

UNIVERZA V LJUBLJANI  
EKONOMSKA FAKULTETA

MAGISTRSKO DELO

**SMERNICE RAZVOJA POSLOVNE  
RABE ELEKTRONSKIH KOMUNIKACIJ**

LJUBLJANA, JULIJ 2007

JOŽE MIKLIČ

## **IZJAVA**

Študent Jože Miklič izjavljam, da sem avtor tega magistrskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom prof. dr. Mira Gradišarja in skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorskih in sorodnih pravicah dovolim objavo magistrskega dela na fakultetnih spletnih straneh.

V Ljubljani, dne 1.7.2007

Podpis: \_\_\_\_\_

## Povzetek

Telekomunikacije so danes ena najmočnejših gospodarskih vej v svetovnem merilu in ključni element uspešnega poslovanja. Magistrsko delo predstavlja smernice razvoja poslovnih elektronskih komunikacij in najpomembnejše novosti na področju telekomunikacijskih tehnologij.

V delu so opisani trendi in glavni razlogi za hiter razvoj novih telekomunikacijskih tehnologij na vseh področjih (hrbtenično omrežje, dostopovno omrežje, oprema). Delo podaja sodoben pogled glede na spreminjanje telekomunikacijske infrastrukture.

Zajema preglede, primerjave ter tehnične opise večine trenutno dostopnih tehnologij prenosa podatkov, s čimer predstavlja večino rešitev, ki so že na tržišču ali bodo v prihodnje. V delu so zajeti tudi primeri in praktične rešitve, s katerimi se srečujemo pri načrtovanju in delovanju dostopovnih omrežij.

Cilj magistrskega dela je ocena stanja na področju sodobnih širokopasovnih dostopovnih podatkovnih omrežij in storitev z ekonomskega, družbenega, standardizacijskega ter tehnološkega vidika. Delo predstavlja trende, ki vodijo v omrežja prihodnosti, omrežja prihodnje generacije ter obravnava proces konvergence telekomunikacijskih storitev v enotno omrežje, ki temelji na internetnem protokolu. V delu je podan pregled nad današnjim stanjem tehnologije in storitev na tem področju ter opis smernic nadaljnjega razvoja v luči prizadevanja Evropske unije.

**Ključne besede:** poslovne komunikacije, dostopovno omrežje, tehnike dostopa, storitve, širokopasovno omrežje, hrbtenično omrežje.

## **Abstract**

Telecommunications today are one of the fastest growing economic branches in world standards and key element of successful business. This paper presents trends in development of electronic communications and most important novelties in the area of telecommunication technology.

The paper also describes main reasons for rapid development of new telecommunication technology in all areas (backbone network, access network, equipment). It gives a contemporary view on the changing telecommunications infrastructure.

It captures views, comparisons and technical descriptions of most currently available technology of data transfer, by which it represents most solutions that are already or will soon be available on the market. Included are also examples and practical solutions that we come across when planning and in operating of access networks.

The aim of the paper is to estimate the situation in the field of contemporary broadband access data networks and services from economical, social, standardization and technological view. The paper presents trends, which are leading to the future network, the network of the future generation and deals with the process of convergence of telecommunication services into a united network, which is based on internet protocol. A view on today's state of technology and services in this field and also guidelines of the future development according to the European Union, are also given.

**Key words:** business telecommunications, access network, services, broadband network, backbone network.

# KAZALO

<b>1 UVOD</b> .....	1
<b>2 PREGLED TELEKOMUNIKACIJSKIH OMREŽIJ</b> .....	3
2.1. DEFINICIJA IN OPIS PODATKOVNIH OMREŽIJ.....	3
2.3 ZNAČILNOSTI INTERNETNIH STORITEV.....	4
<b>3 DOSTOPOVNA OMREŽJA</b> .....	6
3.1 DELITEV IN OPIS DOSTOPOVNIH OMREŽIJ.....	6
3.2 ŽIČNO DOSTOPOVNO OMREŽJE.....	7
3.2.1 ADSL tehnologija.....	9
3.2.2 VDSL tehnologija.....	10
3.2.3 Kabelsko telekomunikacijsko omrežje.....	13
3.2.4 Elektroenergetsko telekomunikacijsko omrežje.....	14
3.2.5 Optično telekomunikacijsko omrežje.....	16
3.3 BREŽŽIČNO DOSTOPOVNO OMREŽJE.....	18
3.3.1 Brežžično lokalna omrežja WLAN (Wireless Local Area Network).....	18
3.3.2 Brežžično širokopasovno omrežje WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access).....	19
3.3.3 Satelitska telekomunikacijska omrežja.....	25
3.3.4 Satelitske širokopasovne podatkovne komunikacije.....	26
3.3.5 Stratosferske aeronavtične ploščadi (HAP – High Altitude Platform).....	26
3.3.6 Primeri uporabe storitev v stratosferskih omrežjih.....	27
<b>4 POSLOVNA TELEKOMUNIKACIJSKA OMREŽJA IN STORITVE</b> .....	29
4.1 MESTNO ETHERNET OMREŽJE.....	29
4.2 OMREŽJE MPLS (MULTIPROTOCOL LABEL SWITCHING).....	31
4.3 NAVIDEZNO ZASEBNO OMREŽJE REAL. PREKO MPLS OMREŽJA.....	32
4.4 PRIMER IZVEDBE SODOBNEGA POSLOVNEGA OMREŽJA.....	33
4.4.1 Primerjalne analize stroškov med različnimi izvedbami VPN povezav.....	35
4.4.1.1 Doba vračanja (Payback Period, PP).....	42
4.4.1.2 Sedanja vrednost (Present Value, PV).....	42
4.4.1.3 Povrnitev naložbe (Return of Investment, ROI).....	43
4.4.1.4 Neto sedanje vrednosti (Net Present value, NPV).....	43
4.4.1.5 Interna hitrost povrnitve (Internal Rate of Return, IRR).....	44
4.4.1.6 Povzetek analiz stroškov.....	46
<b>5 TRENDI TELEKOMUNIKACIJSKIH OMREŽIJ IN STORITEV</b> .....	47
5.1 KONVERGENCA TELEKOMUNIKACIJSKIH OMREŽIJ.....	47
5.2 STORITVE KONVERGENTNIH OMREŽIJ.....	48
5.3 IP TELEFONIJA.....	49
5.3.1 Zadržki pri prehodu na sistem IP telefonije.....	50
5.3.2 Prenos govora preko Internetnega protokola.....	51
5.3.3 IP telefonija za poslovne uporabnike.....	52
5.3.4 Ponudniki IP telefonije.....	55
5.3.5 Tržni segmenti IP telefonije.....	56
5.3.6 Poslovni model IP CTX.....	58
5.3.7 Tipični primer IP CTX telefonije.....	60
5.3.8 Poslovni model IP PBX.....	61
5.3.9 Uvajanje IP telefonije.....	62
5.4 ZAHTEVE ZA OMREŽJA PRIHODNIH GENERACIJ NGN (NEXT GENERATION NETWORK).....	63

5.5 KONVERGENCA V MOBILNIH OMREŽJIH.....	64
5.6 DRUŽBENO EKONOMSKI VPLIV KONVERGENCE OMREŽIJ.....	66
5.7 INTERNET PRIHODNJE GENERACIJE.....	67
<b>6 SKLEP</b> .....	68
<b>7 LITERATURA</b> .....	69
<b>8 VIRI</b> .....	71

## **KAZALO SLIK**

Slika 1: Delitev dostopovnih podatkovnih tehnologij.....	7
Slika 2: Tipična primera realizacije ADSL priključka.....	10
Slika 3: Primer uporabe FTTC in VDSL.....	11
Slika 4: Primeri izvedb optičnega omrežja 1.....	16
Slika 5: Primeri izvedb optičnega omrežja 2.....	17
Slika 6: Primer realizacije poslovnega WLAN omrežja.....	19
Slika 7: Primer realizacije WiMAX omrežja.....	19
Slika 8: Delitev satelitski telekomunikacijskih sistemov.....	25
Slika 9: Delitev stratosferskih ploščadi.....	26
Slika 10: Skica sodobnega poslovnega omrežja VPN preko MPLS.....	33
Slika 11: Logična shema sodobnega poslovnega omrežja.....	34
Slika 12: Primer izvedbe VPN preko IP/MPLS omrežja.....	38
Slika 13: Potek razvoja govornih telekomunikacij.....	52
Slika 14: Terminalna oprema v govornih telekomunikacijah.....	53
Slika 15: Aplikacija za upravljanje telefonskega terminala.....	54
Slika 16: Aplikacija za upravljanje telefonskega terminala.....	55
Slika 17: Poslovni model IP centreks.....	58
Slika 18: Primer IP CTX skupine.....	59
Slika 19: Tipični primeri IP CTX telefonije.....	60
Slika 20: Poslovni model IP PBX.....	61

## KAZALO TABEL

Tabela 1: Minimalne in priporočljive hitrosti prenosa za nekaj tipičnih internetnih aktivnosti.....	4
Tabela 2: Frekvenčni spektri in prenosne hitrosti xDSL tehnologij.....	9
Tabela 3: Tipične hitrosti prenosa podatkov glede na dolžino linije in simetričnost prenosa..	11
Tabela 4: Primerjava 802.16 standardov.....	20
Tabela 5: Primerjava mesečnih naročnin med klasičnim in IP/MPLS omrežjem.....	40
Tabela 6: Izračun sedanje vrednosti.....	43
Tabela 7: Izračun neto sedanje vrednosti.....	44
Tabela 8: Izračun hitrosti interne povrnitve naložbe.....	45

## SLOVAR KRATIC

3DES	Triple Data Encryption Standard	standard za trojno šifriranje podatkov
AES	Advanced Encryption Standard	napredni šifrirni standard
ADSL	Asimetric Digital Subscriber Line	asimetrični digitalni naročniški vod
ATM	Asynchronous transfer mode	asinhroni prenosni način
AMR	Automatic Meter Reading	avtomatično odčitavanje števca
BPL	Broadband Power Line	širokopasovni dostop preko energetskega voda
BPON	Broadband Passive Optical Network	širokopasovno pasivno opt. omrežje
BS	Base Station	bazna postaja
CTI	Computer Telephony Integration	računalniška integracija telefonije
CS	Call Server	klicni strežnik
DSL	Digital subscriber Line	digitalni naročniški vod
DSLAM	DSL access Multiplexer	DSL dostopovni združevalnik
DNS	Domain Name Systems	strežnik domenskih imen
DVD	Digital Versatile Disc	video zgoščanka
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing	multipleksiranje na osnovi valovnih dolžin
EDGE	Enhanced Data Rates for Global Evolution	
ITS	Intelligent Transportation System	pametni transportni sistem
FDM	Frequency Division Multipleks	frekvenčni multipleks
FEC	Forwarding Equivalency Class	posredovalni razred

FR	Frame Relay	blokovno posredovanje
FTTC	Fiber To The Curb	vlakno do zadnjega jaška
FTTH	Fiber To The Home	vlakno do doma
FTTO	Fiber To The Office	vlakno do pisarne
FTTZ	Fiber To The Zone	vlakno do področja
FWA	Fixed Wireless Access	fiksni brezžični dostop
GEO	Geostationary Earth Orbit	geostacionarna zemeljska orbita
GPRS	General Packet Radio Service	splošna paketna radijska storitev
GMM	Global Multimedia Mobility	globalna multimedijaska mobilnost
GNSS	Global Navigation Satellite System	globalni navigacijski satelitski sistem
HDSL	High Bit Rate Digital Subscriber Line	hitri digitalni naročniški vod
HDTV	High Definition TV	TV visoke ločljivosti
HFC	Hybrid Fibre Coax	hibridno omrežje iz optičnih in koaksialnih kablov
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access	hitri paketni dostop
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	inštitut inženirjev elektrotehnike in elektronike
IP SEC	IP security	varni internetni protokol
ISDN	Integrated Services Digital Network	digitalno omrežje z integriranimi storitvami
ISM	Industrial, Scientific, Medical	industrija, znanost, medicina
ISP	Internet Service Provider	ponudnik internetnih storitev
ITU	International Telecommunication Union	mednarodna telekomunikacijska zveza
LAN	Local Area Network	lokalno omrežje
LEO	Low Earth Orbit	nizka zemeljska orbita
LOS	Line of Sight	neposredna vidljivost
MEO	Medium Earth Orbit	srednja zemeljska orbita
MGW	Media Gateway	medijski prehod
MEN	Metro Ethernet network	mestno ethernet omrežje
MPLS	Multi Protocol Label Switching	večprotokolna komutacija z zamenjavo label
MP2MP	Multipoint to Multipoint	povezava več točk – več točk
NGI	Next Generation Internet	internet naslednje generacije
NGN	Next Generation Network	Omrežje naslednje generacije
NLOS	Non Line of Sight	brez neposredne vidljivosti
NT	Network Terminator	omrežni zaključek



ONU	Optical Network Unit	optična omrežna enota
PBX	Private Branch eXchange	zasebna telefonska centrala
PLC	Power Line Communications	komunikacija preko energetskega omrežja
PCM	Pulse Code Modulation	pulzno kodna modulacija
P2MP	Point to Multipoint	povezava točka več točk
POTS	Plain Old Telephone Service	osnovna telefonska storitev
PPPoE	Point to Point Protocol over Ethernet	povezava točka točka preko etherneteta
P2P	Point to point	povezava od točke do točke
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	kvadratna amplitudna modulacija
QoS	Quality of Service	kakovost storitve
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	sinhrona digitalna hierarhija
SDSL	Symmetric Digital Subscriber Line	simetrični digitalni vod
SIP	Session Initiation Protocol	signalizacijski kontrolni protokol
SNR	Signal to Noise Ratio	razmerje signal/šum
SOHO	Small Office – Home Office	majhna pisarna – domača pisarna
SS	Subscriber Station	naročniška postaja
TDM	Time Division Multiplexing	časovno razvrščanje
TCP	Transmision Control Protocol	protokol za nadzor prenosa
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System	univerzalni mobilni telekomunikacijski sistem
VDSL	Very High Bit Rate Digital Subscriber Line	zelo hiter digitalni naročniški vod
VLAN	Virtual LAN	navidezno zasebno omrežje
VOD	Video On Demand	video na zahtevo
VoIP	Voice over Internet Protocol	telefonija preko internetnega protokola
VPLS	Virtual Private LAN Service	storitev navideznih zasebnih omrežij
VRF	Virtual Routing and Forwarding tables	navidezna usmerjevalna in posreovalna tabela
WDM	Wavelength Devision Multiplexing	valovni multipleks
WI-FI	Wireless Fidelity	zanesljiva brezžična povezava
WiMAX	Worldwide interoperability for Microwave Access	svetovna interoperabilnost za mikrovalovni dostop
WLAN	Wireless LAN	brezžično lokalno omrežje
WMAN	Wireless Metropolitan Area Network	brezžično mestno omrežje
xDSL	x Digital Subscriber Line	oznaka za družino tehnologij DSL

# 1 UVOD

Telekomunikacije so vsak prenos sporočil na večje razdalje. V ožjem pomenu, ki je uporabljen v tej nalogi, je pod tem pojmom mišljen prenos sporočil ob pomoči elektromagnetnih, elektronskih, radijskih ali optičnih prenosnih sistemov.

Če zanemarimo mehanske sisteme sporočanja, se je razvoj telekomunikacij v sodobnem pomenu besede začel pred približno poldrugim stoletjem s pojavom telegrafa. V zadnjem desetletju 19. stoletja se je pričela razvijati telefonija, ki je ostala ključna telekomunikacijska storitev celotnega 20. stoletja. Do sredine 20. stoletja se je prenos govora avtomatiziral (avtomatske telefonske centrale), v zadnjih dveh desetletjih pa digitaliziral. Z digitalizacijo je bila vzpostavljena skupna osnova s sočasno rastočim področjem računalništva - prenosa po naravi digitalnih podatkov.

Prve spremembe v obstoječ, stabiliziran, linearno rastoč sistem je, poleg že omenjene digitalizacije vseh vrst podatkov, prinesla uvedba kablov z optičnimi vlakni sredi osemdesetih let 20. stoletja. Ti so za nekaj velikostnih razredov (Štular, 2000, str. 18) spremenili prenosne zmogljivosti dotlej skoraj izključno bakrenih prenosnih vodnikov. Z istočasnim širjenjem brezžičnih digitalnih prenosnih sistemov sta povzročila porušitev dotedanje ekonomike prenosa podatkov na večje razdalje.

Ozko grlo se je preselilo k uporabniku telekomunikacijskih storitev na t. i. zadnji kilometer telefonskega omrežja, ki je še vedno v večini primerov iz bakrenih vodnikov. Ekonomičnost zamenjave teh vodov z optičnimi je trenutno še precej vprašljiva in se postopoma izvaja le pri poslovnih uporabnikih ter v strnjjenih in gosto naseljenih območjih. Glede na to, da bo zamenjava trajala še vrsto let, se načrtovalci omrežij in ponudniki opreme trudijo s pomočjo različnih DSL (ang. Digital Subscriber Line; slov. digitalni naročniški vod) tehnologij uporabnikom ponuditi zadovoljive hitrosti prenosa podatkov po obstoječih bakrenih vodih.

Poleg kabljskih in optičnih dostopovnih tehnologij je precej novosti tudi na področju brezžičnih dostopovnih omrežij - predvsem tehnologiji širokopasovnega radijskega omrežja WiMAX (angl. Worldwide Interoperability for Microwave Access). V delu je predstavljena skupina standardov IEEE 802.16 znanih tudi kot brezžično mestno omrežje WirelessMAN (angl. Metropolitan Area Network), ki bi lahko (M. Shakeel, 2005, str. 3) konkurirali današnjim fiksnim sistemom za širokopasovni dostop do interneta.

Na področju brezžičnih komunikacij se v zadnjih letih intenzivno razvijajo tudi satelitska telekomunikacijska omrežja ter do sedaj praktično neznano stratosferično telekomunikacijsko omrežje, ki bi bilo realizirano preko aeronavtičnih ploščadi, lebdečih okoli 20 km nad zemeljsko površino v geostacionarni legi. Ploščadi bodo zagotovo postale vse bolj zanimiv element komunikacijskih in navigacijskih sistemov, ker združujejo prednosti satelitskih in prizemnih radijskih sistemov.

Pri razvoju telekomunikacijske infrastrukture se pogosto pozablja na nove storitve in vsebine. Le-te je potrebno v prihodnje videti kot celoto, saj ločeni deli izgubijo ves pomen. V pričujočem delu je zato dan poseben poudarek tudi t. i. zlivanju oziroma konvergenci omrežij in storitev, katere osnovni namen (Burger, 2003, str. 5) je, da preko katerega koli terminala skozi katero koli omrežje pridemo do katere koli oblike informacij.

Zlivanje govora in podatkov bo v prihodnosti močno prestrukturiralo telekomunikacijsko infrastrukturo. Internetni protokol je postal in ostaja vodilni integrator za prihodnje storitve.

Nova informacijska infrastruktura (Zrimšek, 2003, str. 12) ne bo popolnoma nova tvorba. Razvijala se bo z integracijo vseh obstoječih omrežij s pomočjo novih tehnologij, ki bodo služile integraciji. Te tehnologije bodo integrirale razvoj in upravljanje. Potrebno je ugotoviti, kako sintetizirati infrastrukturo, da bo še naprej delovala transparentno kot globalno omrežje za vse vsebine in storitve. Za ta poseg je potrebno preučiti vso potrebno funkcionalnost, zmožnosti, standarde, protokole, predvsem pa dobre in slabe lastnosti obstoječih omrežij. Telekomunikacijski operaterji in ponudniki storitev, ki želijo v teh novih okoliščinah ostati konkurenčni, morajo pospešeno uvajati nove storitve in tehnologije. Pri uvajanju morajo upoštevati trende in se izogibati tehnologijam in procesom, ki ne ustrezajo uporabnikovim zahtevam.

## 2 PREGLED TELEKOMUNIKACIJSKIH OMREŽIJ

V preteklosti je nastalo več telekomunikacijskih omrežji, katerih razvoj je bil pogojen s storitvijo, ki jo je zagotavljalo določeno omrežje. Tako se je razvilo telefonsko omrežje, katerega osnovna storitev je bila govorna komunikacija. Radiodifuzijsko omrežje in omrežja kableske televizije so bila namenjena za distribucijo radiodifuznega signala. Razvil se je internet, ki je bil namenjen izključno za podatkovne komunikacije. Radijski mobilni sistemi so nastali zaradi zagotavljanja mobilne govorne komunikacije, zaradi podobnih razlogov so bili razviti tudi satelitski sistemi. Silovit razvoj tehnologije, ki je omogočil neslutene zmogljivosti ter cenenost računalniške in telekomunikacijske opreme, danes vodi v konvergenco omrežij in storitev.

### 2.1. Definicija in opis podatkovnih omrežij

Današnja podatkovna omrežja v grobem ločimo na dvoje, in sicer na hrbtениčno in dostopovno omrežje.

Hrbtениčno podatkovno omrežje (Štular, 2000, str. 78) je osnova vseh podatkovnih povezav, s katerimi so v globalnem prostoru povezani veliki internetni ponudniki. Ti posredujejo informacije prek zelo zmogljivih strežniških sistemov. Njihove informacije potujejo po hrbtениčnih optičnih sistemih z izredno velikimi prenosnimi hitrostmi (tudi več Tb/s). Zaradi tehnološkega napredka ter velikih potreb vse večjega števila internetnih uporabnikov se hitrosti prenosa podatkov preko hrbtениčnih omrežij zelo povečujejo. Obstaja Gilderjev zakon (Gričar, 2001, str. 21), ki pravi, da se bo komunikacijska širina interneta v naslednjih 25 letih vsako leto potrojila.

Največji problem postaja dostopovno omrežje, ki predstavlja ozko grlo med končnim uporabnikom in hrbtениčnim omrežjem. To omrežje zahteva velike investicije in predstavlja velik izziv omrežnim operaterjem v bodoče. Tehnološki vidiki dostopovnega omrežja so podrobneje opisani v naslednjem poglavju, kjer je poudarek predvsem na širokopasovnih dostopovnih omrežjih. V strogo tehničnem smislu je širokopasovno podatkovno omrežje telekomunikacijsko prenosno omrežje, ki za prenos signalov uporablja različne prenosne medije s širokim uporabnim frekvenčnim območjem.

Ker se navadno širina uporabljenega frekvenčnega pasu prenosnega medija in s tem največja hitrost prenosa podatkov z razvojem tehnologije večata, je nemogoče trajno določiti spodnje meje hitrosti prenosa podatkov, ki še ustrezajo oznaki širokopasovnost.

V grobem lahko navedemo, da so širokopasovna omrežja vsa podatkovna prenosna omrežja, ki uporabniku omogočajo stalno vključenost in veliko odzivnost pri interaktivni uporabi večpredstavnih aplikacij, storitev in vsebin. V praksi to za domače uporabnike v tem času pomeni predvsem uporabo tehnike ADSL (angl. Asimetric Digital Subscriber Line; slov. asimetrični digitalni naročniški vod), kableskih modemov, optičnih vodov in vrste različnih brezžičnih omrežij v dostopu do hrbtениčnih omrežij operaterjev. Takšna dostopovna omrežja omogočajo hitrosti do nekaj 10 Mb/s (z izjemo optičnega, ki omogoča bistveno višje hitrosti) in s tem solidno uporabniško izkušnjo pri uporabi večpredstavnih vsebin. Pri uporabi naprav z manjšimi zasloni, kot so npr. mobilni telefoni, so zahteve po hitrostih manjše in lahko že precej nižje hitrosti prinesejo zadovoljivo uporabniško izkušnjo.

