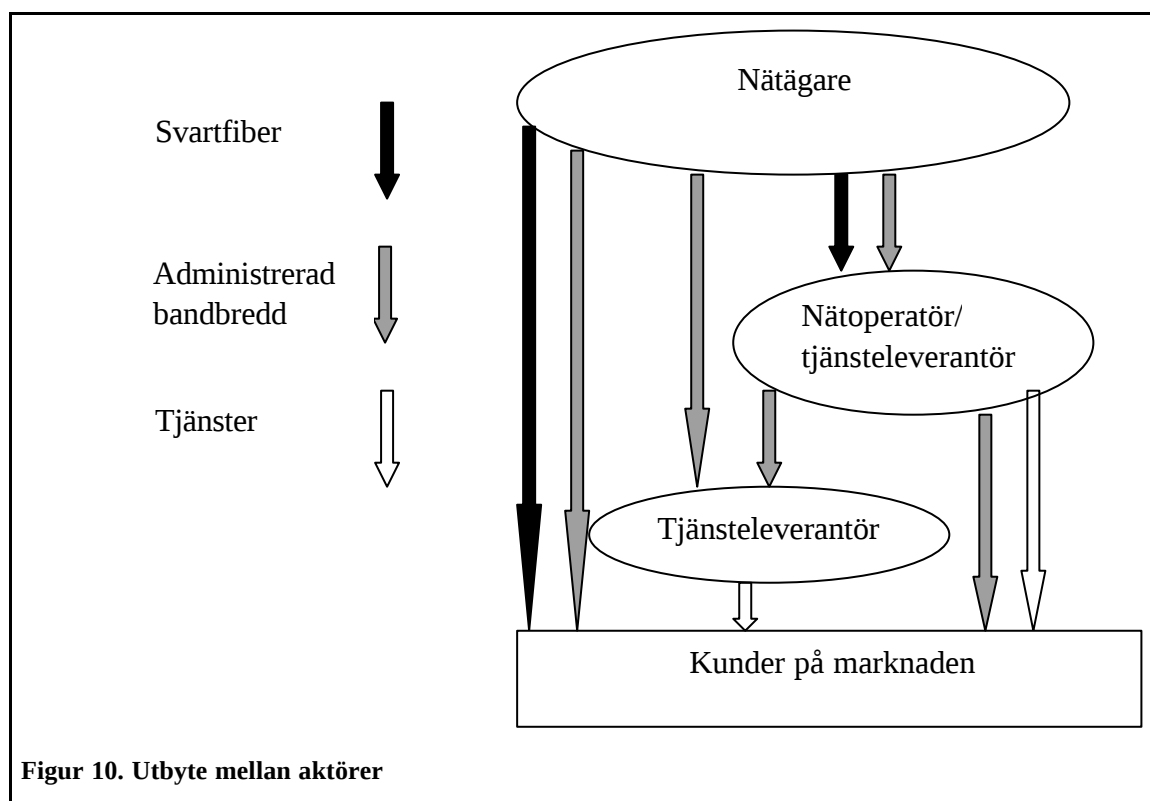
Det är flera närliggande branscher som samverkar idag inom telekommunikations- och datakommunikationssektorn, se figur 9.



Figur 9. Närliggande branscher

Många av aktörerna inom de närliggande branscherna är kunder eller leverantörer till teleoperatörerna. Företaget som äger nätet brukar kallas för nätoperatör. Denna kan sälja "svart fiber" som enbart består av tillhandahållandet av själva kabeln. Operatören kan också sälja mer administrerade nättjänster dvs. olika typer av bärartjänster, transmission och intelligent växling det vill säga överföring och växlande av information i näten. Dessa tjänster ser till att informationen kommer fram. Detta sker med olika metoder som ger olika nivåer av säkerhet, kvalitet och snabbhet och till olika priser. Det finns dels olika medium att överföra den i (optofiber, koppar, radio mm) och dels olika metoder att tekniskt skicka och koppla informationen genom dessa medium.

Eftersom värdekedjan idag är uppbruten enligt ovan baseras det som slutkunden betalar för, tjänsten, ett utbyte/växling mellan aktörerna på marknaden. Aktörerna byter tjänster mellan varandra, antingen mot betalning eller mot likvärdig tjänst, det regleras i olika avtal mellan parterna beroende på hur förhandlingssituationen ser ut. Nedanstående figur 10 illustrerar utbytet mellan operatörer, vilka kategorier av tjänster som finns i olika delar av branschen.



Beroende på vilken typ av kommunikation det handlar om ställs det olika krav. Tal dvs. telefoni kräver att orden kommer fram i "realtid" för att det inte ska upplevas som störande. Däremot är tal inte särskilt beroende av att kvaliteten är hög dvs. ett knaster som knappt kan uppfattas av örat spelar inte så stor roll. För överföring av bilder, grafik, e-post med mera är förhållandet det motsatta. Det gör inget om det är någon minuts fördröjning men ett litet "knaster" kan förstöra hela bilden eller dokumentet. För en del nya användningsområden som till exempel spel över nätverk krävs att användarna har en rättvis fördröjning dvs. att fördröjningen är lika mellan användarna. Samma sak kan tänkas gälla vid distribution av tex. aktieinformation.

Det är viktigt för aktör på accessmarknaden bestämma sig för vilken roll man siktar på. Som ovan angivet kan man sträcka sig olika långt i sin roll som accessleverantör och det innebär olika saker för organisationen.

5 Kostnader

Nedan följer en kort genomgång av de kostnader som tas ut av en kund. Genomgången är naturligtvis aktuell för dagen (september 2003) och priserna ändras kontinuerligt.

5.1 Anslutningsavgift

För boende i tätorter finns en rad alternativ med olika priser och olika kvalitet på den tjänst man köper. De sex dominerande aktörerna har anslutningsavgifter som varierar mellan 495 och omkring 1 500 kr. De mindre aktörerna på marknaden, som oftast är lokala, erbjuder också bredband till ungefär samma priser som de marknadsledande. För de lösningar som baseras på mindre vanliga teknologier som satellit, radio eller fiber till enskilda villor är dock startkostnaden vanligtvis högre och kan ofta ligga mellan 5 000 och 15 000 kronor.

För boende i glesbygd är det just radio- eller satellitlösningarna som är alternativet i de fall de inte kan ges tillgång till ADSL-tekniken. Förutom att dessa lösningar i de flesta fall är avsevärt dyrare har radiolösningen dessutom en sämre kvalitet eftersom den är väderkänslig och kan drabbas av signalstörningar.

5.2 Månadsavgifter

Prisbilden för de löpande avgifterna är relativt homogena och i nivå med andra jämförbara utgifter som TV-licens, telefon- och mobiltelefonabonnemang. I allmänhet ligger avgiften på omkring 300 - 400 kronor per månad.

Referenser

1. www.dslforum.org
2. www.euro-docsis.com
3. Informasic AB
4. www.itu.com

ELFORSK

SVENSKA ELFÖRETAGENS FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGS – ELFORSK – AB
Elforsk AB, 101 53 Stockholm. Besöksadress: Olof Palmes Gata 31
Telefon: 08-677 2530. Telefax 08-677 2535
www.elforsk.se