Po drugi strani standardna kakovost žive slike digitalne televizije zahteva hitrost prenosa okoli 4 Mb/s, kar nakazuje trend razvoja storitev televizije širokega formata na velikih zaslonih in potrebo po še večjih prenosnih hitrostih v bližnji prihodnosti, še posebej na področju poslovnih uporabnikov, univerz in inštitutov, ki se vedno pogosteje povezujejo z 100 Mb/s oziroma 1 Gb/s ethernet tehnologijo na hrbtenična omrežja operaterjev. Tabela 1 orientacijsko prikazuje minimalne in trenutno priporočljive hitrosti prenosa za tipične internetne storitve.

Tabela 1: Minimalne in priporočljive hitrosti prenosa za nekaj tipičnih internetnih aktivnosti

STORITEV	Min. hitrost (Kb/s)	Priporočljiva hitrost (Mb/s)
Brskanje po internetu	56	1
Delo na daljavo	128	2 (simetrično)
Videokonferenca dveh uporabnikov	256	1 (simetrično)
Učenje na daljavo	256	4 (simetrično)
Prenos videovsebin	500	10
Igranje iger v realnem času	128	1
E-nakupovanje	56	1
Digitalna TV (DHTV)	2000	4 (15 za HDTV)

Vir: Avtor

### 2.3 Značilnosti internetnih storitev

Pri prenosu podatkov v internetnih omrežjih moramo upoštevati značilnost posameznih internetnih storitev. Te so v pretežni meri odvisne od narave prenašane informacije. Informacije posameznih storitev lahko razdelimo v naslednje osnovne značilne komponente: podatki, tekst, zvok, slika ter video.

Prenose podatkov lahko razvrstimo (Anžič, 2001, str. 36) glede na:

- zveznost toka podatkov (strujanje oziroma tekoč prenos, prenos v blokih),
- pomen časovne dimenzije (prenos v realnem času, prenos brez časovne odvisnosti),
- razmerje prenesenih podatkov od uporabnika in proti uporabniku, (simetrični prenos ali nesimetrični prenos).

Prenos govora in videa je samo specifičen primer prenosa podatkov. Govor je občutljiv na zakasnitve, vendar je toleranten na izgube. Če so izgube do 1 %, nimajo velikega vpliva na kakovost zveze. Po drugi strani je video občutljiv tako na zakasnitve kot na izgube. Na splošno velja, da so računalniki pri prenosih podatkov zelo občutljivi na izgube in precej bolj tolerantni do zakasnitev.

Da bi se izognili izgubam v podatkovnem prometu, je pri velikem številu različnih prometnih izvorov nujno potrebno upravljati njihov promet. Razvijalci in operaterji TK omrežij rešujejo opisani problem s pomočjo t. i. prometnih deskriptorjev, ki opisujejo obnašanje prometnih izvorov.

Prometni deskriptorji izvora so:

- zgornja dovoljena hitrost,
- povprečna hitrost podatkov prometnega izvora,
- maksimalna velikost izbruha,
- minimalna hitrost prenosa podatkov prometnega izvora.

En najvažnejših mrežnih faktorjev, ki vpliva na kakovost storitve QoS (angl. Quality of Service), je toleranca variance zakasnitve prenosa podatkov.

S pomočjo upravljanja lahko na dokaj enostaven način segmentiramo podatkovni promet glede na zahtevo uporabnika. Delitev storitev v posamezne razrede omogoča omrežju fleksibilno delovanje. S tem omrežje ni več primorano podpirati stroge zahteve za kakovost storitve.

Sodobna podatkovna omrežja so sposobna zagotavljati prioriteto prometu, ki je odvisen od zakasnitev, ne da bi pri tem povzročala izgube v drugih povezavah. Primer takega prometa je prenos govora in videa. Če dovolimo kateremu koli prometnemu izvoru neomejeno hitrost prenosa, bo omrežje kmalu prišlo v stanje nasičenja. Zato se vsakemu prometnemu izvoru dovoli, da generira podatkovni promet, ki je maksimalno enak zgornji dovoljeni hitrosti oddaje podatkov.

### 3 DOSTOPOVNA OMREŽJA

Dostopovna omrežja so vezni členi med širokopasovnim hrbteničnim omrežjem in končnim uporabnikom. Zveze dostopovnih omrežij so sorazmerno kratke in večinoma ne presegajo nekaj kilometrov. Trenutno prevladujejo tehnološke rešitve dostopa po žičnih bakrenih vodih, v naslednjih letih pa pričakujemo nagel vzpon brezžičnega in dostopa preko optičnih povezav.

Ker trenutno zamenjava bakrenih vodov z optičnimi vlakni do večine uporabnikov še ni ekonomična, se operaterji trudijo oblikovati omrežje tako, da bi ga z sodobno dostopovno tehnologijo maksimalno izkoristili.

#### 3.1 Delitev in opis dostopovnih omrežij

Danes je za zadnji del omrežja (med hrbteničnim omrežjem in uporabnikom) na razpolago več različnih tehnologij, ki temeljijo na žičnih in brezžičnih medijih prenosa.

K žičnemu dostopovnemu omrežju spadajo:

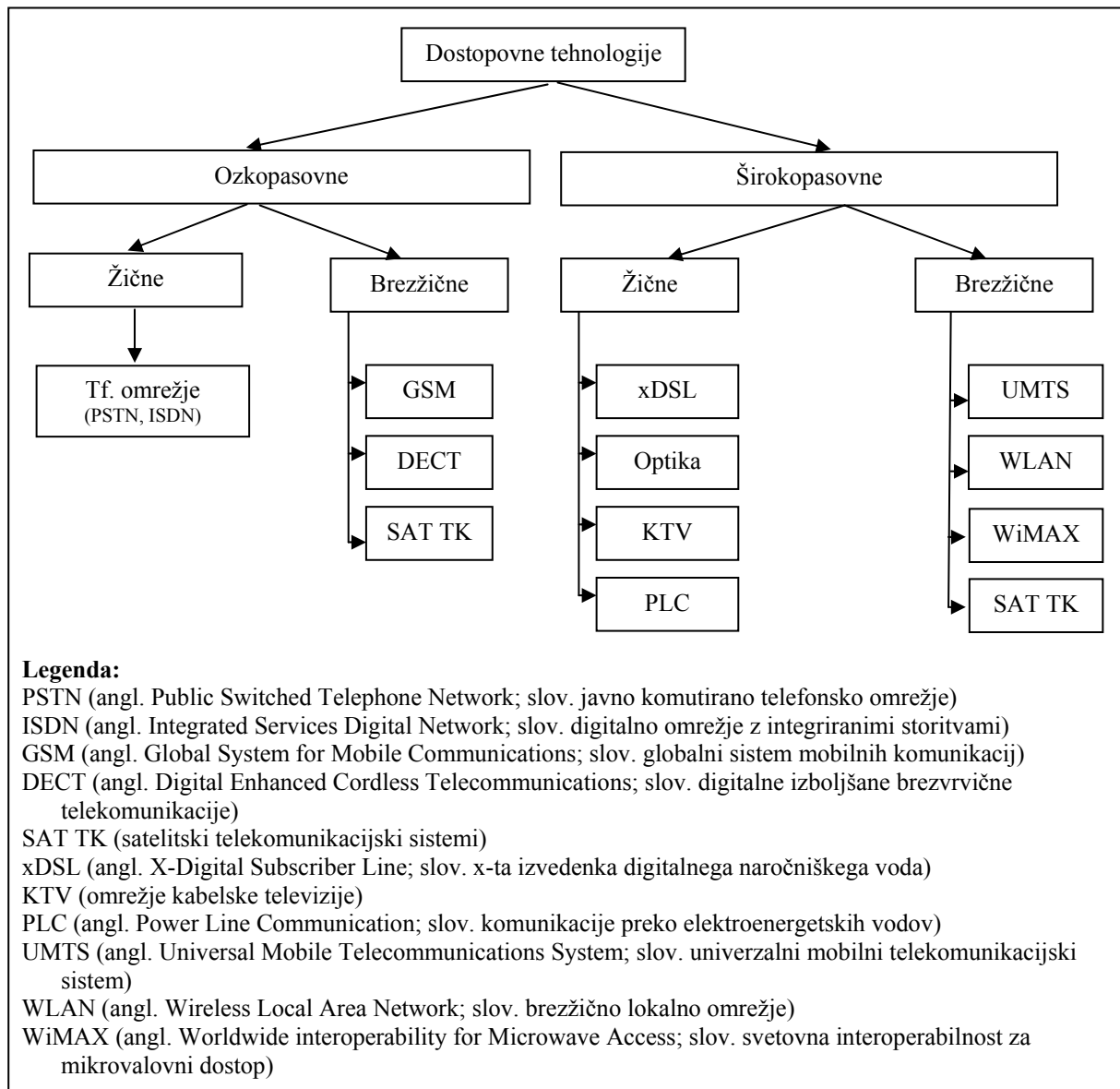
- telefonsko omrežje,
- omrežje kableske televizije,
- optično omrežje,
- elektroenergetsko omrežje.

Brezžični dostop se v grobem deli na:

- prizemno brezžično omrežje,
- omrežje satelitskih povezav ter stratosferskih aeronavtičnih ploščadi.

Dostopovna omrežja lahko delimo še na ozko ter širokopasovna omrežja, kot kaže slika 1. Z lastnostmi posameznih tehnologij se bomo podrobneje seznanili v nadaljevanju.

Slika 1: Delitev dostopovnih podatkovnih tehnologij



Vir: Avtor

### 3.2 Žično dostopovno omrežje

Nekateri uporabniki danes še vedno uporabljajo klasično telefonsko omrežje, ki za prenos podatkov koristi ozek frekvenčni pas 300–3400 Hz. Takšna omejitev je bila v preteklosti potrebna predvsem iz tehničnih razlogov. To pasovno širino skušamo z različnimi tehnikami modulacije maksimalno izkoristiti.

Pri vsej stvari gre torej za problem (Pogačnik, 2001, str. 16), kako čim bolje izkoristiti zmožnosti obstoječega pristopnega omrežja za javno telefonijo oziroma krajevnih zank, ki so običajno sestavljene iz bakrenih vodov (žic). Že zdaj je jasno, da bodo operaterji za posodobitev dostopovnih omrežij morali vložiti veliko finančnih sredstev in časa, saj ta omrežja po dolžini sestavljajo večji del celotnega omrežja javne telefonije. Dejansko bi krajevne zanke najbolj učinkovito posodobili tako, da bi bakrene žice zamenjali z optičnimi vlakni, ki bi jih napeljali do vsakega uporabnika. Le-to se sicer že izvaja, vendar trenutno predvsem za večje poslovne uporabnike ter v strnjjenih, gosto naseljenih območjih. Ker pa je



svetovno dostopovno omrežje zelo obsežno, je zamenjava bakra z optiko rešitev, ki jo bodo operaterji izvajali še vrsto let in je verjetno v celoti ne bodo nikoli končali.

Kot rešitev za povečanje pretoka podatkov skozi bakrene vode se ponujajo tehnologije xDSL (angl. Digital Subscriber Line; slov. digitalni naročniški vod). X na začetku kratice pomeni, da gre za družino podobnih, vendar alternativnih oblik tehnologij digitalne prenosne poti. Te tehnologije zagotavljajo digitalni prenos podatkov z visoko hitrostjo preko obstoječih bakrenih telefonskih vodov, torej odpravljajo ozko grlo za izmenjavo podatkov med zmogljivo omrežno hrbtenico in množico končnih uporabnikov.

Danes poznamo več različnih DSL tehnologij, vsaka od njih zadovoljuje specifične potrebe na trgu. Nekatere od njih so le teoretični modeli, nekaj jih je v fazi preizkušanja, nekaj tehnologij pa je že realiziranih ter so zanje že sprejeti standardi. Naj jih na kratko opišemo:

- ISDN (angl. Integrated Services Digital Network; slov. digitalno omrežje z intrinami storitvami) je pomenil prvi korak k digitalizaciji omrežja do uporabnika. Omogoča prenosne hitrosti do 128 Kb/s in ima dokaj velik domet (do 8 km). Je najstarejša uveljavljena DSL storitev na tržišču, vendar je zaradi multimedijskih aplikacij, ki zahtevajo hiter prenos podatkov, v današnjem času skoraj neuporabna.
- HDSL (angl. High bit Digital Subscriber Line; slov. hitri digitalni naročniški vod) so izdelovalci razvili in standardizirali hkrati z razvojem ISDN. HDSL se večinoma uporablja kot osnovo za simetrični prenos podatkov s hitrostjo 2 Mb/s (v ZDA 1.544 Mb/s) po obstoječih standardnih telefonskih kablji. HDSL sistem omogoča prenos do 6 km.
- ADSL ter ADSL2 (angl. Asymmetric Digital Subscriber Line; slov. nesimetrični digitalni naročniški vod) je trenutno najpopularnejša varianta xDSL tehnologije. Ključna lastnost ADSL je v tem, da prenos podatkov v dohodni in odhodni smeri ni simetričen, kar je za končnega uporabnika, ki v dohodni smeri potrebuje prenos velikih količin podatkov, ugodneje. V smeri proti naročniku se pri ADSL2 prenašajo podatki do 20 Mb/s, pri klasičnem ADSL do 8 Mb/s, v nasprotni smeri pa pri ADSL2 do 1 Mb/s ter pri ADSL do 800 Kb/s.
- SDSL (angl. Symmetric Digital Subscriber Line; slov. simetrični digitalni naročniški vod) je posodobljena različica HDSL. Uporablja modernejše in zmogljivejše tehnike prenosa. Omogoča simetrično 2 Mb/s povezavo po enem paru žic na razdalji do 5 km. SDSL je tehnologija, ki se je uveljavljala predvsem pri poslovnih uporabnikih, npr. za realizacijo najetih vodov ter za realizacijo navideznih zasebnih omrežij .
- VDSL in VDSL2 (angl. Very High Bit-rate Digital Subscriber Line; slov. zelo hitri digitalni naročniški vod) je tehnologija, ki je logična posledica razvoja ADSL. Uporablja širše frekvenčno območje. Tehnologija je uporabna povsod, kjer je prodrlo optično vlakno dovolj daleč v omrežje (v razdelilne omarice), da je do končnih uporabnikov ostalo le nekaj sto metrov navadnih bakrenih vodnikov. Taka arhitektura omrežja je znana pod imenom FTTC (angl. Fibre to the Cabinet; slov. vlakno do zadnjega razdelilnega jaška). Uporabna je le na krajših razdaljah, tja do 1000 metrov. Hitrost prenosa podatkov je odvisna od nastavitve simetričnosti. Pri VDSL znaša v smeri proti uporabniku do 52 Mb/s. Pri VDSL2 pa lahko na razdalji do 100 m dosežemo celo 100 Mb/s simetričnega prenosa.

Na splošno lahko rečemo, da xDSL označuje par modemov, na vsakem koncu po eden, kar skupaj ustvarja digitalni naročniški vod.

xDSL ni komutirana omrežna storitev med koncema kot npr. PSTN ali ISDN. Krajevna telefonska centrala mora preusmeriti xDSL na hrbtenično podatkovno omrežje. Torej so tokokrogi trajno postavljeni le na eno samo lokacijo tako kot blokovno posredovanje ali najeti vod. xDSL torej ni storitev, je le storitveni nosilec. Tabela 2 prikazuje frekvenčne spektre posameznih prenosnih tehnologij ter maksimalne hitrosti prenosa podatkov.

Tabela 2: Frekvenčni spektri in prenosne hitrosti xDSL tehnologij

Tehnologija	Frekvenčni spekter	Prenos bitov na sekundo
ISDN	10 Hz–80 KHz	2 x 64 Kb/s
ADSL	138 KHz–1.104 MHz	navzdol 8 Mb/s, navzgor 800 Kb/s
ADSL2	138 KHz–2 MHz	navzdol 20 Mb/s, navzgor 1 Mb/s
HDSL	0.1 KHz–292 kHz	2 Mb/s
SDSL	10 KHz–500 KHz	2 Mb/s
VDSL	300 KHz–12 Hz	52 Mb/s (odvisno od nastavitve simetričnosti)
VDSL2	300 KHz–30 MHz	100 Mb/s (odvisno od nastavitve simetričnosti)

Vir: Avtor

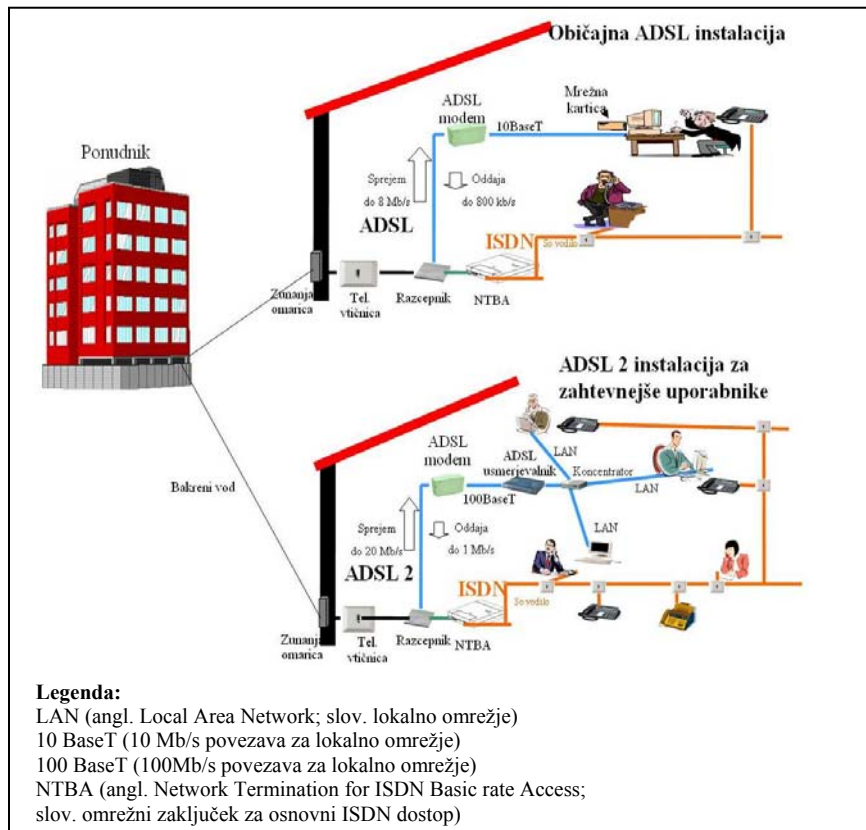
### 3.2.1 ADSL tehnologija

Splošen vtis je, da je maksimalna pasovna širina, ki jo lahko uporabljamo na telefonski liniji, enaka 3.1 kHz, s čimer se ujema tudi pasovna širina klicnih modemov. To omejitev vsiljuje javno komutirano telefonsko omrežje. V resnici prepleten bakren par nima definirane frekvenčne omejitve, ker imajo na njeno koristno pasovno širino vpliv različni faktorji. Dva prevladujoča faktorja sta dolžina linije (slabljenje) in šum (presluh).

Tehnologija klicnih modemov je dosegla svoj limit s tehnologijo V.90, ki je omogočala prenos podatkov do 56 Kb/s. Končni uporabniki so zahtevali vedno večje prenosne hitrosti, kar je proizvajalce prisililo k izdelavi DSL modemov. Ena prvih izpeljank DSL je bila tehnologija ADSL, ki je bila prvič predstavljena leta 1995, vendar prvih nekaj let ni bilo večjih instalacij te tehnologije.

Ena od pglavitnih lastnosti tehnologije ADSL je asimetričnost, ker je večina dvosmerne pasovne širine namenjena podatkovnemu toku proti uporabniku (angl. downstream), samo manjši del pasovne širine pa je na voljo za podatke, ki jih generira uporabnik (angl. upstream). Večina internetnih oziroma multimedijško intenzivnih aplikacij potrebuje veliko pasovno širino samo v smeri proti uporabniku (angl. downstream), uporabniške zahteve in odzivi pa so majhni in zahtevajo majhno pasovno širino v smeri od uporabnika (angl. upstream). Slika 2 prikazuje dva tipična primera ADSL instalacije.

Slika 2: Tipična primera realizacije ADSL priključka



Vir: Avtor

Med tem ko čakamo, da se bodo razširila popolna optična dostopovna omrežja, je tehnologija ADSL za zagotavljanje širokopasovnega podatkovnega dostopa trenutno sprejemljiva rešitev.

### 3.3.2 VDSL tehnologija

VDSL je tehnološki naslednik ADSL. Namenjen je prenosu podatkov, govora in multimedijskih aplikacij do hitrosti 52 Mb/s. S tako hitrostjo je na primer možno istočasno predvajati več video posnetkov z boljšo kvaliteto od običajne televizijske. V poslovnem svetu je poleg klasične povezave LAN (angl. Local Area Network; slov. lokalno omrežje) omrežij in vzpostavitve navideznih privatnih omrežij možno vzpostavljati videokonferenčne povezave visoke kakovosti med večjimi lokacijami.

VDSL omogoča simetrični ali nesimetrični prenos podatkov na razdaljah do 1500 m. Tabela 3 prikazuje tipične hitrosti prenosa podatkov glede na dolžino linije in simetričnost prenosa.

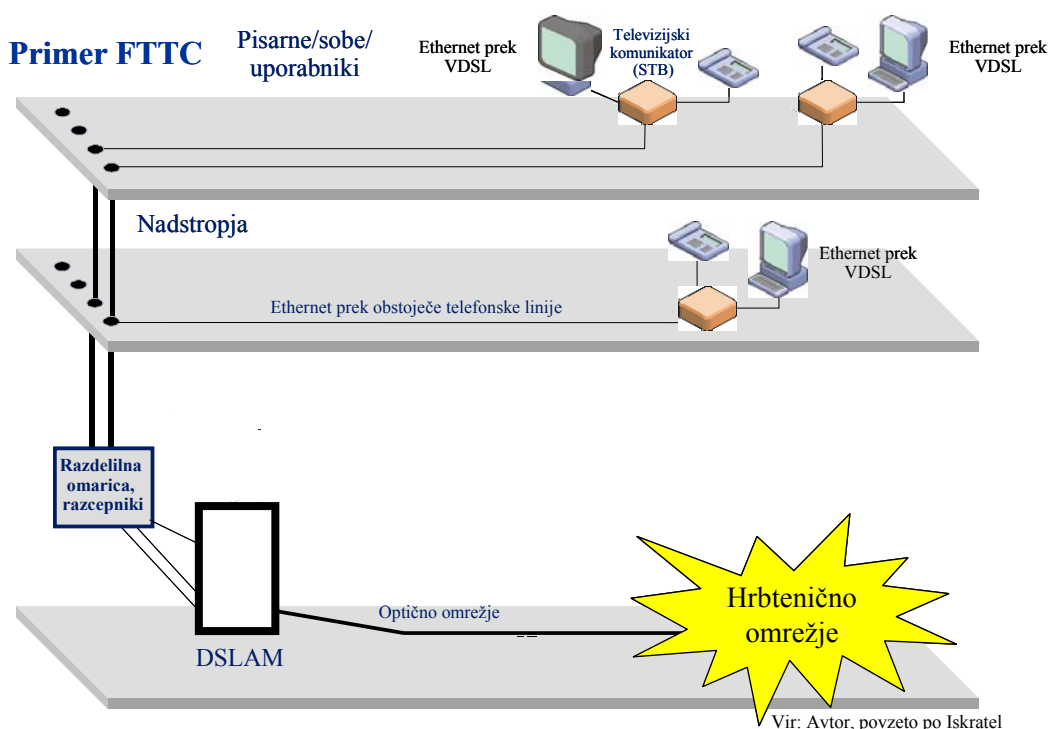
Tabela 3: Tipične hitrosti prenosa podatkov VDSL povezave glede na dolžino linije in simetričnost prenosa

Dolžina (m)	Hitrost proti naročniku (Mb/s)	Hitrost od naročnika (Mb/s)
300	52	6.4
300 (simetrično)	26	26
1000	26	3.2
1000 (simetrično)	13	13
1500	13	1.6

Vir: Avtor

VDSL se mora nahajati bližje uporabnikom, kar pomeni, da je potrebna daljša optična povezava s hrbteničnim omrežjem (slika 3 FTTC; angl. Fiber To The Curb; slov. vlakno do zadnjega razdelilnega jaška). Predvideva se, da bodo DSLAM (angl. Digital Subscriber Line Access Multiplexer; slov. digitalni naročniški dostopovni združevalnik) nameščeni v omarice nekje znotraj naselij, stanovanjskih blokih ali poslovnih stavbah, do koder bo vodilo tudi optično omrežje. VDSL omogoča hkratno uporabo analogne ali ISDN linije, vendar je veliko bolj verjetno, da bodo uporabniki VDSL normalno uporabljali VoIP (angl. Voice over IP; slov. telefonija preko internetnega protokola), ki temelji na IP protokolu. VoIP zahteva za klice v javno telefonsko omrežje ustrezne vmesnike, ki se bodo z množičnim prehodom večine uporabnikov na VoIP praktično vse manj uporabljali. S prehodom na VoIP se bomo poslovili od klasičnih telefonskih central.

Slika 3: Primer uporabe FTTC in VDSL



Naslednica VDSL tehnologije je VDSL2, ki je trenutno najnovejši in najnaprednejši DSL standard širokopasovnih telekomunikacijskih omrežij. Tehnologija VDSL2 v bistvu združuje dobre lastnosti tehnologiji VDSL in ADSL2 ter omogoča množično uvajanje združenih storitev (hitri internet, prenos zvoka, prenos videa, HDTV (angl. High definition television; slov. televizija visoke ločljivosti) in interaktivne igre. Z VDSL2 je na kratkih razdaljah (približno 100 m) mogoč simetričen prenos podatkov do 100 Mb/s, hkrati pa je z pomočjo naprednih tehnik kodiranja in modulacije podaljšan domet na večjih razdaljah z ustrezno nižjimi hitrostmi prenosa podatkov.

Če primerjamo VDSL z VDSL2, ugotavljamo, da prinaša VDSL2 kar nekaj prednosti:

- Višjo hitrost prenosa podatkov, ki jo prinese razširitev frekvenčnega spektra z 12 MHz (VDSL) na 30 MHz.
- Domet se pri VDSL2 glede na VDSL praktično podvoji. Z ustrezno znižano hitrostjo pa omogoča uporabo do oddaljenosti 6 km.
- Pri daljših linijah uporablja VDSL digitalni duplex kot metodo za kompenzacijo zakasnitvenih efektov. Ta metoda je uporabna le do razdalje okoli 1 km, pri večjih razdaljah pa lahko pride do prekinitve povezave. Zato je bilo pri VDSL2 za razdalje nad 1 km potrebno uvesti izločevalnike odmeva in izenačevanje časovne domene.
- Boljša kvaliteta storitev QoS (angl. Quality of Service; slov. kakovost storitve). QoS je še posebej pomembna za aplikacije, ki so občutljive na zakasnitev, npr. pretok videa in zvoka. Zato je v VDSL2 standardu definiran poseben prednostni mehanizem (angl. Pre-emption), ki daje prednost video in zvočnim paketom pred ostalimi podatkovnimi paketi, kot so npr. elektronska pošta in spletne strani. V primeru, da bi paket z višjo prioriteto moral počakati na prenos, Pre-emption mehanizem začasno ustavi oddajanje paketa z manjšo prioriteto in oddajanje nadaljuje, ko je paket z višjo prioriteto oddan. S tem je odpravljen moteč odmev pri telefonskem klicu.
- VDSL2 omogoča boljšo podporo Triple Play storitvam. Zaščita pred impulznim šumom, ki ga povzročajo električne naprave, lahko popravlja napake v dolžini do 3,75 ms. Dvojni prehodni čas omogoča hkraten prenos aplikacij z različnimi zahtevami fizičnega sloja. Npr. z uporabo dvojnega prehodnega časa lahko hkrati prenašamo videopromet z visoko zaščito pred impulznim šumom in daljšim prehodnim časom ter glasovni oz. zvočni promet, ki zahteva kratek prehodni čas.
- VDSL2 uporablja napredno tehniko kodiranja signala, ki omogoča 2 dB večji dobitok glede na VDSL, kar posledično pomeni višjo prenosno hitrost pri istem razmerju signal/šum. To se odraža predvsem pri daljših linijah.
- Uporaba DMT modulacije, mrežnega kodiranja, zaščite pred impulznim šumom in drugih funkcionalnosti predstavlja za VDSL2 dobro osnovo za združljivost s tehnologijo ADSL2. VDSL namreč te združljivosti ne nudi. Integrirana vezja, ki so narejena po VDSL2 standardu, lahko delujejo kot VDSL2 oz. kot ADSL2 naprave. To operaterjem omogoča postopen prehod na VDSL2 in nudi v enem omrežju širši spekter xDSL storitev, hkrati pa nižje stroške obratovanja ter vzdrževanja. Naročniki lahko še naprej uporabljajo ADSL2 modeme. Ko želijo uporabljati storitve, ki jih nudi VDSL2, preprosto nadgradijo uporabniško opremo, kar se končno odraža v nižjih stroških.

### 3.2.3 Kabelsko telekomunikacijsko omrežje

V preteklosti grajena kabelska omrežja so morala uporabnikom zagotavljati le sprejem kvalitetnih televizijskih in radijskih programov in so bila zato popolnoma koaksialna, signal pa so prepuščala le v smeri proti uporabnikom. Zaradi lastnosti kablov in pasivnih elementov je signal v teh omrežjih na večjih razdaljah močno slabil in se zaradi mnogokratnih okrepitev popačil. Veliko delov omrežja je bilo izvedeno zračno. Omrežja so bila zgrajena hitro ter poceni, žal pa je tako omrežje zelo občutljivo na temperaturne razlike ter motnje, ki prihajajo iz okolice. Zelo pogosto so bili priključki med seboj povezani zaporedno. Iz glavne distribucijske linije se je z ustreznimi elementi (odcepniki) odzema signal ustreznega nivoja.

Vsa ta omrežja so relativno dobro delovala, dokler kabelski operaterji niso začeli razmišljati o kabelskem internetu in večjem številu televizijskih kanalov. Prenosni pas je postajal preozek, internet je zahteval, da signal potuje tudi od naročnika proti omrežju. Vse skupaj je imelo za posledico precej težav. Posledično pa so potrebna nova vlaganja v napačno zgrajeno kabelsko infrastrukturo.

S prihodom interneta so operaterji kabelske televizije začeli graditi omrežja na drugačen način. Začeli so prenavljati stara omrežja, katerih osnovni cilji je bil vzpostaviti povezavo v smeri proti sprejemni postaji. Poleg te pa so se pojavile tudi druge zahteve, ki so močno spremenile koncepte izgradnje kabelskih omrežij.

Zaradi enostavnega in cenejšega servisiranja inštalacijskih omrežij, neodvisnosti storitve od posegov okoliških naročnikov v omrežje in nenazadnje tudi zaradi možnega odklopa neplačnikom so se začela graditi omrežja v zvezdastem sistemu izvedbe inštalacij oziroma distribucije. Zaradi možnosti zagotavljanja interaktivnih storitev je potreba po vzpostavitvi povratnega kanala zahtevala menjavo vseh pasivnih elementov (odcepnikov, delilnikov), saj le ti v splošnem ne prepuščajo povratnega pasu, ampak le signale, katerih izvor je bil sprejemna postaja. Stari elementi sicer električno prepuščajo povratni signal, vendar so v zahtevanem frekvenčnem območju impedančno neprilagojeni.

V omrežja so se začeli vgrajevati ojačevalniki z višjimi maksimalnimi izhodnimi nivoji, ki omogočajo bistveno višje izhodne moči in ojačujejo na širšem frekvenčnem področju. Z razvojem opreme se je razvijala tudi kabelska tehnologija, saj je bistveno napredovala kvaliteta koaksialnih kablov. Ti imajo danes mnogo ugodnejšo karakteristiko dušenja (manjše dušenje pri visokih frekvencah).

Namesto velikega števila ojačevalnih kaskad so danes v omrežje vgrajena optična vozlišča, ki predstavljajo predvsem optični sprejemnik napredujočega signala in oddajnik povratnega signala. S tem se je število ojačevalnih kaskad močno zmanjšalo, število naročnikov na optično vozlišče pa povečalo. Z vgradnjo optičnih vozlišč se je močno zvišana tudi stabilnost sistema.

Arhitektura hibridnega optično-koaksialnega omrežja HFC (angl. Hybrid Fiber Coax) je torej (Batagelj, 2003, str. 45) optimalna kombinacija optike kot vodnika lokalne hrbtenice (primarno omrežje) in koaksialnega kabla v stranskih in odcepnih vejah (sekundarno omrežje). Arhitektura HCF v primerjavi s starejšimi kabelskimi tehnologijami omogoča veliko pasovno širino, večjo zanesljivost ter boljšo kvaliteto signala.

Trendi razvoja omrežij kažejo na to, da bo v prihodnosti vedno večja gostota optičnih vlaken in manjše število uporabnikov, priključenih na posamezno vlakno. Arhitektura HFC omogoča

razdelitev kabskega sistema v množico majhnih podsistemov, ki so povezani z glavno postajo z optičnim vlaknom. Podsistemi od optičnega vozlišča vodijo signal do uporabnikov po koaksialnih kablkih.

Sekundarno omrežje – koaksialno omrežje, se napaja iz optičnega vozlišča in prenaša signal uporabnikom na zadnjih nekaj 100 m. Zaradi razvejanosti predstavljajo veliko večino vgrajenih kablov.

Sodobno kabsko omrežje omogoča skupno kapaciteto 2 Gb/s in prenos 300 televizijskih kanalov istočasno. Seveda je možno implementirati različne kombinacije obeh navedenih in novih storitev. Prenos podatkov v povratni smeri je bistveno manjši zaradi predpostavke, da je produkcija podatkov pri naročniku bistveno manjša od količine sprejetih. Seveda bi se lahko komu zdela izračunana kapaciteta majhna, če jo enakomerno razdelimo med vse uporabnike, priključene na eno optično vozlišče (od 500 do 2000). Dejstvo pa je, da tako danes kot v prihodnosti ne moremo pričakovati, da bodo vsi naročniki kabske televizije uporabljali vse možne storitve. Danes v razvitih državah velja 10 % penetracija kabskega interneta za realno, poleg tega dejstva je potrebno upoštevati, da navedenih 10 % uporabnikov le del teh v istem trenutku storitev uporablja. Iz navedenega sledi, da so kapacitete izredno velike. Razvoj omrežja bo šel naprej tako, da se bo zmanjševalo število naročnikov na isto optično vozlišče. To pomeni, da se bo optično vlakno približevalo uporabniku, s tem pa se bo dodatno večala kapaciteta omrežja, dodeljena posameznemu uporabniku.

### **3.2.4 Elektroenergetsko telekomunikacijsko omrežje**

Ideja izrabe energetske vodov za potrebe telekomunikacij PLC (angl. Power Line Communications) je že dolgo prisotna, saj je razširjenost energetske vodov večja od telefonske infrastrukture. Prednost PLC komunikacij je v obstoječi infrastrukturi. V zadnjih letih PLC komunikacije iščejo svojo vlogo tudi na področju širokopasovnih komunikacij v stavbi in v dostopovnih omrežjih.

PLC tehnologije omogočajo širokopasovni dostop do vseh uporabnikov električne energije. Komercialno so na voljo različne širokopasovne storitve (internet, IP telefonija, IPTV ...)

V svetu lahko zasledimo različne proizvajalce, ki obetajo razcvet PLC tehnologij. Tako bodo energetske vodi uporabljeni za prenos energije, podatkov, govora in videa. Najnovejše tehnike in rešitve na področju PLC vključujejo tudi znanja in izkušnje iz drugih telekomunikacijskih področij (brezžičen prenos WLAN, ADSL, VDSL ...).

Konzorcij OPERA je konec leta 2005 predstavil odprt širokopasovni PLC standard, ki bo pokrival funkcionalnost z namenom interoperabilnosti v dostopovnem omrežju in znotraj hiše, podobno kot je na področju xDSL naprav. Prvi izdelki po tem standardu so predvideni za trg leta 2007.

Kratici PLC in BPL (angl. Broadband Power Line; slov. širokopasovni dostop preko energetskega voda) označujeta širokopasovne komunikacije po energetskih vodih, kratica DLC (angl. Distributed Line Communications) pa se uporablja pri ozkopasovnih komunikacijah.

Komunikacije po napetostnih vodih delimo na komunikacije po visokonapetostnih vodih (VN) ter komunikacije po nizko in srednje napetostnih vodih (NN/SN). NN omrežje nadalje delimo na omrežje od sekundarnega transformatorja do vhoda v stavbo (angl. Residential

power-distribution circuit) in energetska omrežja v stavbi (angl. Indoor power circuit). Razdelitev je potrebna, saj se prenosne karakteristike teh dveh omrežij bistveno razlikujejo.

VN PLC komunikacije niso novost in pokrivajo potrebe elektrogospodarstva. Uporabljajo se za nadzor in upravljanje elektroenergetskega sistema.

V okviru NN omrežij najdemo niz uveljavljenih storitev, ki niso vezane na klasične širokopasovne storitve, kot na primer daljinsko odčitavanje števca električne energije AMR (angl. Automatic Meter Reading). Ozkopasovni PLC je namenjen povezovanju naprav v domu in industrijski avtomatiki.

V zadnjih letih PLC komunikacije po NN vodih iščejo svojo vlogo tudi na področju širokopasovnih komunikacij (PLC in BPL) v stavbi in v dostopovnih omrežjih. Širokopasovni PLC je v velikem vzponu. Trenutno izstopajo rešitve podjetja DS 2, ki teoretično na razdaljah do 100 m omogočajo prenos do 200 Mb/s v obeh smereh.

PLC dostopovno omrežje uporablja NN energetske vode, ki povezujejo transformatorsko postajo s končnim uporabnikom električne energije. Prenos komunikacijskih signalov v omrežju je zasnovano na baznih postajah, ki se nahajajo v transformatorskih postajah in modemih, ki so na strani uporabnikov. Bazna postaja v okviru transformatorske postaje predstavlja stično točko PLC sistema z zunanjim svetom. Od tu komunikacija poteka po javnem komunikacijskem omrežju, optičnih vodih ali pa se PLC komunikacije nadaljujejo po SN vodih.

V preteklosti so bile storitve, kot je na primer odčitavanje števecv električne energije, ozkopasovne. Prenos podatkov je bil nekaj 100 bit/s. Z razvojem storitve inteligentni dom ostajajo zahteve mnogo večje. Tako lahko zasledimo uporabo PLC tehnologij za namene izboljšanja zanesljivosti, učinkovitosti in preskrbe z energijo predvsem v izvedbi z inteligentnim nadzorom in upravljanjem energetske porabniki v hiši.

Energetska omrežja v domu predstavljajo primerno infrastrukturo za komunikacijsko omrežje inteligentni dom. Na širokopasovno PLC tehnologijo lahko gledamo tudi kot servisni kanal storitve inteligentni dom.

PLC tehnologija prinaša zanimivo alternativo ostalim telekomunikacijskim medijem. S testnih poligonov se seli v komercialno rabo. PLC moramo obravnavati kot še eno prenosno tehnologijo, ki bo našla svoje mesto med xDSL in brezžičnim dostopom. Niša je odvisna od državne regulative, razvitosti območja, razvejanosti obstoječega telekomunikacijskega omrežja, poseljenosti ...

Nujen element, potreben za uspešno integracijo PLC v komercialne telekomunikacije, je ethernet/IP dostop. Taka PLC naprava s tem postane univerzalni komunikacijski blok, povezljiv s poljubno moderno komunikacijsko napravo. Bistveno za razširitev PLC je povezovanje z že utečenimi komunikacijskimi tehnologijami. PLC je zanimiva tehnologija dostopa v zadnjih nekaj metrih v scenarijih integracije s pasivnimi optičnimi mrežami BPON (angl. Broadband Passive Optical Network) ob predpostavki, da je uporabniku dovolj prenosna hitrost do 100 Mb/s.



### 3.2.5 Optično telekomunikacijsko omrežje

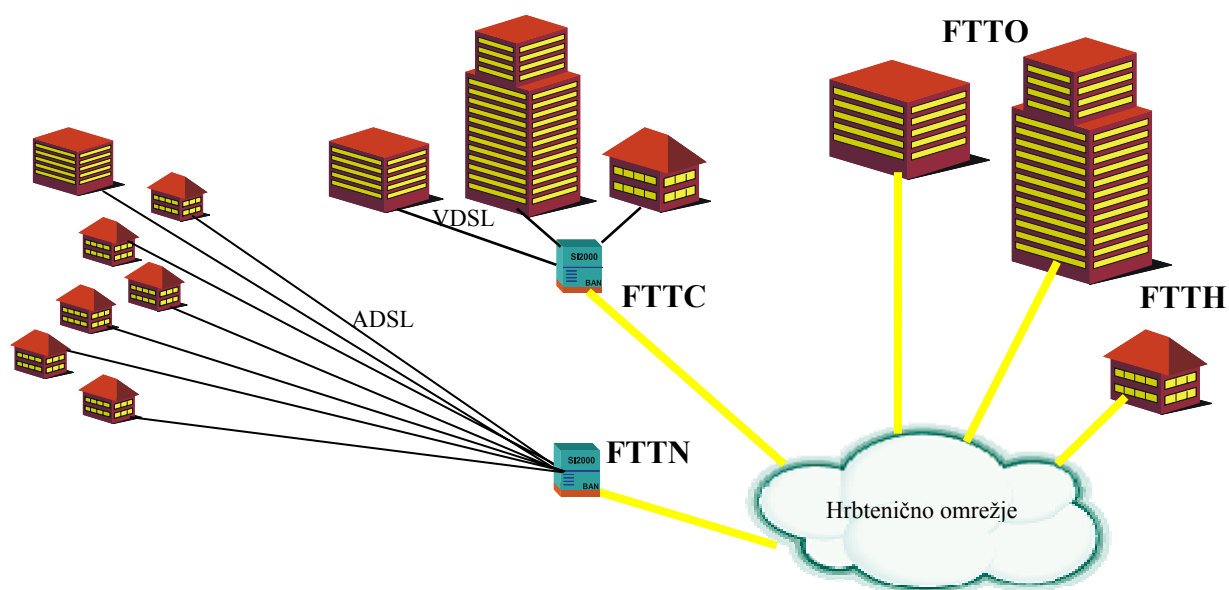
Optično omrežje je osnova vsakega sodobnega hrbteničnega omrežja, vse bolj pa se uveljavlja tudi v dostopovnem omrežju. Bistvena značilnost optičnega omrežja je, da omogoča za današnje razmere praktično neomejene prenosne hitrosti podatkov (tudi več Tb/s). Do nedavnega je bil osnovni zadržek pri napeljavi vlakna do končnega uporabnika visoka cena vlakna in optične opreme, danes pa določajo večji del cene stroški gradbenih del pri polaganju kablov, velik problem pa predstavlja tudi pridobivanje soglasji oziroma uslužnostih pogodb od posameznih lastnikov zemljišč.

V svetu je bilo narejenih mnogo (Bešter, 2002, str. 122) poskusnih omrežij z vlaknom do doma oziroma do njegove neposredne bližine. Takšna optična omrežja uvrščamo pod oznako FTTC (angl. Fiber in the curb; slov. vlakno do zadnjega razdelilnega jaška). Osnovni koncept je izvajan v več različicah, ki se ločijo v tem, do katere točke pripeljemo optični vodnik (sliki 4 in 5). Naj naštejemo te različice:

- FTTC (angl. Fiber To the Curb; slov. vlakno do zadnjega razdelilnega jaška),
- FTTO (angl. Fiber To the Office; slov. vlakno do pisarne),
- FTTH (angl. Fiber To the Home; slov. vlakno do hiše).

Pri različicah FTTC in FTTC potrebujemo še povezavo od konca optičnega vodnika do opreme uporabnika. Uporabljajo se lahko rešitve s prepletenim kablom, koaksialnim kablom ali brezžično povezavo. Trenutno optična povezava do domov predstavlja precejšnjo investicijo, ki pa je za poslovne uporabnike že povsem sprejemljiva in se že uporablja.

Slika 4: Primeri izvedb optičnega omrežja



Vir: Avtor, povzeto po Iskratel



### **3.3 Brezžično dostopovno omrežje**

Brezžični dostop se odlikuje po enostavni priključitvi na omrežje, saj fizična povezava s kovinskim ali optičnim vodnikom ni potrebna. To prinaša številne prednosti v primerjavi z žičnim dostopom, predvsem je potrebno poudariti, da so uporabniki praviloma mobilni znotraj geografskega področja, ki ga pokriva določen brezžični sistem. Seveda obstajajo tudi slabosti, med katerimi sta najbolj očitni omejenost glede prenosne hitrosti in precejšnje izpostavljanje prenašanega signala motnjam na prenosni poti. Premik tehnologije k vse višjim frekvencam in uspešne tehnike kodiranja zvez močno zmanjšajo težo naštetih slabosti. V nadaljevanju bomo opisali več vrst sistemov z brezžičnim dostopom in podali smernice za nadaljnji razvoj.

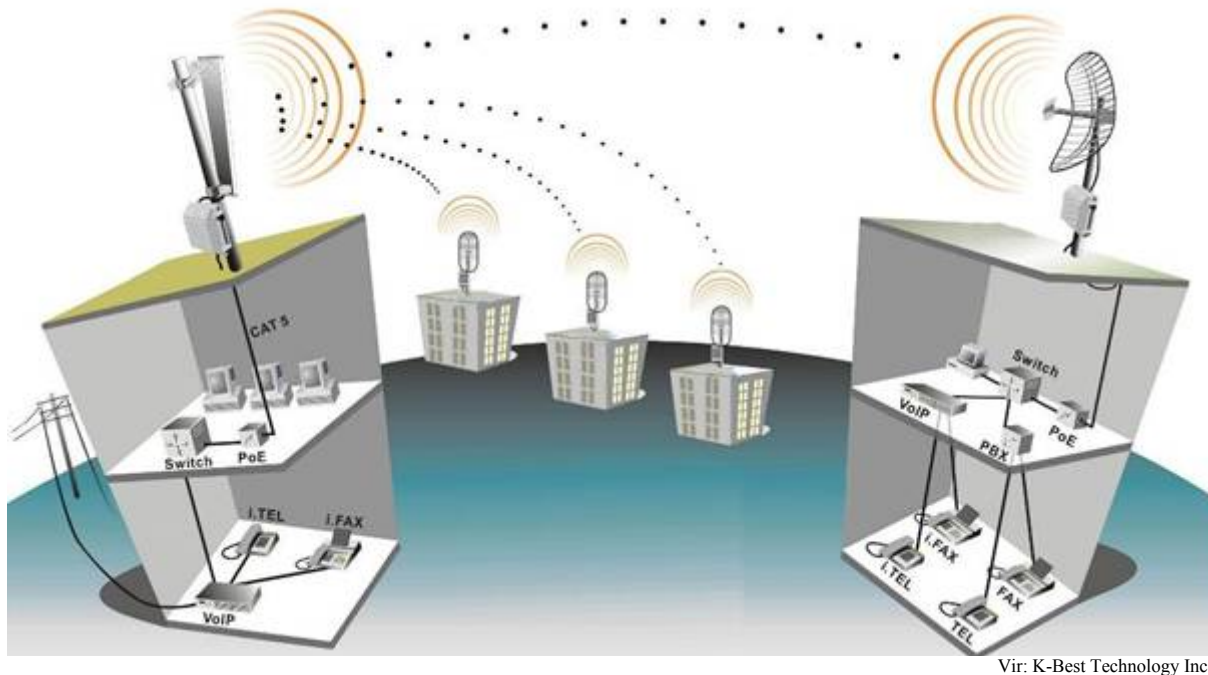
#### **3.3.1 Brezžično lokalna omrežja WLAN (Wireless Local Area Network)**

WLAN (angl. Wireless Local Area Network; slov. brezžično lokalno omrežje) je že več let prisoten na našem trgu. Prednosti te tehnologije se kažejo predvsem v cenovni dostopnosti in hitri implementaciji. Tehnologija temelji na standardu IEEE 802.11 (angl. Institute of Electrical and Electronics Engineers; slov. Inštitut inženirjev elektrotehnike in elektronike) oziroma na njegovih različicah, ki delujejo na frekvencah 2.4 GHz oz. 5 GHz, in sta namenjeni javni uporabi ISM (angl. Industrial, Scientific and Medical) in UNII (angl. Unlicensed National Information Infrastructure).

Brezžični omrežni standard IEEE 802.11b, znan tudi pod imenom WI-FI (angl. Wireless Fidelity) (slika 6), ima trenutno na trgu največji delež. Dokončno so ga oblikovali leta 1997. Uporablja frekvenčno območje 2.4 GHz in omogoča hitrost prenosov do 11 Mb/s. Hkrati se lahko v radiju 100 m poveže tudi z desetimi aktivnimi odjemalci, ki si delijo pasovno širino. Boljša rešitev v okolju z več uporabniki je uporaba tako imenovanih dostopovnih točk, ki so nekakšni razdelilniki prometa. Prevlado 802.11b nad drugimi standardi so zagotovile predvsem cene, ki so postale bolj dosegljive, in popolna združljivost z obstoječimi omrežji ethernet.

V množični uporabi je tudi tehnologija 802.11g, ki združuje tehnologiji 11a in 11b ter tako na frekvenčnem območju 2.4 GHz dosega hitrosti prenosov do 54 Mb/s. Vsekakor je prihodnost v novih tehnologijah, ki se šele pojavljajo. Ena izmed njih bo zagotovo tudi WiMAX, naslednica Hyperlana. Zadnja sicer ni dočakala prihoda na trg, vendar so razvijalci dobili povratne informacije, zato je v različici 2 doživela korenite spremembe. Izboljšali so radijski del, ki je zdaj manj dovzeten za napake in šume iz okolja, povečali varnost, tehnologija pa ima po novem vgrajen tudi mehanizem za zagotavljanje kakovosti (QoS).

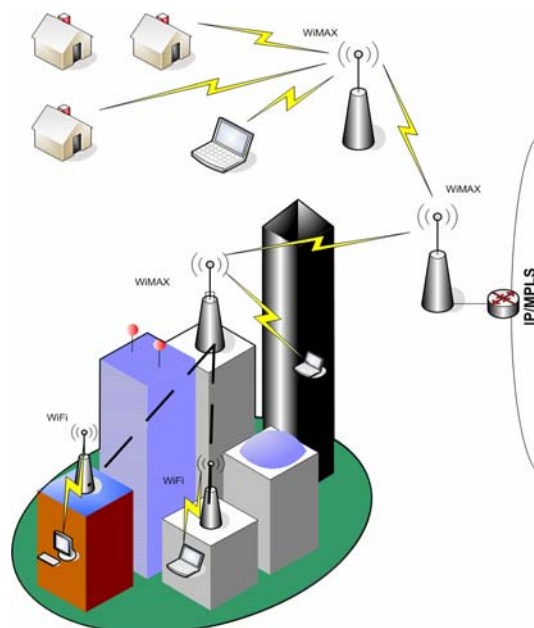
Slika 6: Primer realizacije poslovnega WLAN omrežja



### 3.3.2 Brezžično širokopasovno omrežje WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)

WiMAX je brezžična dostopna tehnologija FWA (angl. Fixed Wireless Access; slov. fiksni brezžični dostop), ki med drugim omogoča brezžični širokopasovni prenos prometa ethernet, IP in IPv6. Primer realizacije WiMAX prikazuje slika 7.

Slika 7: Primer realizacije WiMAX omrežja



Tehnologija temelji na skupini standardov IEEE 802.16, imenovanih tudi WMAN (angl. Wireless Metropolitan Area Network; slov. brezžično mestno omrežje). Zaradi različnih

zakonskih predpisov, zasedenosti ter predvidene različne uporabe frekvenčnega spektra po različnih državah je v standardu podprtih več možnih izvedb in načinov uporabe sistema IEEE 802.16. Ker je mogoč širok nabor končnih implementacij, je skrb za medsebojno združljivost naprav posameznih proizvajalcev prevzel forum WiMAX, v katerem so združeni ključni proizvajalci opreme in potencialni operaterji omrežij WiMAX. Zavedati se moramo, da specifikacije, ki so bile sprejete v forumu WiMAX, predstavljajo le del celotnega standarda IEEE 802.16 (tabela 4).

Tabela 4: Primerjava 802.16 standardov

	802.16	802.16a	802.16d-2004	802.16e
Sprejet	2001	2003	2004	2006
Spekter	od 10 do 66 Ghz	od 2 do 11 GHz	od 2 do 11 GHz	od 2 do 6 GHz
Pogoji prenosa	direktna vidljivost (LOS)	brez direktne vidljivosti (NLOS)	brez direktne vidljivosti (NLOS)	brez direktne vidljivosti (NLOS)
Bitni pretok	32–134 Mb/s pri 28 MHz kanalu	do 70 Mb/s pri 14 MHz kanalu	do 75 Mb/s pri 20 MHz kanalu	do 15 Mb/s pri 5 MHz kanalu
Pasovna širina	20, 25, 28 MHz	3, 6 3,5 7, 14 MHz	prilagodljivo od 1,25 do 20 MHz	5 MHz
Mobilnost	fiksen dostop	fiksen dostop in prenosnost	fiksen dostop in prenosnost	mobilno in krajevno gostovanje
Tipičen radij	1,5–5 km	5–9 km	5–9 km max. 50 km	1,5–5 km

Vir: Telekom Slovenije

Predvidoma bo tehnologija WiMAX uporabljena kot fiksna brezžična dostopovna tehnologija (FWA), saj predstavlja alternativo omrežjem DSL in kabelskim sistemom. Uporablja pa se lahko tudi kot tehnologija za zagotavljanje zalednih povezav (angl. backhaul) tipa točka-točka in točka-več točk. Primer tipične uporabe predstavlja izvajanje agregacije prometa dostopovnih točk WLAN (Wi-Fi) in naprav DSLAM proti jedru omrežja.

Z razvojem standarda IEEE 802.16e v smeri podpore mobilnosti bodo omrežja WiMAX postala tudi alternativa za mobilne dostopovne sisteme GPRS (angl. General Packet Radio Service), UMTS (angl. Universal Mobile Telecommunications System) in HSDPA (angl. High Speed Downlink Packet Access).

Standardizacija tehnologije WiMAX poteka v IEEE v okviru delovne skupine 802.16. Prvi standard 802.16-2001 je bil končan oktobra 2001. Določal je tehnologijo za fiksni brezžični dostop, ki omogoča delovanje v radijskem spektru od 10 do 66 GHz.

Zaradi visokega frekvenčnega področja je potrebna neposredna vidljivost LOS (angl. Line of Sight), kar za uporabo v stanovanjskih soseskah ni najbolj primerno. Z dopolnitvijo osnovnega standarda se je področje delovanja razširilo tudi na frekvence pod 11 GHz (na voljo so licenčni in nelicenčni frekvenčni pasovi). Z izbiro ustreznega modulacijskega in kodiranega postopka je tako mogoča uporaba tudi na lokacijah, kjer med bazno postajo BS (angl. Base Station) in naročniškimi postajami SS (angl. Subscriber Station) ni neposredne vidljivosti NLOS (angl. Non Line of Sight).

Tehnologija WiMAX je bila v osnovi načrtovana za zagotavljanje brezžičnih širokopasovnih dostopovnih povezav tipa točka-več točk P2M (angl. Point to Multipoint), ki omogočajo prenos prometa ethernet, IPv4, IPv6 ali ATM.

Osnovni komponenti sistema WiMAX predstavljata bazna postaja BS (angl. Base Station), ki je tipično povezana v hrbtenično omrežje, ter uporabniška postaja SS (angl. Subscriber Station). Kontrola dostopa in upravljanje s pasovno širino radijskega kanala sta popolnoma prepuščeni bazni postaji. Prometni tokovi med bazno postajo in naročniškimi postajami so lahko simetrični ali asimetrični.

Tehnologija WiMAX odpira nove možnosti alternativnim in obstoječim operaterjem širokopasovnega dostopa. Alternativnim operaterjem omogoča hitro implementacijo širokopasovnega dostopovnega omrežja (rešitev problema zadnjega kilometra). Obstoječi fiksni operaterji pa pridobijo nove tehnične možnosti predvsem v naslednjih primerih:

- obstoječe dostopovno omrežje (parica) ni primerno za implementacijo klasičnih tehnologij xDSL,
- ni razpoložljivega bakrenega/kabelskega dostopovnega omrežja,
- izgradnja primerne kablenskega dostopovnega omrežja je predraga,
- obstaja potreba po hitrem odzivu na trgu,
- potrebna je tehnologija, ki ima velik doseg (pri tem je pasovna širina ustrezno manjša),
- širokopasovne povezave so potrebne le za določen čas.

Z omrežjem WiMAX bodo operaterji povečali dostopnost širokopasovnih povezav tudi na podeželju. Skupaj z omrežji xDSL tako WiMAX predstavlja celovito rešitev pri izgradnji širokopasovnih dostopovnih omrežij.

Dobra podpora varnostnih mehanizmov in mehanizmov za zagotavljanje kakovosti storitev, ki jih določajo standardi WiMAX, omogoča ponudbo zahtevnejših storitev - tudi takšnih z aplikacijami v realnem času in zahtevanim konstantnim bitnim pretokom (npr. interaktivno igranje, telefonija IP, videokonferenca, pretočni video).

Druga velika prednost tehnologije WiMAX je možnost omejene mobilnosti uporabnikov (nomadski uporabniki). Uporabniki bodo tako lahko uporabljali dostopovno omrežje WiMAX na različnih koncih Slovenije, zagotovljeno pa bo tudi prehajanje (angl. roaming) med različnimi operaterji.

Po načrtih Telekoma Slovenije naj bi razvoj omrežij, ki temelji na 802.16 standardu, okvirno potekal v več fazah. V začetni stopnji bo razvoj osredotočen na fiksni brezžični dostop (802.16d oz. 802.16-2004), ki bo predstavljal alternativo dosedanjim žičnim širokopasovnim dostopom (npr. DSL ali kablenska omrežja). Tako bo ponujal rešitev območjem, ki s širokopasovnostjo še niso ali so slabo preskrbljena s telekomunikacijsko infrastrukturo.

Druga stopnja razvoja naj bi presegla okvire fiksnega dostopa in omogočala t. i. prenosnost z enostavno mobilnostjo (angl. Portability with Simple Mobility). Pri tem bi bil dostop še vedno v veliki meri stacionaren, čeprav bi občasno in v omejenem obsegu že lahko prišlo do mobilnosti uporabnikov med trajanjem povezave. Tu gre za t. i. nomadnost, ko se uporabnik s počasno hitrostjo premika med različnimi dostopnimi točkami.

V tretji fazi, osnovani na 802.16e specifikaciji, pa bi bila omogočena podpora popolni mobilnosti (angl. Full Mobility), ki bi zagotavljala nemoteno prehajanje med različnimi dostopnimi točkami v realnem času ob nizkih zakasnitvah in izgubah paketov pri hitrostih 120 km/h in več tako znotraj istega omrežja kot med različnimi omrežji. Podpora mobilnosti zahteva izboljšave in razširitve tako radijskega vmesnika kot omrežne infrastrukture. Potrebne pa so izboljšave tudi na vseh ostalih področjih sistema, npr. pri varnostnih mehanizmih ipd.

Od fiksne do popolnoma mobilne izvedbe omrežja raste njegova sposobnost slediti uporabnikovi mobilnosti oz. premikanju naročniške postaje. Najosnovnejša izvedba nad fiksno, tj. enostavna prenosnost, vključuje le možnost prenašanja 802.16 modema med različnimi lokacijami. Pri tem mora uporabnik na novi lokaciji ročno izvesti ponovno avtentikacijo in vzpostaviti novo IP povezavo.

Pri prenosnosti z enostavno mobilnostjo je sistem že bolj avtomatiziran in skuša sam zadržati vzpostavljeno zvezo, dokler je mogoče oz. ob prekinitvi in prehodu na območje druge dostopne točke avtomatsko vzpostaviti ponovno povezavo. To omogoča že bolj transparentno mobilnost, še vedno pa je zadeva primerna le za manj občutljive aplikacije, kot npr. TCP (angl. Transmission Control Protocol; slov. protokol za nadzor prenosa), in ne zagotavlja ustreznega izročanja za aplikacije v realnem času občutljive na zakasnitve in izgube paketov (npr. prenos videa).

V popolnoma mobilnem scenariju so pričakovanja uporabnikov primerljiva z zanesljivostjo in transparentnostjo 3G sistemov, temu primerna pa morata biti izvedba in sposobnost sistema. Uporabniki se bodo v tem scenariju lahko nemoteno premikali med različnimi dostopnimi točkami znotraj istega IP omrežja, med različnimi IP omrežji ali celo med omrežji različnih operaterjev in pri tem nemoteno odstopali do podatkov preko širokopasovne povezave. Pri tem morajo biti zadoščene zahteve po nizkih zakasnitvah in izgubah paketov, kar pa še vedno predstavlja velik izziv.

Treba se je tudi zavedati, da so z naraščanjem mobilnosti povezane tudi zahteve po kompaktnjših naročniških napravah, ki uporabljajo antene manjših dobтков, premikanje ima za posledico dodatne vplive, kot je Dopplerjev efekt, vse to pa doprinese k manjšemu dosegu in zmogljivosti sistema.

Telekom Slovenije načrtuje v naslednjih treh letih izgradnjo infrastrukture, ki bo zagotavljala več kot 90 % pokritost vseh prebivalcev Slovenije, s signalom WiMAX.

WiMAX tehnologija pomeni predvsem tehnološko, hkrati pa tudi stroškovno alternativo konvencionalnim DSL in kablenskimi dostopom. Uporabna je tako v mestnih središčih, kot na območjih z nerazvito kablsko infrastrukturo. Hkrati je WiMAX dopolnjujoč način dostopa za operaterje, ki že ponujajo širokopasovne žične oziroma kabelske dostope in konkurenčni dostop za druge operaterje. Brezžična tehnologija je namenjena predvsem za fiksne brezžične dostopovne sisteme FWA za dostop do končnih uporabnikov. Lahko se uporablja tudi za fiksne brezžične sisteme P2P (angl. Point-to-Point; slov. od točke do točke) ali P2MP (angl. Point to MultiPoint; slov. od točke na več točk).

Potencialni uporabniki širokopasovne brezžične tehnologije so predvsem:

- zasebni uporabniki na podeželju,
- majhna in srednja podjetja, ki na območjih zunaj mestnih središč niso zadovoljivo pokrita s ponudbo. Brezžične širokopasovne povezave pa so primerne tudi za varnostno povezavo v primeru izpada primarnih podatkovnih povezav,
- potencialni uporabniki so lahko tudi operaterji mobilnih omrežij, saj se lahko brezžične širokopasovne tehnologije uporablja kot rezervno in alternativno hrbtenično povezavo za t. i. vroče točke Wi-Fi ali bazne postaje GSM.

Ponudniki WiMAX se bodo pri odločitvi prioritete pokritosti posameznih odmočjih zgledovali predvsem po demografskih značilnostih posameznih območij.

Mestno območje:

- visoka gostota potencialnih uporabnikov,
- veliko poslovnih objektov in blokovskih naselij,
- manjše velikosti posameznih celic zaradi omejenosti z zmogljivostjo,
- visoka stopnja konkurence, ki je odvisna od velikosti trga in dostopnosti drugih širokopasovnih povezav,
- manjša zmožnost prodiranja brezžične širokopasovne tehnologije zaradi zelo konkurenčnega okolja,
- višji stroški trženja in prodaje.

Primestno območje:

- srednja gostota potencialnih uporabnikov,
- večje število samostojnih bivalnih objektov,
- manjše prodiranje drugih povezav,
- večji polmer celic, vendar še vedno omejen z zmogljivostjo,
- malenkost višja zmožnost prodiranja brezžične širokopasovne tehnologije.

Zunajmestno območje:

- srednja do nižja gostota potencialnih uporabnikov,
- manjše število poslovnih subjektov,
- druge povezave niso povsod dostopne,



- velika velikost celic, ki je omejena s konfiguracijo okolja,
- večja zmožnost prodiranja brezžične širokopasovne tehnologije.

Podeželje:

- oddaljenost od večjih mestnih središč,
- samostojni bivalni objekti in manjša podjetja,
- zelo majhna možnost za druge povezave,
- velik interes za internetni dostop,
- omejena konkurenca,
- zelo visoka zmožnost prodiranja brezžične širokopasovne tehnologije.

### 3.3.3 Satelitska telekomunikacijska omrežja

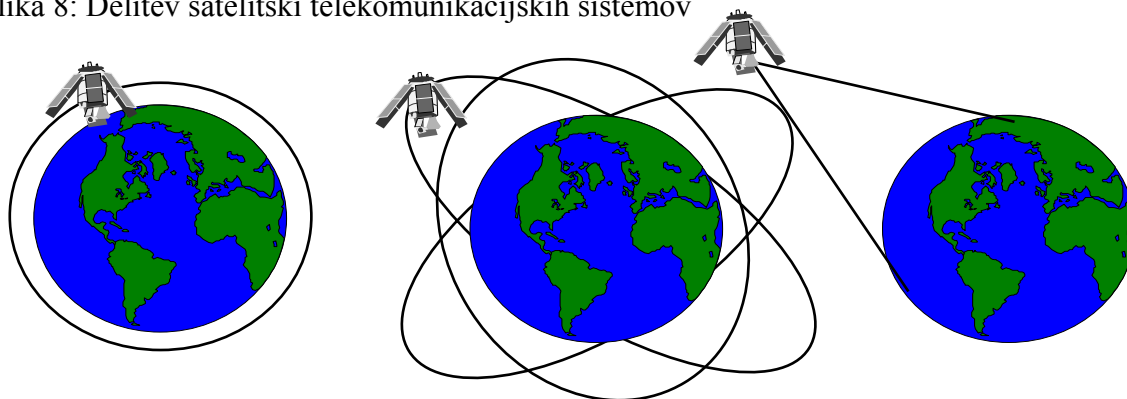
Sodobni telekomunikacijski sistemi se soočajo z naraščajočimi zahtevami po širokopasovnih storitvah tudi v področjih z nerazvito telekomunikacijsko infrastrukturo. Za zadovoljitev teh potreb je nujen razvoj satelitskih omrežij, ki imajo kar nekaj prednosti pred prizemnimi telekomunikacijskimi sistemi. Najbolj očitna je gotovo globalno pokrivanje. Med slabostmi pa je na prvem mestu predvsem velika začetna investicija, saj satelitskega sistema ni moč graditi postopno. Dodatno težavo oziroma tveganje pa predstavlja tudi še ne povsem zrela tehnologija. Satelitske sisteme v grobem delimo na tri vrste, in sicer glede na orbito, v kateri kroži satelit (slika 8).

*Nizke tirnice LEO (angl. Low Earth Orbit).* Satelit kroži na višini od 500 do 2000 km in predstavlja alternativno hrbtenično omrežje za storitve, ki zahtevajo nizke zakasnilne čase ter velike prenosne kapacitete. Uporaben je tako za podatkovne kot govorne komunikacije. Zakasnitve pri prenosu znašajo le nekaj ms. LEO ima tudi precej slabosti. Zaradi nizke višine potrebujemo za pokritje celotne zemeljske površine okoli 60 satelitov (odvisno od višine orbite), čas v dometu zemeljske postaje je zaradi velike hitrosti satelita le okoli 15 minut, kar pomeni, da med prenosi prihaja do preklapov med sateliti, ki morajo biti medsebojno popolnoma sinhronizirani.

*Srednje tirnice MEO (angl. Medium Earth Orbit).* Satelit kroži na višini med 5000 in 12000 km na površino Zemlje. En satelit lahko na teh višinah pokrije skoraj 10 % zemeljske površine, kar pomeni, da jih za celotno pokritje potrebujemo bistveno manj kot pri LEO. Tudi preklapov med sateliti je pri LEO precej manj, kajti satelit je v dometu zemeljske postaje okoli 3 ure. Zaradi večje oddaljenosti ob zemeljske površine znašajo zakasnitve okoli 70 ms, kar lahko že povzroča težave pri interaktivnih podatkovnih komunikacijah.

*Geostacionarne tirnice GEO (angl. Geostationary Earth Orbit).* Satelit kroži na višini 35786 km nad ekvatorjem z enako kotno hitrostjo, kot jo ima Zemlja. Zaradi tega sateliti GEO glede na površino Zemlje navidez mirujejo. Komunikacije med sateliti potekajo preko fiksnih usmerjenih anten. Slabost GEO sistemov je predvsem velika zakasnitev signala na prenosni poti, saj prelet signala od Zemlje do satelita in nazaj traja približno 250 ms, kar povzroča že precejšnje težave tako pri podatkovni kot govorni komunikaciji. GEO sistemi so se uveljavili predvsem za potrebe enosmerne komunikacije (SAT TV).

Slika 8: Delitev satelitski telekomunikacijskih sistemov



LEO (Low Earth Orbits)  
Višina: 500-2000 km  
Čas obhoda: 90 min.  
Čas v dometu zemeljske postaje: 15 min.

MEO (Medium Earth Orbits)  
Višina: 5000-12000 km  
Čas obhoda: 5-12 ur  
Čas v dometu zemeljske postaje: 2-4 h

GEO (Geostationary Earth Orbits)  
Višina: 35786 km  
Čas obhoda: 24 ur  
Čas v dometu zemeljske postaje: 24 h

Vir: Avtor

### 3.3.4 Satelitske širokopasovne podatkovne komunikacije

Pravi širokopasovni satelitski sistemi so šele v načrtovanju. Po napovedih bodo zagotavljali fiksnim uporabnikom interneta cenene povezave s hitrostmi od 2 do 155 Mb/s. Te hitrosti bodo primerljive s tistimi, ki jih nudijo prizemni sistemi. Ti sistemi lahko uporabljajo tudi geostacionarno orbito, kar pa bo zaradi zakasnitev pri interaktivnih podatkovnih komunikacijah predstavljalo veliko oviro. Cena nove generacije satelitskih sistemov naj bi bila znatno nižja na enoto prenosne kapacitete v primerjavi s sedanjimi sateliti. Učinkovito bodo izrabljali digitalno tehnologijo, ki bo zagotavljala povečano kapaciteto, zanesljivost in varnost prenosa.

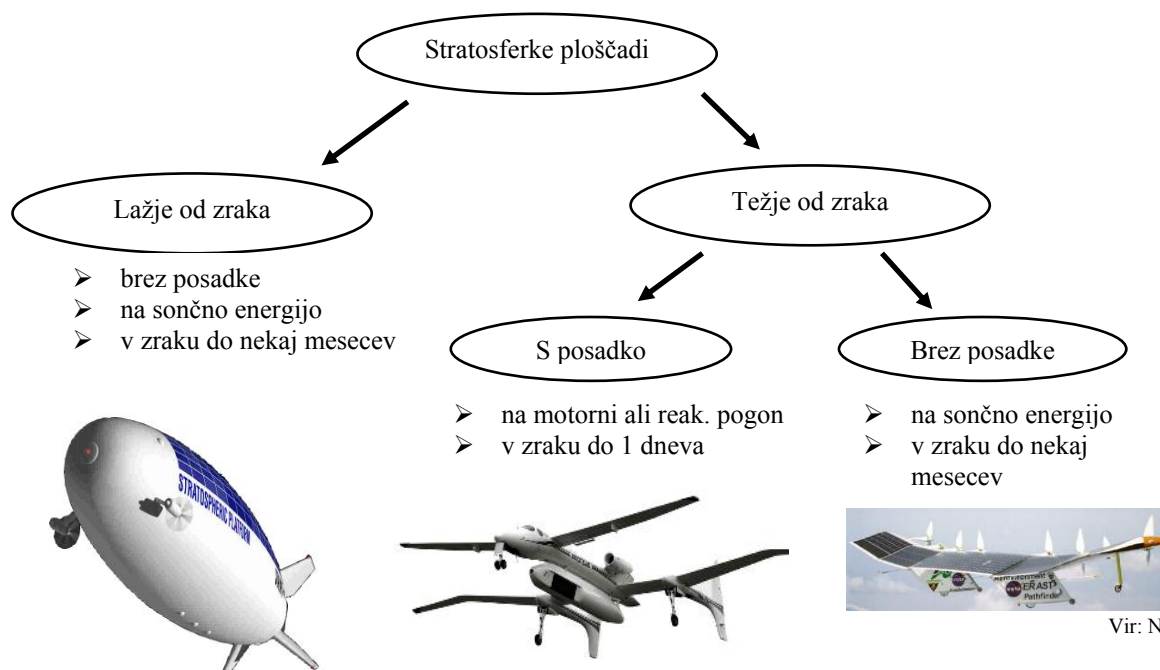
Potrebno je dodati, da so bili načrti uvajanja satelitskih sistemov v preteklosti večkrat spremenjeni. Zadržanost je čutiti še zlasti po neuspehu sistema Iridium. Pri satelitih, namenjenih internetnim povezavam, si moramo zato še posebej pazljivo ogledati gospodarnost rešitev. Cene sistemov so zastrašujoče, saj so ocenjene za globalne sisteme med 3 in 10 milijardami USD. Tudi pri naročnikih bodo stroški nekoliko višji, saj sta potrebna postavitev antene na odprtem prostoru in nakup ustrezne opreme.

### 3.3.5 Stratosferske aeronavtične ploščadi (HAP – High Altitude Platform)

V zadnjih letih se intenzivno razvijajo in testirajo prve stratosferske aeronavtične ploščadi, ki bi lebdele okoli 20 km nad zemeljsko površino v geostacionarni legi. Ploščadi bodo zagotovo postale vse bolj zanimiv element komunikacijskih in navigacijskih sistemov, ker združujejo prednosti satelitskih in prizemnih radijskih sistemov.

Glavne prednosti stratosferskih ploščadi pred baznimi postajami prizemnih mobilnih sistemov so širše območje pokritja, hitra postavitve sistema, enostavno celično planiranje in primernost za večtočkovno in razpršeno oddajanje signalov. Prednost stratosferskih ploščadi pred LEO satelitskimi sistemi so stacionarno pokrivanje področij, redkeje predajanje zvez, ostreje usmerjene antene, manjše zakasnitve signalov in primernost za širokopasovne storitve. Poleg tega lahko enostavno spreminjamo lokacijo ploščadi v odvisnosti od komunikacijskih potreb. Stroški lansiranja stratosferske ploščadi so neprimerno nižji od stroškov lansiranja satelita.

Slika 9: Delitev stratosferskih ploščadi



Vir: NASA

S povezavo več stratosferskih ploščadi dobimo elastično omrežje, katerega lahko po potrebi preurejamo in širimo. Stratosferske ploščadi so primerne za hitro ali postopno izgradnjo brezžičnih stacionarnih ali mobilnih komunikacijskih omrežij. Primerne so tudi za izgradnjo začasnih omrežij na mestih, kjer se iz različnih razlogov pojavljajo potrebe po povečani kapaciteti. Eden izmed možnih razlogov so športne in kulturne prireditve, ki se jih udeležuje večje število ljudi. Naslednji razlogi so nepredvidene okvare v stacionarnih telekomunikacijskih omrežjih ali pa elementarne nesreče večjih razsežnosti. Z omrežjem stratosferskih ploščadi bi lahko hitro nadomestili uničeno ali dopolnili pomanjkljivo komunikacijsko infrastrukturo.

Stratosferske ploščadi so zanimive tudi za nadzor in varstvo okolja ter lociranje in navigacijo vozil. Evropski navigacijski sistem Galileo/GNSS (angl. Global Navigation Satellite System), ki je danes še v fazi načrtovanja in bo začel delovati po letu 2008, vsebuje poleg satelitskega segmenta tudi zemeljski segment, ki povečuje učinkovitost in zmožljivost celotnega navigacijskega sistema. Stratosferske ploščadi so lahko ekonomična in učinkovita dopolnitev sistema Galileo.

### **3.3.6 Primeri uporabe storitev v stratosferskih omrežjih**

Poleg navigacije ter nadzora in varstva okolja bo sistem stratosferskih ploščadi za širšo sprejemljivost omogočal tudi dostop do širokopasovnih večpredstavnih storitev, kakršne bodo dostopne v stacionarnih in mobilnih omrežjih prihodnje generacije. Te storitve imajo določene zahteve glede parametrov kvalitete storitve (QoS).

Določitev zahtevanih parametrov kvalitete za nabor reprezentativnih storitev bo omogočil identifikacijo kritičnih zahtev za načrtovanje komunikacijskega sistema, tako glede izbire najprimernejšega postopka modulacije in kodiranja, kot glede izbire postopka rezervacije in dodeljevanja virov. V nabor reprezentativnih storitev so v prvi fazi vključene storitve telefonije, telekonference, videotelefonije, videokonference, radijska difuzija avdio in video signala, storitve daljinskega nadzora in krmiljenja ter širokopasovni dostop do interneta.

Prednosti in primeri uporabe stratosferskih ploščadi:

- za potrebe digitalne televizije lahko približno 50 ploščadi pokriva celo Evropo, pri klasičnem načinu (z oddajniki) je potrebno okoli 10.000 zemeljski oddajnikov,
- ploščadi se lahko uporabljajo za napredne mobilne komunikacije in kot dopolnilo zemeljskim baznim postajam za majhno ceno,
- sistem je po funkcionalnosti primerljiv s sistemov WiMAX,
- komunikacije in širokopasovna infrastruktura za dežele v razvoju,
- ploščad je uporabna tudi kot urgentni komunikacijski sistem (omogočanje komunikacije v kriznih primerih s premikanjem nad ogroženim območjem),
- različna daljinska zaznavanja - aero fotografiranje, meteorološka opazovanja itd.

O stratosferskih ploščadah trenutno pod okriljem programa EU potekata projekta HeliNet ter Capanina.

V strategiji razvoja EU stratosferske ploščadi niso predvidene kot nadomestilo obstoječi tehnologiji, temveč kot dopolnilno in integracija z namenom širokopasovnega dostopa za "vse".

Projekt Capanina se je začel konec l. 2003 in predstavlja konzorcij trinajstih partnerjev. Združuje mešanico industrije in akademsko raziskovalnih ustanov. Sodeluje tudi NiCT (angl. National Institute of Information and Communications Technology) iz Japonske, ki ima podoben nacionalni projekt.

Projekt Capanina je osredotočen na razvoju nizkocenovne širokopasovne tehnologije iz aeronavtičnih ploščadi. Z njimi bi omogočili zadovoljivo pokritost uporabnikom, ki so sedaj zapostavljeni zaradi geografskih preprek ter oddaljenosti od infrastrukture nimajo možnosti priklopa na širokopasovne podatkovne povezave. Cilj je raziskati to bodočo brezžično tehnologijo, ki naj bi omogočala hitrosti prenosa do 120 Mb/s na posameznega uporabnika kjer koli znotraj radija 60 km. V poštev prideta mikrovalovna radijska in zračna optična komunikacijska tehnologija. Optična komunikacijska povezava je mišljena predvsem kot zelo velik pretok podatkov v čistih zračnih pogojih in predvsem za povezavo med stratosferskimi ploščadmi.

Projekt HeliNet predstavlja prilagodljivo, okolju prijazno in cenovno zanimivo telekomunikacijsko infrastrukturo, ki bo omogočala integracijo in konvergenco različnih komunikacijskih in navigacijskih storitev za podjetja, državno upravo in individualne uporabnike.

Omrežje HeliNet bo z uporabo senzorjev za opazovanje in razpoznavanje sprememb namenjeno tudi celovitemu nadzoru okolja. Podrobneje bodo obdelane aplikacije, ki se bodo nanašale na odkrivanje poplav, požarov, stanja onesnaženosti zraka in voda ter bodo prožile alarme v primeru elementarnih nesreč. Za razvoj učinkovitega nadzornega sistema bo potrebno razviti vrsto metod in algoritmov s področja obdelave, stiskanja in prenosa slik, segmentacije in razpoznavanja predmetov, izbora pomembne informacije itd.

Eden izmed ciljev projekta HeliNet je demonstrirati uporabo stratosferske ploščadi za nadzor, določanje lokacije in usmerjanje vozil v različnih transportnih sistemih. Določanje lokacije in navigacija bosta realizirani v povezavi s sistemom GPS (angl. Global Positioning System) in GNSS/Galileo (angl. Global Navigation Satellite System). Poseben poudarek bo na integraciji HeliNet in GNSS2 sistema, kar bo zagotovo privedlo do novih in kvalitetnejših navigacijskih storitev.

Projekt HeliNet predvideva tudi podporo v železniškemu in cestnemu sistemu, predvsem pri uvajanju ITS (angl. Intelligent Transportation System; slov. pametni transportni sistem).

## 4 POSLOVNA TELEKOMUNIKACIJSKA OMREŽJA IN STORITVE

Z vse večjimi hitrostmi prenosa podatkov se povečujejo možnosti razvoja storitev, ki večini, predvsem manjših poslovnih uporabnikom, do sedaj niso bile dostopne. V nadaljevanju sledi opis sodobnih telekomunikacijskih omrežij in storitev, ki so oziroma bodo v kratkem prisotne na našem tržišču.

### 4.1 Mestno ethernet omrežje

Mestna ethernet omrežja MEN (angl. Metro Ethernet Network) omogočajo širokopasovni dostop končnih uporabnikov do hrbteničnega omrežja. V sodobnih omrežjih se uporablja dostop preko optičnih vlaken s pomočjo ethernet tehnologije. Stikala na tem segmentu opravljajo poleg preklapljanja ethernetnih paketov tudi upravljanje oddajanja paketov številčnim prejemnikom (angl. Multicast). V primeru okvar na prenosnih poteh ali posameznih delih opreme omogočajo hiter preklon na obhodne poti. Sodobna MEN omrežja omogočajo govorne, multimedijske in podatkovne storitve ter storitve navideznih zasebnih omrežij.

Storitev, ki se je do sedaj najpogosteje uporabljala za potrebe povezovanja podatkovnih omrežij, je bila storitev zakupljenih ali najetih podatkovnih vodov. Metro ethernet tehnologija ponuja enake možnosti, le da imamo na voljo bistveno večje hitrosti; za razliko od FR tehnologije (angl. Frame Relay; slov. blokovno posredovanje), ki je omejena z do 8 Mb/s, lahko s sodobno MEN tehnologijo realiziramo podatkovne povezave tudi do 10 Gb/s.

V današnjem času je ethernet najširše uporabljena tehnologija v lokalnih omrežjih. V preteklih nekaj letih se je na področju ethernet tehnologije pojavilo kar nekaj inovacij, ki so pripomogle k večjemu pretoku podatkov skozi ethernet omrežja. Pojavilo pa se je tudi nekaj izboljšav protokola, ki so omogočile večji fizični doseg.

Mestna omrežja, ki jih trenutno nudijo ponudniki storitev, so pogosto zgrajena le kot povezave od točke do točke. Večji izziv in cilj pa je ponuditi zveze več točk z več točkami v istem mestnem omrežju ali pa celo med več mestnimi omrežji. Tako bi podjetjem ponudili storitev, da so vse lokacije povezane v isto ethernet lokalno omrežje, ne glede na to, kje se lokacije fizično nahajajo, in ne glede na to, ali so v istem mestnem omrežju ali razpršene po različnih omrežjih.

Ponudba storitev mestnega ethernet omrežja je bila do danes bolj ali manj omejena. Večina ponudnikov je podpirala le povezave od točke do točke P2P (angl. Point to Point), ki so zagotavljale povezanost v internet. Le malo ponudnikov je nudilo strankam ethernet LAN zveze več točk z več točkami. Več lokacij v istem mestnem omrežju je bilo v tem primeru povezanih tako, kot bi bili v istem lokalnem omrežju. Za logično ločevanje prometa so uporabljali VLAN (angl. Virtual LAN; slov. navidezno zasebno omrežje) povezave.

Ker je večina današnjih mestnih ethernet omrežij zgrajenih z ethernet stikali, je prihajalo do določenih težav. Storitve je bilo težko upravljati, včasih pa je nedosegljiva predvsem zaradi problemov, kot so nestabilnost protokola STP (angl. Spanning Tree Protocol), problemov s poplavljanjem v primeru razširjenega (angl. broadcast) oddajanja in podobno. Ta omrežja so bila omejena tudi glede na število uporabnikov, saj so podpirala le 4096 različnih VLAN identifikacij in posledično temu enako število uporabnikov. Težava je bila tudi v tem, da so

VLAN oznake pomembne globalno, kar pomeni, da morajo biti vse VLAN oznake istega ponudnika storitev med seboj različne.

S tako arhitekturo nikakor ni prišlo v poštev, da bi LAN funkcionalnosti lahko zagotavljali preko več mestnih omrežij, saj bi ponudnik storitev potreboval še večje ethernet omrežje, temu pa bi sledilo še več težav. Zato je bila storitev mestnih ethernet omrežij s povezavami več točk z več točkami v bližnji preteklosti precej nerealna.

Eden izmed najbolj obetajočih pristopov k temu problemu je storitev virtualnih zasebnih LAN omrežij VPLS (angl. Virtual Private LAN Service), ki nudi prav ethernet povezljivost več točk z več točkami MP2MP (angl. Multipoint to Multipoint) preko razširljivega IP/MPLS (angl. MultiProtocol Label Switching; slov. večprotokolna komutacija z zamenjavo label) omrežja ponudnika storitev.

Ker je več kot 90 % uporabniških omrežij zgrajenih z ethernet tehnologijo, so ethernet Metro storitve zanimive tako za uporabnike kot tudi za ponudnike storitev. Poslovni uporabniki se želijo povezovati v Metro omrežje na enak način, kot so se povezovali na FR omrežje; od ponudnika storitev pričakujejo enaka zagotovila o kakovosti storitev. Uporabnikom ni treba uporabiti usmerjevalnikov za povezavo v Metro omrežje. Ponudniki storitev lahko s pomočjo fleksibilnosti, ki jo omogoča ethernet tehnologija, uporabnikom zagotavljajo tudi nove vrste storitev, ki jih s klasično tehnologijo najetih vodov ni mogoče ponujati.

Prednosti rešitve:

- uporaba pasovne širine po potrebi (pasovno širino lahko prilagajamo glede na potrebe uporabnikov),
- podpora različnim vrstam topologij omrežja (spremembe lokacij uporabnika ni ovira pri zagotavljanju storitev),
- prilagodljivost Metro ethernet omrežja,
- cena na prenešeno količino podatkov je nižja kot v drugih operaterskih paketnih tehnologijah,
- tehnologija omogoča nadzor kakovosti storitev,
- možnost prioritizacije različnih vrst prometa,
- različni mehanizmi za zagotavljanje zaščite.

Koristi za uporabnika:

- transparentnost uporabe (uporabniki niso prisiljeni v spreminjanje nastavitve v svojem omrežju, npr. nastavitve navideznih zasebnih omrežij, ampak jim mora biti omogočeno, da si te nastavitve urejajo glede na svoje potrebe),
- preprosta uporaba (tako stikala kot usmerjevalniki se lahko enostavno priključijo na Metro omrežje).

## 4.2 Omrežje MPLS (MultiProtocol Label Switching)

MPLS definira način komutacije, ki je neodvisen od protokolov omrežnega in povezovalnega sloja protokolnega sklada in ki z vpeljavo label vnese povezovalno orientiran prenos podatkov v nepovezana (IP) omrežja. MPLS je, bolj kot protokol ali tehnologija, koncept prenosa podatkov. Medsebojno loči posredovalne funkcije od usmerjevalnih. S tem ohrani razširljivost in prilagodljivost usmerjanja na omrežni plasti ter zmogljivosti prenosa in upravljanja prometa na povezovalni plasti. Prenos podatkov v MPLS omrežju se vrši na osnovi pretokov. Vsakemu paketu, ki vstopi v omrežje, se dodeli labela, ki pripada določenemu posredovalnemu razredu. Posredovalni razred ali FEC (angl. Forwarding Equivalency Class) je niz paketov, ki bodo posredovani na enak način, potovali bodo po isti poti in bodo v omrežnih napravah obravnavani enako.

Vsakemu paketu na robu MPLS omrežja se med glavo povezovalnega in omrežnega sloja doda 32-bitno labelo. Znotraj omrežja se potem ti paketi posredujejo le na osnovi te labela, ki se zamenja v vsakem vozlišču. Tako ni potreben vpogled v glavo paketov v vsakem vozlišču na njegovi poti. Prenos podatkov postane hitrejši, saj s tem odpade dolgotrajno procesiranje in usmerjanje paketa v vsakem vozlišču. Poleg naštetih nudijo MPLS omrežij še naslednje prednosti:

- podpora kakovosti storitve,
- možnost prometnega inženiringa,
- možnost upravljanja s pasovno širino,
- podpora VPN

MPLS podpira zelo podobne stopnje kakovosti storitve kot IP omrežja. Poleg tega omogoča rezervacijo virov. V osnovi lahko podpira 8 različnih stopenj kakovosti storitve. Za večje drobljenje kakovosti storitve lahko porabi tudi določeno število bitov labela, kar vnese dodatno kompleksnost v omrežje in nevarnost nezdržljivosti določenih stopenj kakovosti storitve med omrežji različnih operaterjev.



### 4.3 Navidezno zasebno omrežje realizirano preko MPLS omrežja

Navidezno zasebno omrežje VPN omogoča zasebno, varno in zanesljivo medsebojno povezovanje geografsko razpršenih lokacij podjetja. Kot glavna prednost internetnega dostopa se je pokazala, da so lahko geografsko razpršene lokacije podjetja na enostaven način med seboj izmenjavale podatke. Vendar se je s tem pojavil tudi problem zagotavljanja ustrezne varnosti podatkov, ki se jih prenaša v javnem internetu.

Telekomunikacijska podjetja so to težavo začela reševati z nadgrajevanjem svojih hrbteničnih omrežij s tehnologijo IP/MPLS. Svoje omrežje je uspešno nadgradil tudi nacionalni slovenski operater, ki ponuja storitev navideznega zasebnega omrežja.

Storitev omogoča dostop dislociranih uporabnikov ali poslovnih enot preko infrastrukture operaterja do skupnih naročnikovih informacijskih virov ter hkrati ohranja visoko raven varnosti.

Za povezavo lokacij, ki tvorijo VPN, operater uporablja MPLS protokol. To je sodoben protokol za tvorjenje transparentnih IP navideznih zasebnih omrežij. Ta temeljijo izključno na omrežnih napravah ponudnika in so popolnoma transparentna. Vse lokacije so navidezno del enega omrežja, tako da naročniki za gradnjo omrežja VPN ne potrebujejo posebnih naprav.

Naročnik lahko na lastnih lokacijah uporabi poljubno IP naslavljanje, saj je promet znotraj povezovalnega omrežja ločen od prometa drugih uporabnikov. Hkrati storitev VPN, ki temelji na tehnologiji MPLS, omogoča enostavno širitev in povezovanje novih lokacij v zasebno omrežje uporabnika.

Storitev VPN je mogoče dodatno nadgraditi v upravljano VPN storitev. To pomeni, da operater naročniku zagotovi in vzdržuje vso potrebno usmerjevalno opremo za delovanje storitve VPN. Naročniku v tem primeru ni potrebno vlagati v nakup raznovrstne usmerjevalne opreme, s čimer lahko bistveno zniža stroške njenega upravljanja in vzdrževanja.

Prednosti omrežja VPN:

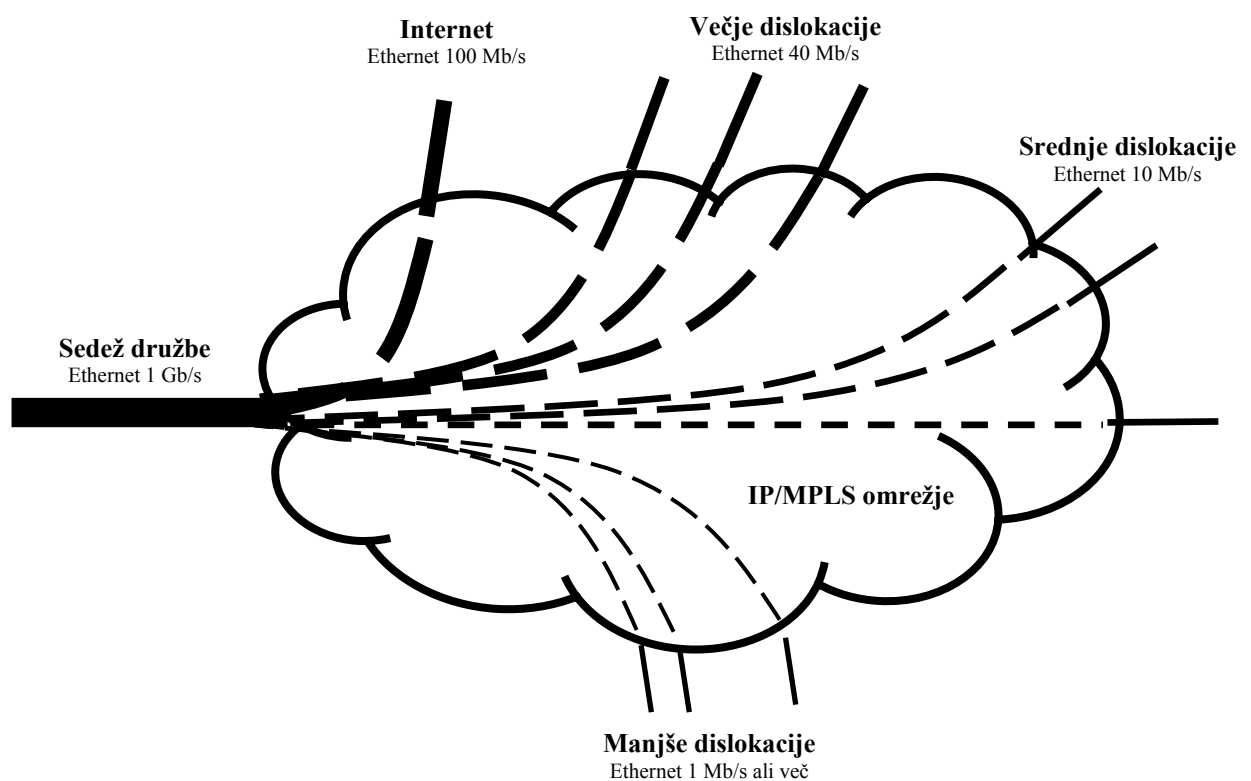
- operater ponuja storitve, ki temeljijo na sodobnem in zanesljivem omrežju,
- za postavitev in vzdrževanje povezav skrbi strokovno usposobljeni kader operaterja,
- naročnik lahko na vsaki oddaljeni lokaciji izbere tip priključitve, ki mu tehnično in cenovno najbolj odgovarja,
- na centralni lokaciji ima naročnik le najustreznejši tip priključitve, ne potrebuje mrežne opreme, ki bi omogočala povezljivost do oddaljenih lokacij z različnimi tipi priključkov,
- za vključevanje novih lokacij je potreben minimalen poseg v obstoječe stanje.

#### 4.4 Primer izvedbe sodobnega poslovnega omrežja

V nadaljevanju je predstavljen primer izvedbe sodobnega navideznega zasebnega poslovnega omrežja za podjetje, realiziranega preko MPLS omrežja. Za primer vzemimo večje podjetje, ki se ukvarja s storitveno dejavnostjo in ima poslovalnice v vseh večjih krajih v Sloveniji, nekaj tudi v tujini (slika 10).

Da bi podjetje ostalo konkurenčno, želi uvesti popolno e-poslovanje. S hitrim dostopom do ažurnih informacij v vsakem času iz vseh lokacij, zaposlenim pa želi omogočiti tudi delo na domu. Zaradi zelo razvejanega omrežja želijo dati velik pomen tudi zaščiti omrežja.

Slika 10: Skica sodobnega poslovnega omrežja VPN preko MPLS



Vir: Telekom Slovenije

#### Opis rešitve

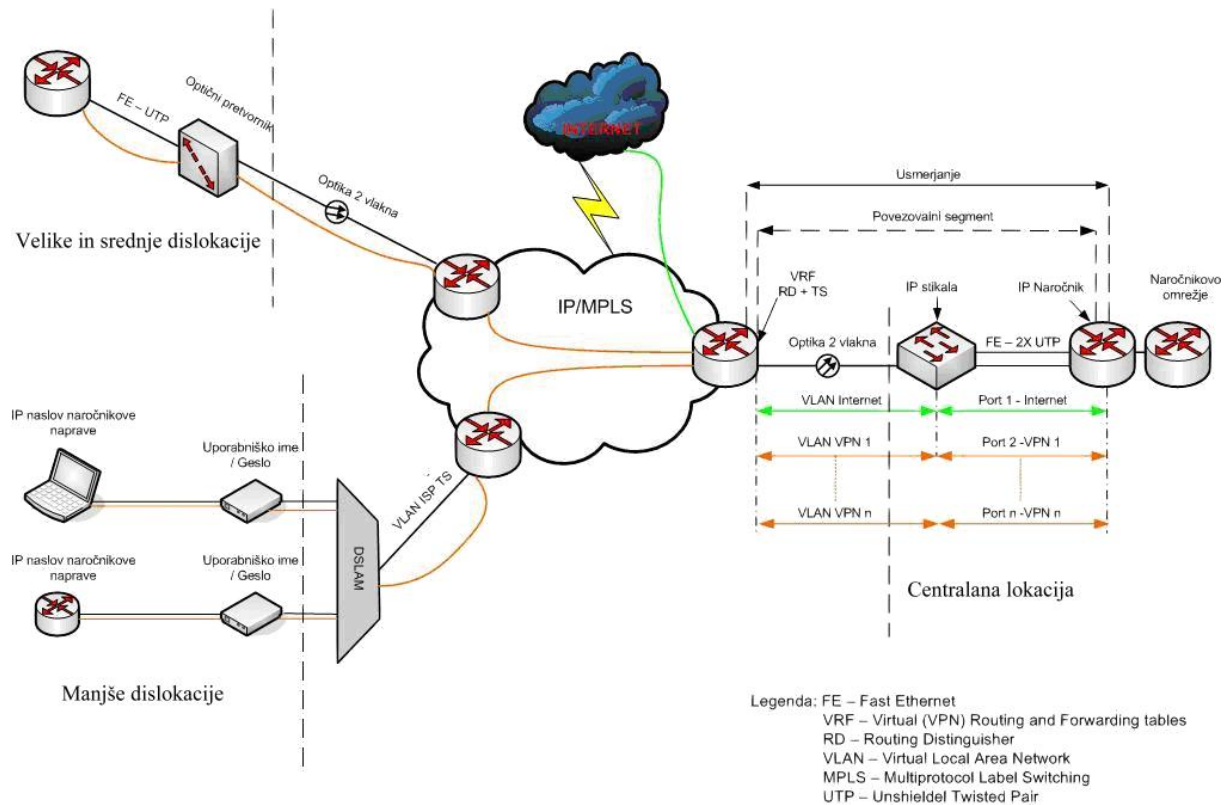
##### 1. Podatkovne povezave

Na lokaciji centralne lokacije je predvidena ethernet povezava z IP/MPLS omrežjem hitrosti 1 Gb/s. Hitrost povezave je izbrana glede na število ter kapaciteto podatkovnih povezav med posameznimi dislokacijami. Povezavi z omrežjem internet je namenjena 100 Mb/s povezava. Na dislokacijah se za povezavo v IP/MPLS omrežje, odvisno od velikosti in potreb, uporabijo ethernet oziroma ADSL priključki.

## 2. Tehnična rešitev

Tehnična rešitev opisuje navidezno zasebno omrežje preko IP/MPLS omrežja za povezovanje oddaljenih poslovnih lokacij v informacijski sistem družbe. Shema rešitve je prikazana na sliki 11.

Slika 11. Logična shema sodobnega poslovnega omrežja



Vir: Telekom Slovenije

Omrežje ima naslednje funkcionalnosti:

- ethernet povezava glavne lokacije v IP/MPLS omrežje ponudnika internetnih storitev,
- povezava oddaljenih lokacij družbe preko ethernet oziroma ADSL povezav,
- centraliziran dostop do omrežja internet.

Navidezno zasebno omrežje podjetja obsega prometni tok med centralno lokacijo in posamezno oddaljeno lokacijo. Naročnikov usmerjevalnik na oddaljeni lokaciji vzpostavi PPPoE (angl. Point to Point Protocol over Ethernet; slov. povezava točka-točka preko ethernet) sejo do IP/MPLS omrežja operaterja. Vmesnik naročnikove opreme, preko katere se vzpostavi povezava na zahtevo, ob vzpostavitvi povezave postane del VPN-IP/MPLS omrežja, z domeno pa se določi, v kateri VRF (angl. Virtual Routing and Forwarding tables; slov. navidezna usmerjevalna in posredovalna tabela) se promet usmerja.

Naslovna shema navideznega zasebnega omrežja je zasnovana na zasebnem IP naslovnem prostoru. V skladu z obstoječo topologijo LAN omrežja je potrebno določiti IP naslovno shemo za posamezno lokacijo ter uporabniška imena. Uporabniška imena imajo obliko, npr. lokacija@podjetje.si. Prvi del uporabniškega imena (pred domeno) lahko sestavlja do osem znakov. Po dogovoru je lahko IP naslovna shema določena oziroma usklajena naknadno glede na že uporabljeni IP naslovni prostor. V našem primeru je IP shema podana kot vzorec oziroma model možnega naslavljanja.

#### **4.4.1 Primerjalne analize stroškov med različnimi izvedbami VPN povezav**

Podjetjem ni potrebno uporabiti neke tehnologije takoj, ko se le-ta pojavi. Najboljši čas za naložbo je takrat, ko tehnologija dozori v poslovno rešitev. Podjetja, ki se osredotočajo na razvoj inovativnih rešitev in ustvarjajo precejšnje presežne vrednosti, bi morala postati vodilni posvojitelji tehnologij. Tehnologije, ki so šele v povojih, imajo pogosto omejene poslovne vrednosti, podjetja pa se tako lahko hitro znajdejo v pasti prehitrega navdušenja nad neko tehnologijo, ki ne bo prinesla dobička.

Pri načrtovanju časa posvojitve neke tehnologije je potrebno upoštevati več dejavnikov. Stroški so pri novi tehnologiji lahko precej višji kot stroški neke zrele tehnologije, razmisliti pa je potrebno tudi, ali se splača, da sami razvijamo neko tehnologijo.

Preudarna podjetja se pri vrednotenju tehnologije osredotočijo na ustvarjanje poslovne vrednosti, na poslovno vrednost pa je potrebno gledati z vidika kratkoročnih ukrepov povečanja prihodka in zmanjšanja stroškov ter z vidika pridobitve strateške priložnosti.

Podjetja se morajo za posvojitev tehnologij lotiti snovanja strategij v povezavi z IT (informacijska tehnologija) spremeniti morajo postopke vrednotenja tehnologij in rešitev. Posvojitev IT mora biti v današnjih časih usklajena s poslovno dejavnostjo, vodilni kadri in sodelavci s področja informatike morajo postati bolj veščji vrednotenja in sprejemanja utemeljenih odločitev o naložbah v tehnologije.

V nadaljevanju si bomo ogledali analizo stroškov za večje podjetje, ki ima dislokacije po vsej Sloveniji in bi želelo nadgraditi obstoječe navidezno zasebno omrežje s tehnologijo MPLS. Za analizo večjega podjetja smo se odločili, ker se v njej pojavijo (po velikosti in zahtevnosti) različne lokacije in je zadevo možno enostavno posplošiti tudi na ostala srednja in manjša podjetja.

Primerjali bomo dve varianti, in sicer:

##### **Varianta I**

Podjetje se odloči za VPN povezavo, ki jo realizira operater preko IP/MPLS omrežja. Funkcionalnost omrežja ostane praktično nespremenjena.

##### **Varianta II**

Podjetje se odloči za VPN povezavo, ki jo realizira operater preko IP/MPLS omrežja z okoli 5- krat višjimi hitrostmi prenosa podatkov, kot je predvideno v varianti I. Varianta II omogoča enostaven in varen dostop do LAN omrežja prek interneta. Poleg tega se podjetje odloči, da v primeru izpada glavnih podatkovnih povezav zavaruje dostop z rezervnimi dostopnimi sistemi. To velja za centralno lokacijo in pomembnejše večje in srednje lokacije.

## Analiza stroškov

### Centralna lokacija

#### Priključnina in vzpostavitev zveze

Dostop do IP/MPLS omrežja Telekom Slovenije preko ethernet vmesnika kapacitete 1 Gb/s

Priključnina – 1 Gb/s	4.398,26 €
DDV 20 %	879,66 €
<b>SKUPAJ PRIKLJUČNINA, DDV 20 %</b>	<b>5.277,92 €</b>

#### Mesečna naročnina

Kapaciteta dostopa do IP/MPLS omrežja Telekom Slovenije 1 Gb/s

Mesečna naročnina – 1 Gb/s	2.500,00 €
DDV 20 %	500,00 €
<b>SKUPAJ MESEČNA NAROČNINA, DDV 20 %</b>	<b>3.000,00 €</b>

### Večje dislokacije

#### Priključnina in vzpostavitev zveze

Dostop do IP/MPLS omrežja Telekom Slovenije preko ethernet vmesnika kapacitete 40 Mb/s

Priključnina – 40 Mb/s	1.502,25 €
DDV 20 %	300,45 €
<b>SKUPAJ MESEČNA NAROČNINA, DDV 20 %</b>	<b>1.802,70 €</b>

#### Mesečna naročnina

Kapaciteta dostopa do IP/MPLS omrežja Telekom Slovenije 40 Mb/s

Mesečna naročnina – 40 Mb/s	813,33 €
DDV 20 %	162,67 €
<b>SKUPAJ MESEČNA NAROČNINA, DDV 20 %</b>	<b>976,00 €</b>

### Srednje dislokacije

#### Priključnina in vzpostavitev zveze

Dostop do IP/MPLS omrežja Telekom Slovenije preko ethernet vmesnika kapacitete 10 Mb/s

Priključnina – 10 Mb/s	1.502,25 €
DDV 20 %	300,45 €
<b>SKUPAJ PRIKLJUČNINA, DDV 20 %</b>	<b>1.802,70 €</b>

#### Mesečna naročnina

Kapaciteta dostopa do IP/MPLS omrežja Telekom Slovenije 10 Mb/s

Mesečna naročnina – 10 Mbit/s	616,67 €
DDV 20 %	123,33 €
<b>SKUPAJ MESEČNA NAROČNINA, DDV 20 %</b>	<b>740,00 €</b>

### Manjše dislokacije

#### Mesečna naročnina

Dostop do IP/MPLS omrežja Telekom Slovenije preko VPN ADSL paketov – paket 2048/384 Kb/s

Mesečna naročnina - hitrost do 1024/256 Kb/s*	36,89 €
DDV 20 %	7,38 €
<b>SKUPAJ MESEČNA NAROČNINA, DDV 20 %</b>	<b>44,27 €</b>

\*Maksimalna hitrost

### Mesečna naročnina

Dostop do IP/MPLS omrežja Telekoma Slovenije preko VPN ADSL paketov – paket 2048/384 Kb/s

Mesečna naročnina - hitrost do 2048/384 Kb/s*	36,89 €
DDV 20 %	7,38 €
<b>SKUPAJ MESEČNA NAROČNINA, DDV 20 %</b>	<b>44,27 €</b>

\*Maksimalna hitrost

### Mesečna naročnina

Dostop do IP/MPLS omrežja Telekoma Slovenije preko VPN ADSL paketov – paket 4096/512 Kb/s

Mesečna naročnina - hitrost do 4096/512 Kb/s *	51,83 €
DDV 20 %	10,37 €
<b>SKUPAJ MESEČNA NAROČNINA, DDV 20 %</b>	<b>62,20 €</b>

\*Maksimalna hitrost

## Dostop do omrežja internet

### Mesečna naročnina

Dostop do omrežja internet – hitrost 100 Mb/s

Mesečna naročnina – 100 Mb/s	743,62 €
DDV 20 %	148,72 €
<b>SKUPAJ MESEČNA NAROČNINA, DDV 20 %</b>	<b>892,34 €</b>

## Stroški nadgradnje v IP/MPLS omrežje

### Varianta I

- Obstoječe omrežje nadgradimo v IP/MPLS.
- Hitrosti prenosa podatkov (razen na centralni lokaciji) ne spreminjamo.
- Funkcionalnost razen povišane varnosti ter zanesljivosti ostane praktično enaka kot pred nadgradnjo.

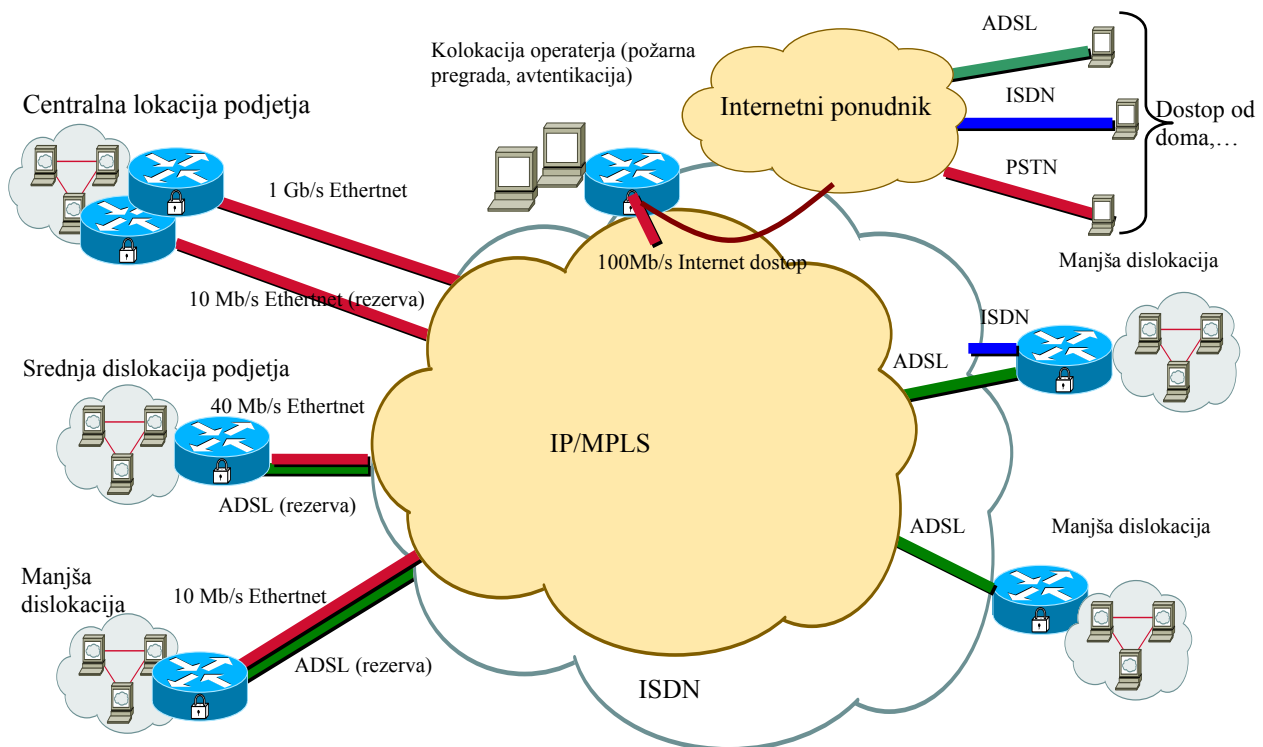
### Skupni stroški nadgradnje (varianta I)

1 x Ethernet VPN IP/MPLS 1Gb/s	4.398,26 €
DDV 20%	879,66 €
<b>SKUPAJ ZGRADITEV, DDV 20%</b>	<b>5.277,92 €</b>

### Varianta II (slika 12)

- Obstoječe omrežje nadgradimo v IP/MPLS.
- Za približno 5 x povišamo hitrosti prenosa podatkov.
- Omogočimo varne VPN povezave (delo na domu, dostop preko interneta od koder koli ...).
- Povečamo zanesljivost z rezervnimi povezavami v primeru izpada glavnih podatkovnih povezav.

Slika 12: Primer nadgrajene izvedbe VPN preko IP/MPLS omrežja



Vir: Avtor, povzeto po Telekom Slovenije

V varianti II je na lokaciji operaterja predvidena namestitev požarne pregrade, VPN stikala, strežnika s sekundarnim DNS strežnikom in programske opreme za avtentikacijo uporabnikov. Požarna pregrada v kombinaciji z VPN stikalom omogoča varen dostop uporabnikov do interneta in zaključevanje VPN tunelov za uporabnike, ki dostopajo preko interneta. Avtentikacija in pravice uporabnikov so realizirane s programsko opremo, nameščeno na strežniku. Vsa oprema podpira tuneliranje IP SEC (angl. IP security; slov. varni internetni protokol) in zaščito podatkov 3DES (angl. Triple Data Encryption Standard; slov. standard za trojno šifriranje podatkov), AES (angl. Advanced Encryption Standard; slov. napredni šifrirni standard).

Na centralni lokaciji je predvidena uporaba para redundantnih usmerjevalnikov s povezavo 1 Gb/s in 10 Mb/s ethernet do IP/MPLS omrežja. Usmerjevalnika lahko v načinu porazdeljene obremenitve (angl. load balancing) ali v načinu rezervne povezave. Povezava 1 Gb/s ethernet je realizirana preko optične parice, 10 Mb/s ethernet povezava pa je realizirana preko bakrene parice (VDSL).

Na srednjih in nekaterih manjših lokacijah podjetja je predvidena uporaba usmerjevalnika s primarno dostopno povezavo do IP/MPLS omrežja tipa ethernet kapacitete 40 Mb/s in rezervno povezavo ADSL. V primeru prekinitve na primarni povezavi se promet avtomatsko usmeri na rezervni ADSL priključek. Glede na tehnične možnosti je možno primarni dostop nadgraditi do hitrosti 1Gb/s.

#### Skupni stroški nadgradnje (varianta II)

1 x Ethernet VPN IP/MPLS 1Gb/s	4.398,26 €
1 x Ethernet VPN IP/MPLS 100 Mb/s (rezervna povezava na centralni lokaciji)	1.502,25 €
1 x Ethernet VPN IP/MPLS 40 Mb/s (na ostalih 4 lokacijah je že optika – potrebno je le nadgraditi hitrost)	1.502,25 €
VPN stikalo, požarna pregrada, strežnik, vzpostavitvev (oprema se nahaja pri operaterju)	3.000,00 €
6 x Ethernet VPN IP/MPLS 10 Mb/s	9.013,50 €
DDV 20 %	3.883,25 €
<b>SKUPAJ ZGRADITEV, DDV 20 %</b>	<b>23.299,51 €</b>

V tabeli 5 so prikazani stroški mesečnih naročin za obstoječo rešitev in za nadgrajeni podatkovni omrežij po variantah I in II.





## Izračun upravičenosti naložbe

Že bežen pregled tabele 5 nam pove, da je vlaganje v posodobitev omrežja vsekakor upravičeno. Preden se lotimo natančnih izračunov, je potrebno ovrednotiti funkcionalne prednosti in oceniti oziroma definirati sledeče prihranke:

- Povečanje zanesljivosti, varnosti in zmanjšanje možnosti nepooblaščenega vdora v LAN omrežje,
- zmanjšanje števila IT vzdrževalcev, najem zunanjih izvajalcev (angl. outsourcing),
- povečanje hitrosti podatkovnih povezav.

Povečanje varnosti pred nepooblaščenimi vdori v LAN omrežje je postavka, ki je izrednega pomena za vsako podjetje, »prihranki« lahko dosegajo enormne vrednosti, ki jih finančno praktično ni mogoče ovrednotiti in so odvisni od presoje odgovornih v podjetju.

Glede zmanjšanja števila IT vzdrževalcev so prihranki lažje izračunljivi. S posodobitvijo omrežja je podjetje praktično razbremenjeno vseh posegov na dislokacijah, kar se tiče VPN povezav. Za povezave v celoti skrbi operater. Za varnost je potrebno skrbeti le na centralni lokaciji. Na dislokacijah odpade potreba po vzdrževanju in zahtevnem administriranju usmerjevalnikov, požarnih pregrad ipd. Ker je omrežje zaščiteno z MPLS protokolom, jih enostavno ne potrebujemo več. Glede na velikost podjetja, ki ga obravnavamo, bi bilo za nadzor in vzdrževanje VPN povezav pred posodobitvijo potrebnih 5 do 6 zaposlenih, po posodobitvi pa le 3. To bi nam prineslo okoli 4.000 € mesečnega prihranka.

Posodobitev omrežja nam močno zniža izdatke za vlaganje in posodobitev strojne in programske opreme, namenjene prenosu podatkov. Na srednjih ter manjših dislokacijah ni več potrebno imeti zapletenih modularnih usmerjevalnikov, odpadejo tudi šifriranje, IPSec licence, ter požarne pregrade. Mesečni prihranki bi po približni oceni znašali okoli 1.000 €.

Če povzamemo, bi skupni mesečni prihranki po posodobitvi omrežja znašali okoli 5.000 €/mesec. K temu pa je potrebno prišteti še bistveno večjo zanesljivost delovanja, hitrejše povezave in varnost omrežja.

Če skušamo naložbo ovrednotiti zgolj stroškovno, lahko to storimo s pomočjo analiz na več načinov:

- doba vračanja (Payback Period, PP),
- sedanja vrednost (Present Value, PV),
- povrnitev naložbe (Return of Investment, ROI),
- Neto sedanja vrednost (Net Present value, NPV),
- Notranja stopnja donosnosti (Internal Rate of Return, IRR).

Nadgradnjo v IP/MPLS omrežje bom ovrednotil po I in II varianti na vse naštetе načine.

#### 4.4.1.1 Doba vračanja (Payback Period, PP)

Doba vračanja je najpreprostejša mera in posebej primerna, če so povračila krajša od enega leta. Pokaže, kdaj bodo vlaganja začela prinašati dobiček. Izračun je preprost:

##### I. varianta

$$PP = \frac{\text{zacetni\_stroski}}{\text{letni\_donos}} = \frac{5272,92\text{€}}{(12 \times 5000\text{€}) + (12 \times 2201,67\text{€})} \approx 0,061$$

##### II. varianta

$$PP = \frac{\text{zacetni\_stroski}}{\text{letni\_donos}} = \frac{23299,51\text{€}}{(12 \times 5000\text{€}) - (12 \times 3674,39\text{€})} \approx 1,465$$

V kolikor želimo le posodobiti omrežje in obdržati obstoječo funkcionalnost (varianta I.), se nam stroški povrnejo prej kot v enem mesecu. Seveda pa moramo gledati tudi v prihodnost – funkcionalnost, ki nam jo ponuja varianta I je zelo omejena.

Z varianto I praktično ostanemo na enakih hitrostih prenosa podatkov kot pred posodobitvijo. Zanesljivost delovanja je malo izboljšana, vendar v primeru izpada glavnih podatkovnih povezav nimamo možnosti preusmerjanja na rezervne povezave. Če želimo ostati konkurenčni, če želimo posodobiti aplikacije ter povišati zanesljivost, velja vsekakor razmisliti glede variante II, le-ta se nam povrne približno po letu in pol.

#### 4.4.1.2 Sedanja vrednost (Present Value, PV)

Denar, ki ga imamo, ima večjo vrednost za nas kot pa tisti denar, ki ga bomo prejeli čez eno leto. V tem času ga lahko npr. naložimo v banko in dobimo obresti. Če obrestna mera znaša 5 % (za primer, če je temeljna obrestna mera 0,3 % na mesec oz. 3,6 % na leto in letna obrestna mera 1,4 % za sredstva, vezana več kot eno leto), potem lahko izračunamo:

$$PV = \sum_{t=1}^N \frac{Donos}{(1+r)^t}$$

Odbitek  $r$  je enak obrestni meri v tem času,  $N$  pa je število let. Odbitek je v odstotkih izražena povprečna cena kapitala za podjetje. Mi računamo z  $N = 3$  leta in  $r = 0,05$ .

Za izračun lahko uporabimo Excel funkcijo PV (Present Value), sintaksa je sledeča: PV (mera; število obdobj; plačilo [; prihodnja vrednost] [; vrsta]).

Tabela 6: Izračun sedanje vrednosti

	A	B	C	D
1	<b>I. Varianta</b>			
2				
3	<b>Podatki</b>	<b>Opis</b>		Letni donos
4	86.420,04 €	Letni donos		(2.201,67€ + 5.000€)*12 = 86.420,04€
5	5%	Obrestna stopnja		
6	3	Št. let		
7				
8	<b>Rezultat</b>	<b>Opis (rezultat)</b>	<b>Formula</b>	
9	235.343,20 €	Sedanja vrednost koristi	=PV(A5;A6;A4)	
10				
11				
12				
13	<b>II. Varianta</b>			
14				
15	<b>Podatki</b>	<b>Opis</b>		Letni donos
16	15.907,32 €	Letni donos		(-3.674,39€ + 5.000€)*12 = 15.907,32€
17	5%	Obrestna stopnja		
18	3	Št. let		
19				
20	<b>Rezultat</b>	<b>Opis (rezultat)</b>	<b>Formula</b>	
21	43.319,58 €	Sedanja vrednost koristi	=PV(A17;A18;A16)	
22			<b>PV</b> (rate; nper; pmt; [fv]; [type])	
23				

Vir: Avtor

Sedaj imamo v denarju izraženo trenutno vrednost koristi, ki nam jo bo prinesla naložba. Vrednost variante I je 235.343,20 €, variante II pa 43.319,58 €.

#### 4.4.1.3 Povrnitev naložbe (Return of Investment, ROI)

Preden se lotimo izračuna povrnitve naložbe, moramo upoštevati nekaj temeljnih pravil. Izračun povrnitve naložbe je najbolje uporabiti za primerjavo potencialnih projektov z drugimi internimi merili za odločanje oz. sodili za merjenje uspeha.

Povrnitev naložbe je najbolj popularna mera, ko primerjamo različna vlaganja med seboj. Enaka je sedanji vrednosti združenih neto koristi (celotne koristi z odšteti tekočimi stroški) v nekem času deljeno z začetnimi stroški. Rezultat je v odstotkih v neki časovni dobi. Za informacijske tehnologije je ta doba največkrat 3-leta, saj v tem času oprema zastari. Za tri leta je torej formula:

$$PV = \sum_{t=1}^N \frac{Donos_t}{(1+r)^t} \cdot \frac{100}{zacetni\_strosek}$$

Kar znese za I. varianto 44,59 za II. varianto pa 1,85. Če želimo izračunati, koliko finančnih koristi nam to prinese, je priporočljiv izračun neto sedanje vrednosti.

#### 4.4.1.4 Neto sedanje vrednosti (Net Present value, NPV)

Neto sedanje vrednosti nam da denarno izraženo vrednost pričakovanega donosa. Dobimo jo tako, da čez vsa leta izračunamo vsoto neto koristi in odštejemo začetne stroške. Če je pozitivna, bomo imeli dobiček, drugače pa izgubo. Za triletno obdobje je enačba sledeča:

$$NPV = \sum_{t=1}^N \frac{Donos_t - Vlaganja_t}{(1+r)^t}$$

Za izračun lahko uporabimo Excel funkcijo NPV (Net Present Value), sintaksa je sledeča:  
NPV(rate; value1; value2; ...)

Tabela 7: Izračun neto sedanje vrednosti

	A	B	C	D
1	<b>I. Varianta</b>			
2				
3	<b>Podatki</b>	<b>Opis</b>		
4	5%	Letna diskontna stopnja		
5	-5.277,92	Začetna cena naložbe čez eno leto		
6	86.420,04	Donos v prvem letu		
7	86.420,04	Donos v prvem letu		
8	86.420,04	Donos v prvem letu		
9	<b>Rezultat</b>	<b>Opis (rezultat)</b>	<b>Formula</b>	
10	219.109,79 €	Neto trenutna vrednost naložbe (219.109,79€)	NPV(A4; A5; A6; A7; A8)	
11				
12				
13				
14	<b>II. Varianta</b>			
15				
16	<b>Podatki</b>	<b>Opis</b>		
17	5%	Letna diskontna stopnja		
18	-23.299,51	Začetna cena naložbe čez eno leto		
19	15.907,37	Donos v prvem letu		
20	15.907,37	Donos v prvem letu		
21	15.907,37	Donos v prvem letu		
22	<b>Rezultat</b>	<b>Opis (rezultat)</b>	<b>Formula</b>	
23	19.066,86 €	Neto trenutna vrednost naložbe (19.066,86€)	=NPV(A17; A18; A19; A20; A21)	
24			NPV(rate; value1; [value2]; [value3]; [value4]; [value5]; [value6]; ...)	
25				

Vir: Avtor

Ker je NPV pozitivna za oba primera, ni ovir, da se ne bi odločili za eno od naložb.

#### 4.4.1.5 Interna hitrost povrnitve (Internal Rate of Return, IRR)

IRR je mera in se uporablja za večletne naložbe in pomeni hitrost v odstotkih, za katero moramo zmanjšati neto koristi v času, dokler niso koristi izenačene z začetnimi stroški. Povezana je z NPV. Izračunamo jo lahko tako, da v enačbi za NPV spreminjamo diskontno stopnjo IRR, dokler ne dobimo NPV = 0.

$$NPV = \sum_{t=1}^N \frac{Donos_t - Vlaganja_t}{(1 + IRR)^t}$$

Za izračun lahko uporabimo Excel funkcijo IRR, sintaksa je naslednja:  
IRR (values; guess).

Tabela 8: Izračun hitrosti interne povrnitve naložbe

	A	B	C
1	<b>I. Varianta</b>		
2			
3	<b>Podatki</b>	<b>Opis</b>	
4	-5.277,92 €	Začetna investicija	
5	86.420,04 €	Neto donos 1 leto	
6	86.420,04 €	Neto donos 2 leto	
7	86.420,04 €	Neto donos 3 leto	
8			
9			
10	<b>Rezultat</b>	<b>Opis (rezultat)</b>	<b>Formula</b>
11	<b>1637%</b>	Interna stopnja profitabilnosti po 3 letih	IRR(A4:A7)
12			
13			
14	<b>II. Varianta</b>		
15			
16	<b>Podatki</b>	<b>Opis</b>	
17	-23.299,51 €	Začetna investicija	
18	15.907,32 €	Neto donos 1 leto	
19	15.907,32 €	Neto donos 2 leto	
20	15.907,32 €	Neto donos 3 leto	
21			
22			
23	<b>Rezultat</b>	<b>Opis (rezultat)</b>	<b>Formula</b>
24	<b>47%</b>	Interna stopnja profitabilnosti po 3 letih	=IRR(A17:A20)
25			IRR(values; [guess])
26			

Vir: Avtor

Če je diskontna stopnja, ki je enaka IRR, manjša od stroškov kapitala, potem tako naložbo zavrnemo. V našem primeru sta obe občutno višji od 5 % letne obrestne mere, zato sta obe naložbi primerni.

Za naložbe je dobro oceniti finančno plat na vse navedene načine in primerjati naložbe med seboj. Za naš primer vidimo, da se naložba hitro povrne.

Kljub ugodni ceni ima večina podjetji trenutno VPN povezavo realizirano še na »star« način (brez IP/MPLS omrežja). Razlog tiči predvsem v veliki investiciji ter v neamortiziranih sredstvih, ki so jih imeli pri realizaciji lastne VPN povezave. Po funkcionalnosti je sicer »star« način primerljiv s sodobno izvedbo, vendar je ob vzpostavitvi potrebno investirati v bistveno zmogljivejšo strojno in programsko opremo (modularni usmerjevalniki, šifriranje, IPSec licence, požarne pregrade, administriranje ...). V povprečju je začetna investicija 2 do 3 krat višja kot pri sodobni IP/MPLS izvedbi. Poleg višje investicije v opremo je potrebno pri lastni VPN povezavi investirati tudi v IT vzdrževalce (izobraževanje, dodatne zaposlitve ...), kar pri IP/MPLS ni potrebno. Trend gre v smeri t. i. najemanja zunanjih sodelavcev oziroma izločevanja dejavnosti, ki ni primarnega pomena za podjetje. Podjetje plačuje le najem podatkovnih povezav za vzdrževanje ter za nadgradnje pa skrbi ponudnik.

Kot vidimo, se prehod na novo tehnologijo hitro obrestuje. Podjetje, ki preide na uporabo novih tehnologij, ima velike možnosti za uvajanje novih storitev.

#### 4.4.1.6 Povzetek analiz stroškov

V tem poglavju so bile predstavljene značilnosti stroškovnih analiz in koristi naložb v sodobne podatkovne povezave. Tovrstne analize se uporablja za najrazličnejše vrste projektov. V zadnjih letih se vedno več pozornosti posveča vrednotenju naložb v informacijsko tehnologijo, saj skušajo podjetja zaradi doseganja boljših poslovnih rezultatov na eni strani zmanjševati stroške (zato je potrebno vsako naložbo posebej utemeljiti), po drugi strani pa želimo razkriti, v čem so tiste prednosti, ki nam jih določena naložba prinaša. Analiza stroškov in koristi nam lahko da odgovor na obe vprašanji. Treba je pristaviti, da naj bi bila analiza stroškov in koristi najširša izmed vseh študij ekonomske izvedljivosti, žal pa je z njo povezano tudi trdo delo, saj preprosti recepti ne obstajajo. V teoriji in praksi najdemo veliko njenih izpeljank, s katerimi naj bi bolj preprosto prišli do kakovostnih odločitev. Predstavljene analize nudijo splošen vpogled v analizo stroškov in koristi in so osnova za širše razmišljanje in vpeljavo ocenjevanja upravičenosti naložb v vsakdanjo prakso menedžmenta informatike.

## 5 TRENDI TELEKOMUNIKACIJSKIH OMREŽIJ IN STORITEV

Poglavitni trend na področju telekomunikacij predstavlja združevanje storitev in podatkovnih omrežij v enotno omrežje, kar bo močno poenostavilo komuniciranje. V nadaljevanju sledi opis nekaterih ključnih usmeritev na področju telekomunikacij.

### 5.1 Konvergenca telekomunikacijskih omrežij

V zadnjem času se na področju telekomunikacij veliko govori in piše o konvergenci, ne da bi bilo pojasnjeno, kaj pravzaprav v širšem smislu pomeni omenjeni izraz. Če besedo konvergenca povzamem po slovarju tujk (Vrbinc, 1982, str. 324):

*konvergenca* - e 1. približevanje, premičnost, istosmernost (~ dveh linij, žarkov); usmerjenost k isti točki, 2. v biol. podobnost v obliki, zgradbi ali lastnostih pri osebkih različnih vrst.

Omejimo se sedaj na konvergenco v telekomunikacijah, ki opisuje združevanje ali zlivanje različnih telekomunikacijskih tehnologij in storitev. Ena izmed pomembnih lastnosti konvergenca je povezovanje različnih svetov, kot so telekomunikacije, mediji, zabava in računalništvo.

Različni mediji imajo danes različne zahteve za prenos informacij, zato se zanje uporablja tehnologija in infrastruktura s specializiranimi lastnostmi, kar pomeni, da so za različne storitve potrebni posebni terminali, posebni vodi in posebna omrežja. Storitve so uporabnikom posredovane preko različnih ponudnikov, prav tako veljajo različne metode zaračunavanja in plačevanja le-teh.

Ob sodelovanju z mediji ter z informatiko in računalništvom konvergenca telefonskih, podatkovnih in radiodifuznih omrežij ter storitev nakazuje prehod v globalno informacijsko povezano družbo, katere del je tudi Slovenija. V informacijski družbi si uporabniki želijo celovite globalne spremembe, kajti če je bila kakšna storitev ali aplikacija še do nedavnega praktično neizvedljiva, potem izvedljivost pri sedajni tehnologiji in tehniki ne predstavlja več resnih ovir. O konvergenci lahko govorimo tudi kot o tehnološkem postopku, katerega rezultati se danes, po nekaj desetletjih trdega dela in raziskav, na nekaterih področjih že kažejo.

V splošnem gre pri konvergenci za zelo široko zastavljeno razvojno stopnjo v globalni informacijski infrastrukturi, kjer so različni uporabniki udeleženi vsak na svoj način. Bistvo konvergentnih storitev na skupni platformi je distribucija govornih in podatkovnih storitev ter videa preko enotnega fizičnega priključka. Vendar se ob vsem tem že v samem začetku vprašajmo, ali je konvergenca res tako zelo konvergentna. Vse je namreč odvisno predvsem od zornega kota, s katerega opazujemo dogajanja v konvergentnih omrežjih in storitvah. Tehnična združljivost do nedavno ločenih omrežij, ki omogoča prenos različnih storitev in multimedijskih vsebin, pomeni, da mora ponudnik vsebin zagotavljati vsebine za nove komunikacijske platforme, česar v preteklosti ni bilo.

Kljub tehnični združljivosti različnih telekomunikacijskih platform so le-te z medijskega stališča med seboj še vedno različne. Razlikujejo se tako na nivoju uporabniškega vmesnika kot tudi v načinu komunikacije, zato so to za nas različne vsebine. Imajo lahko isti izvor, vendar morajo biti prilagojene različnim telekomunikacijskim platformam. Tu pa se po drugi strani začne svet divergenca.



Gledano s stališča uporabnika, ali bolje operaterjev, je seveda smiselno razvijati konvergentne storitve, saj so le te pogoj za uspešnost novih omrežij. Omrežja po tehnološki plati omogočajo prepletanje različnih storitev, vendar se pojavlja vprašanje, koliko novih konvergentnih storitev bo resnično realiziranih v praksi.

## **5.2 Storitve konvergentnih omrežij**

Pomembne dejavnike informacijske infrastrukture predstavljajo uporabniki ter seveda njihove zahteve. Danes je v ospredju uporaba telekomunikacij, kamor spadajo storitve, aplikacije in zelo pomemben segment - vsebine. Različne skupine uporabnikov imajo različne potrebe, kar morajo upoštevati tudi razvijalci in ponudniki storitev. Pri tem zahtevamo, da uporabnik dostopa v katerem koli omrežju do istih storitev na enak način, pri čemer lahko uporabi različno terminalno opremo.

V splošnem lahko rečemo, da je cilj sodobnih konvergentnih telekomunikacijskih storitev:

- neodvisno povezati čim širši krog uporabnikov po principu širokopasovnih vstopnih točk, ki omogočajo hiter dostop do navideznih svetov,
- neposredna komunikacija vseh udeležencev,
- neposreden dostop do storitev, aplikacij in vsebin,
- uporabnikom naravnane storitve.

V nadaljevanju sledi podrobnejši opis nekaterih konvergenčnih storitev, primernih za poslovne uporabnike.

### 5.3 IP telefonija

Podjetja imajo različne razloge za integracijo IP tehnologije. Najbolj pogost razlog je konvergenca oziroma zlitje različnih mrežnih tipov v enotno, poenostavljeno mrežo. V nasprotnem primeru potrebujemo za podporo delovanja razne vmestnike, ki združujejo načeloma nezdružljiva omrežja. Vse to ima za posledico velike investicije v zapleteno in drago tehnično opremo ter zaposlovanje visoko usposobljenega kadra za upravljanje in vzdrževanje, sistem kot celota pa ni prilagodljiv.

Zaradi neprilagodljivosti tehnične infrastrukture se v poslovnem svetu pogosto dogaja, da se poslovni načrti izvajajo s časovno kritično zamudo. Čeprav konvergenca omrežij, ki jo ponuja IP telefonija, poenostavlja delovanje in vzdrževanje, spisek prednosti tehnologije ne moremo omejiti le na to. Upravljanje odnosov s strankami CRM (angl. Customer Relationship Management) je pomembno področje, kjer lahko sistem IP telefonije veliko prispeva k izboljšavam. Uporabniki postajajo izredno zahtevni, pojavljajo se potrebe po širšem spektru storitev s posebnim poudarkom na priročnih in poosebljenih storitvah. Še več, priljubljenost oziroma razširjenost novih tehnologij, kot je internet, so spremenile tradicionalni odnos s strankami in vpeljujejo novo prakso.

Zbiranje in uporaba podatkov o potrošnikih in njihovih navadah ter s tem povezano učinkovito upravljanje odnosov mora biti strateška prioriteta vsakega podjetja. Celovito upravljanje odnosov s strankami je poslovna strategija, ki v središče poslovanja podjetja postavlja posameznega potrošnika in poskuša zanj ustvariti najvišjo stopnjo zadovoljstva. CRM je torej integracija tehnologij in poslovnih procesov, ki se uporabljajo za zadovoljevanje potreb potrošnika v vseh primerih interakcije.

Podjetja si ne morejo privoščiti ignoriranja novih načinov komuniciranja. Četudi jih sami ne želijo integrirati v svoja poslovna okolja, jih bodo v to prisilili uporabniki in navsezadnje tudi dobavitelji. Težko si je predstavljati, kako bi dandanes poslovalo podjetje, ki bi zavračalo uvedbo internetnih tehnologij za komuniciranja med zaposlenimi, dobavitelji in uporabniki. Komunikacije pa se seveda razvijajo. Nove multimedijske komunikacijske metode, kot so VoIP, neposredno sporočanje, porazdeljene aplikacije, videokomunikacije in druge storitve nove generacije, so vedno bolj razširjene.

Vse navedene metode vsebujejo porazdeljene in razsejane informacije. S konvergenco teh informacij v poslovni intranet in extranet so informacije dostopne vsem v podjetju, kar zagotavlja večjo učinkovitost in priložnost za inovativnost.

Implementacija sistema IP telefonije ne pomeni le načina prenosa govora, ampak naj bo začetek konvergence informacijskih komunikacij, ki odpira veliko različnih priložnosti za spremembo procesov in za izboljšanje komunikacij.

### 5.3.1 Zadržki pri prehodu na sistem IP telefonije

Glavno vprašanje pri prehodu na IP telefonijo ni »če« bo podjetje oziroma organizacija imela korist od uvedbe nove tehnologije, temveč »koliko« koristi bo imela. Pred samo uvedbo IP sistema mora podjetje močno pretehtati, katero pot naj ubere: evolucijsko ali revolucijsko. Odločitev bo verjetno v veliki meri odvisna od obstoječe infrastrukture.

Evolucijski način uvedbe VoIP omogoča značilnostim in funkcionalnostim obstoječe mrežne infrastrukture prehod na IP svet. Nasprotno pa se revolucijski način obnese pri novonastajajočih podjetjih, kjer obstoječe infrastrukture sploh ni. Razširitev podjetij na nove pisarne in nova podjetja je tipični primer za revolucijski način.

Kot je bilo pričakovano, prvi evolucijski način predstavlja večji izziv, saj vsebuje množico možnih različic. Prehod na IP telefonijo je občutljiv proces, saj je potrebno pri razvoju vse vidike obstoječe infrastrukture upoštevati skladno s posebnimi potrebami podjetja. Hkrati pa obstajajo rešitve, ki omogočajo povezovanje obstoječe mrežne infrastrukture in IP telefonije, dostopne z uporabo vmesnih naprav, kot so medijski prehodi (angl. gateway). Pomembno je, da je vsak postopek voden s strani strokovnjakov.

Ostali splošni problemi IP telefonije so večinoma povezani z naravo paketnih omrežij. V tem pogledu je kvaliteta storitev vedno vprašljiva. Vendar pa so nedavna napredovanja v tehniki stiskanja govora in protokolov za zagotavljanje kvalitete storitev nakazala dejstvo, da je to bolj izbor razvojnih možnosti kot pa problem.

Interoperabilnost ne predstavlja velikega problema, saj IT industrija zori skupaj s standardizacijskimi institucijami.

Kaj naj bi torej bili glavni dejavniki uvedbe IP telefonije v poslovna okolja? Različne organizacije oziroma podjetja bodo imela svoje specifične zahteve. Sledi nabor najbolj splošnih dejavnikov:

- Investicije v mrežno infrastrukturo se zmanjšajo, saj ni več potrebe po vzdrževanju konvencionalnega telefonskega omrežja in ločenega podatkovnega omrežja. Močna in učinkovita mrežna infrastruktura omogoča opravljanje tako s podatki kot tudi z govorom.
- Zmanjšajo se stroški vzdrževanja. Možna je nadgradnja mreže s programsko opremo, ki omogoča cenejše in hitrejšo izboljšave.
- Ne pojavlja se potreba po najemu specializiranega osebja za servisiranje komunikacijskega sistema, saj lahko zaposleno osebje z dobrim poznavanjem IP mrež vzdržuje tako govorni kot podatkovni sistem.
- Stroške oddaje poslovnih procesov drugim se lahko znatno zmanjša. Četudi v podjetju ni na razpolago IT strokovnjak, v večini primerov ni potrebe po najemu posebnih strokovnih ekip.
- Podprto je delo na daljavo, torej mobilnost zaposlenih brez dodatnih stroškov. Stroški alokacije zaposlenih v IP svetu so minimalni, saj uporabnik tako rekoč izključi

napravo, jo na nekem drugem mestu vključi, standardna IP storitev pa naredi vse ostalo avtomatično.

- Z minimalnimi investicijskimi stroški je možna implementacija širokega nabora novih in inovativnih storitev.
- Videokonference in preprost dostop do informacij zaposlenim omogočajo učinkovito ter bolj povezano delo.
- Doseganje boljšega odnosa do strank.

Razvoj IP telefonije je vprašanje izbire najprimernejše arhitekture. Prvotno je bilo vse usmerjeno na brezplačne klice preko interneta. Čeprav je to še vedno aktualna aplikacija, je poseben poudarek na dejstvu, da je to le ena od priložnosti nove tehnologije.

Komunikacija preko IP protokola lahko poteka po isti IP mreži kot podatkovni promet in digitalni video. Konvergenca vseh različnih digitalnih medijev na IP mrežno infrastrukturo zagotavlja priložnost za izpolnjene komunikacije.

Konvergenca je definirana kot zблиževanje ljudi, idej in stvari na način, ki se še ni zgodil, rezultat konvergence pa je večji kot vsota posameznih delov. Poslovna okolja morajo preseči samo idejo stroškovnih prednosti IP tehnologije in pretehtati velikanske priložnosti konvergentnih multimedijskih komunikacij.

### **5.3.2 Prenos govora preko Internetnega protokola**

Glavna karakteristika tehnologije IP je paketna komutacija. Sporočilo se posreduje od enega do drugega vozlišča v obliki manjših paketov. Na sprejemni strani moramo torej vse te pakete zložiti skupaj v pravilnem vrstnem redu in rekonstruirati sporočilo. V tem trenutku obstaja več možnosti za prenos govora preko paketnega omrežja. IP je že dokazal svojo prednost med LAN/WAN protokoli in vse kaže, da bo dokazal svoj uspeh tudi na področju prenosa govora. Navidezna privatna omrežja s podporo MPLS lahko zagotavljajo visoko kvaliteto storitev in so močno orodje v korporacijskih mrežah.

IP omrežje je nepovezano omrežje, kar pomeni, da lahko paketi po omrežju potujejo po različnih poteh in prispejo na cilj v drugačnem vrstnem redu, kot so bili poslani. Pri nepovezanem omrežju se med komuniciranjem začasno ne vzpostavi stalna povezava kot pri vodovno komutiranem omrežju. Čeprav vodovno komutirana omrežja zagotavljajo večjo kvaliteto storitev, imajo IP omrežja tri različne prednosti:

- IP omrežja so neodvisna od medija, kar pomeni, da s stališča IP omrežja ni pomembno, ali je prenašani medij govorni klic ali video datoteka. Posledica tega je, da z dodajanjem novih tipov storitev ne potrebujemo nobenih sprememb na omrežju. Govor lahko preprosto integriramo s slikami, videom, internetnim dostopom in drugim. Je preprosto samo še ena dodatna storitev.
- Signalizacija klicev je ortogonalna. V konvencionalnih, vodovno komutiranih omrežjih, je kontrola klicev implementirana s pomočjo centraliziranega sistema. Posledično uvedba nove storitve zahteva modifikacije ali zamenjavo centralne mrežne opreme. Nasprotno se pri IP mrežah kontrola izvaja kot aplikacija, ki lahko teče na

kateri koli standardni računalniški platformi. Nove storitve lahko implementiramo v veliko krajšem času ter z obogateno vsebino.

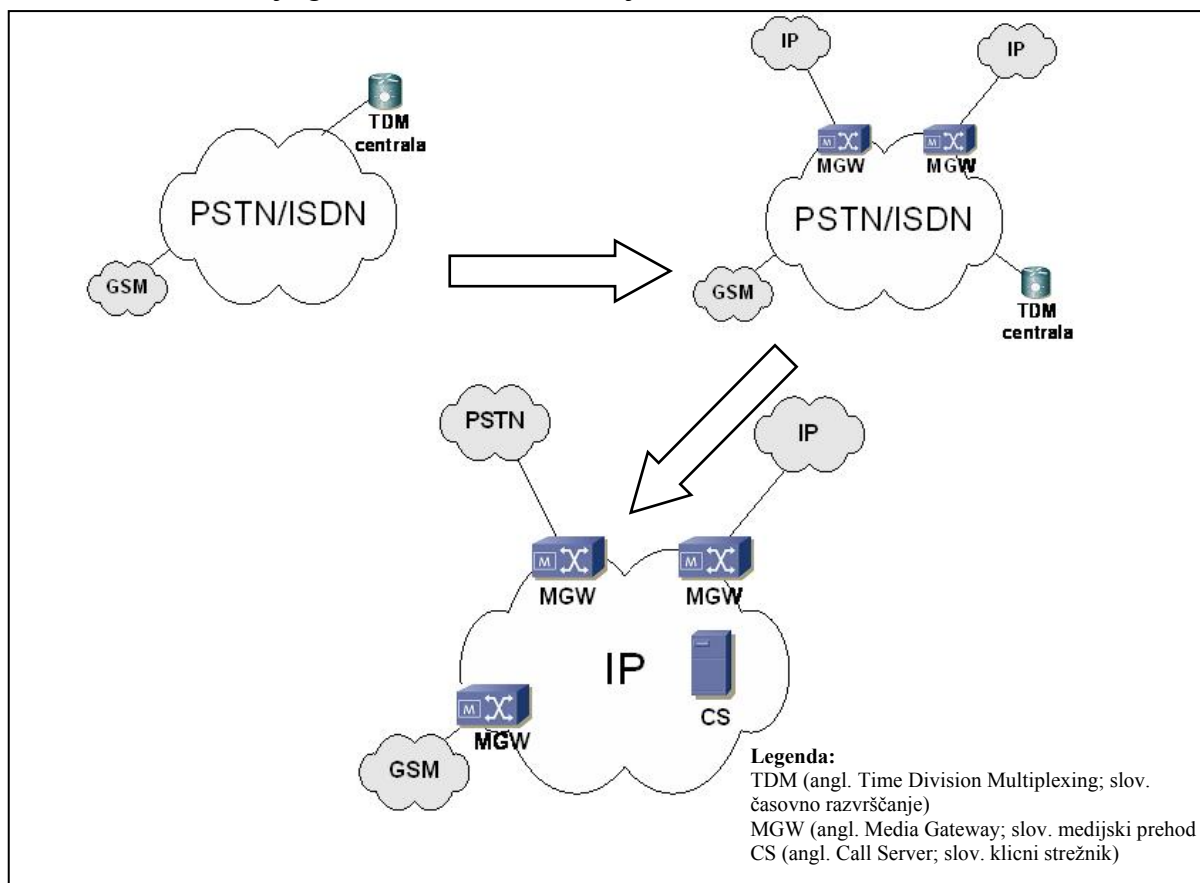
- Vsi komunikacijski protokoli so odprti, kar pomeni, da so standardi v javni domeni in da so standardizacijski procesi odprti za vsakogar, ki želi sodelovati v njihovi definiciji. Največja prednost odprtih standardov je, da so IP omrežja združljiva z različnimi vrstami opreme. IP je torej postal de facto standard za heterogene računalniške mreže.

Končno, IP ponuja možnost razvoja globalnega multimedijskega komunikacijskega sistema, ki bo navsezadnje nadomestil obstoječo komunikacijsko infrastrukturo in razbremenil komunikacijsko industrijo zapuščine vodovno komutirane tehnologije.

### 5.3.3 IP telefonija za poslovne uporabnike

Potek in smernice razvoja poslovnih telekomunikacij nazorno prikazuje slika 13. Kot lahko vidimo, se nekdanj strogo ločena omrežja vse bolj združujejo v enotno omrežje, ki deluje na IP protokolu.

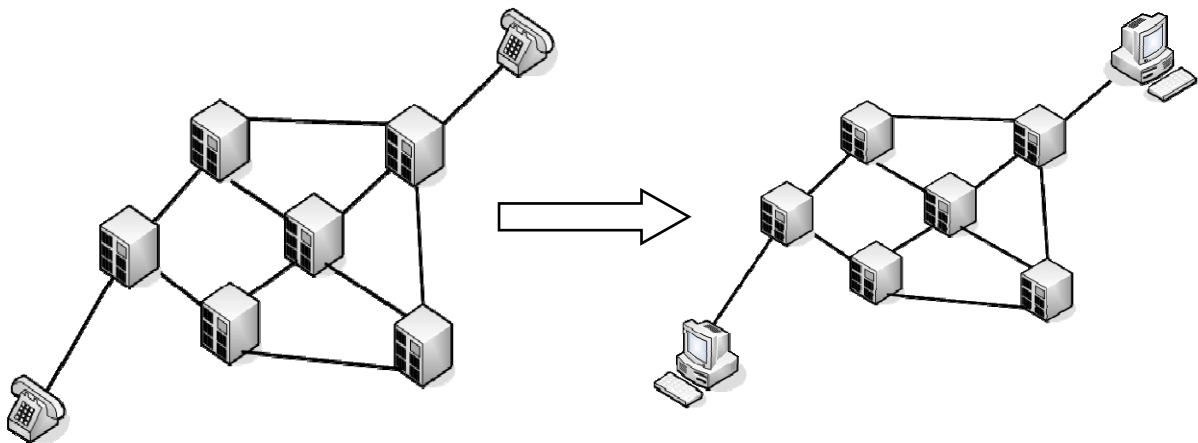
Slika 13: Potek razvoja govornih telekomunikacij



Vir: Telekom Slovenije

Po drugi strani pa se bo vse pogosteje kot terminal uporabljal »pomanjšani« osebni računalnik (slika 14), ki je primerljiv z obliko mobilnega telefona ali dlančnika.

Slika 14: Terminalna oprema v govornih telekomunikacijah



Vir: Telekom Slovenije

Ker se bo praktično celoten govorni promet v bodoče »zlivaval« v IP, bosta kakovost in posledično tudi cena zelo odvisna od QoS, ki ga bo nudil posamezni ponudnik. V IP telefoniji je še precej neznan tudi glede protokolov. Trenutno najboljše kaže protokolu H.323, ki ga je definirala ITU (angl. International Telecommunication Union; slov. mednarodna telekomunikacijska zveza). Znana protokola SIP (angl. Session Initiation Protocol; slov. signalizacijski kontrolni protokol) in Megaco/H.248 pa se zaradi svoje preprostosti, kot kaže, v poslovnem svetu ne bosta uveljavila.

Poglavitne prednosti uvajanja nove tehnologije in novega načina komuniciranja se bodo v podjetjih v bodoče kazale v zniževanju stroškov upravljanja in vzdrževanja omrežja.

Povečala se bo tudi produktivnost zaposlenih:

- en naslov/telefonska številka za vsakega zaposlenega ne glede na geografsko lokacijo,
- konvergentne aplikacije (univerzalno sporočanje, CTI (angl. Computer Telephony Integration), informacija o prisotnosti...),
- integracije z zalednimi aplikacijami.

Če pogledamo še ostale faktorje, vsekakor velja omeniti:

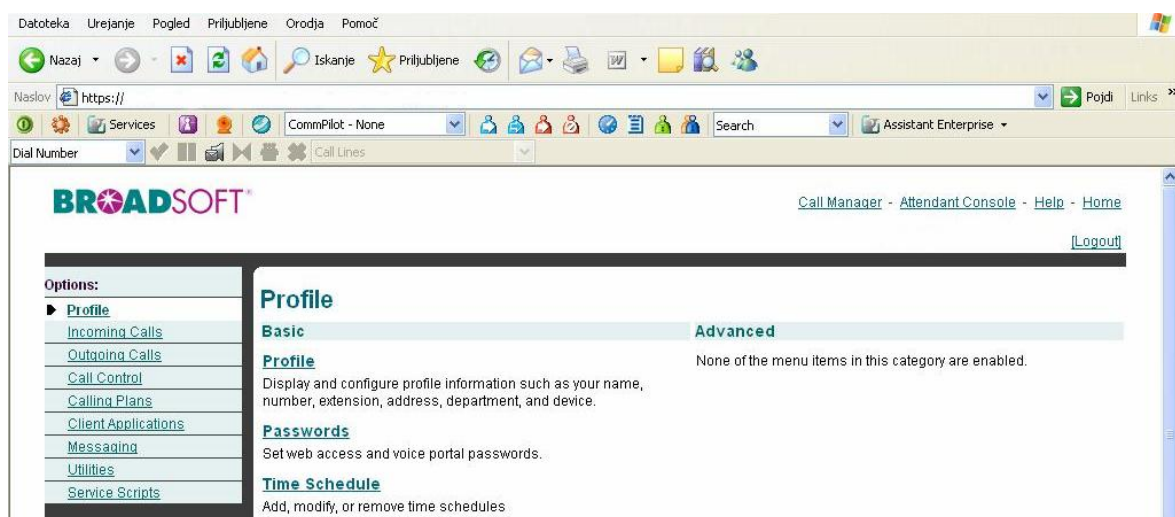
- hitrejši razvoj aplikacij (univerzalni imenik, povezava z MS Outlook, MS Exchange, MS Messenger, "Click-to-dial", spletno upravljanje s storitvami,
- nove možnosti klicnih centrov,
- povečana mobilnost zaposlenih znotraj lokacije,
- povečana geografska mobilnost za organizacijo,
- povečana konkurenčna prednost,
- povečano zadovoljstvo strank.

Ciljni uporabniki, ki bodo v kratkem pristopili k uvajanju nove tehnologije, bodo predvsem:

- hitro rastoča podjetja,
- IT podjetja (tehnološko usmerjena),
- podjetja s povezavami v tujino,
- novogradnje,
- podjetja z dislociranimi enotami,
- uporabniki z lastnimi PBX (ang. Private Branch eXchange; slov. zasebna telefonska centrala) sistemi, ki jim je potekla življenjska doba ali pa prekinjajo pogodbo z vzdrževalcem opreme,
- podjetja, ki so presegla zmogljivosti svoje PBX centrale,
- podjetja, ki prenavljajo svoje LAN/WAN omrežje.

Novost, ki se nam obeta, bo tudi popoln nadzor na svojimi telefonskimi priključki. Uporabnik bo namreč lahko kadar koli preko spletnega portala upravljal s svojim priključkom. Možen bo on line pregled dohodnih, odhodnih ter nedogovorjenih klicev, omejevanje klicev, nastavitve pomožnih aplikacij, glasovnega portala. Podjetja pa bodo imela možnost hierarhičnega dodeljevanje administratorskih pravic za upravljanje.

Slika 15: Aplikacija za upravljanje telefonskega terminala



Vir: Broadsoft

Na sliki 15 in 16 je prikazan del aplikacije za poslovne uporabnike, ki jo ponuja podjetje BroadSoft (uporabniški vmesnik trenutno še ni na voljo v slovenskem jeziku). Kot lahko vidimo, ima naročnik popolni nadzor nad svojim priključkom in ga lahko prilagaja trenutnim zahtevam.

Slika 16: Aplikacija za upravljanje telefonskega terminala

<b>Options:</b> <a href="#">Profile</a> <b>▶ Incoming Calls</b> <a href="#">Outgoing Calls</a> <a href="#">Call Control</a> <a href="#">Calling Plans</a> <a href="#">Client Applications</a> <a href="#">Messaging</a> <a href="#">Utilities</a> <a href="#">Service Scripts</a>	<h2 style="text-align: center;">Incoming Calls</h2> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <p><b>Basic</b></p> <p><b>Anonymous Rejection - Off</b> Prevent a caller from reaching you when the caller has explicitly restricted his/her number.</p> <p><b>Calling Line ID Blocking Override - Off</b> Allows a user to override calling line identity presentation restrictions.</p> <p><b>Calling Name Retrieval - On</b> Provide a caller's name by retrieving the calling name from the network.</p> <p><b>Call Forwarding Always - Off</b> Automatically forward all your incoming calls to a different phone number.</p> <p><b>Call Forwarding Busy - Off</b> Automatically forward your calls to a different phone number when your phone is busy.</p> <p><b>Call Forwarding No Answer - Off</b> Automatically forward your calls to a different phone number when you do not answer your phone after a certain number of rings.</p> <p><b>Call Notify - Off</b> Send an e-mail with the caller's name and number to a specified e-mail address when pre-defined criteria, such as phone number, time of day or day of week, are met.</p> <p><b>Do Not Disturb - Off</b> Automatically forward your calls to your voice messaging service, if configured, otherwise the caller hears a busy tone.</p> <p><b>External Calling Line ID Delivery - On</b> Provides Calling Line ID information of an external caller.</p> <p><b>Internal Calling Line ID Delivery - On</b> Provide Calling Line ID information of group member when called.</p> </div> <div style="width: 48%;"> <p><b>Advanced</b></p> <p><b>Automatic Hold/Retrieve - Off</b> Automatically place incoming calls on hold, or automatically retrieve an held call.</p> <p><b>Alternate Numbers</b> Allow up to ten additional phone numbers and extensions, with each number having a distinctive ringing pattern.</p> <p><b>Call Forwarding Selective - Off</b> Automatically forward your incoming calls to a different phone number when pre-defined criteria, such as the phone number, time of day or day of week, are met.</p> <p><b>CommPilot Express - Off</b> Manage incoming calls based on four pre-configured profiles.</p> <p><b>Custom Ringback User - Off</b> Customize the media ringback to be played to your callers. Different ringbacks may be played, based on pre-defined criteria, such as phone number, time of day or day of week.</p> <p><b>Priority Alert - Off</b> Ring your phone with a distinctive ring when pre-defined criteria, such as phone number, time of day or day of week, are met.</p> <p><b>Selective Acceptance - Off</b> Accept calls when pre-defined criteria, such as phone number, time of day or day of week, are met.</p> <p><b>Selective Rejection - Off</b> Reject calls when pre-defined criteria, such as phone number, time of day or day of week, are met.</p> <p><b>Sequential Ring - Off</b> Ring multiple phones sequentially when calls are received.</p> <p><b>Simultaneous Ring Personal - Off</b> Ring multiple phones simultaneously when calls are received.</p> </div> </div>
--	--

Vir: Broadsoft

Poleg običajnih funkcij, ki jih ponuja klasična telefonska centrala, ponuja IP telefonija mnogo več; omogoča vzpostavljane, uporabo in spremljanje n-uporabniške konference preko internetnega vmesnika, izmenjavo datotek, PIM (angl. Personal Information Manager) integracijo, samodejna e-mail vabila in vnose v Outlook koledar, snemanje in predvajanje konferenc, fiksno-mobilne konvergentne storitve, povezavo z zalednimi aplikacijami ter inteligentne rešitve. Prednost, ki jih ponuja, je tudi ta, da so interni klici znotraj podjetja, ne glede na geografsko lokacijo, brezplačni.

### 5.3.4 Ponudniki IP telefonije

Slovenski nacionalni operater ponuja dva poslovna modela IP telefonije, in sicer poslovni model IP centreks ter poslovni model IP PBX. Slednji se deli na dva podmodela, in sicer najemni, kjer praviloma na lokaciji naročnika postavljeno opremo nadzorujejo in upravljajo strokovnjaki operaterja. Naročnik plačuje le mesečno naročnino. Drugi podmodel je prodajni model IP PBX, kjer naročnik opremo kupi. Z modelom IP PBX nacionalni operater vstopa na trg hišnih central, kar do sedaj ni bila njegova dejavnost. Tako nacionalni operater IP telefonijo nudi na vseh poslovnih tržnih segmentih.

IP telefonija predstavlja zamenjavo obstoječega načina prenosa govora in govornih aplikacij na nov način prenosa govora in govornih aplikacij, ki je izveden preko IP protokola. Zato dodane vrednosti ni.

Dodana vrednost je le v delu aplikacij, ki so namenjene IP telefoniji (npr. centralni imenik, integracija z zalednimi aplikacijami, fiksno-mobilna konvergenca ...).



Oba modela bosta povzročila zmanjšanje obstoječih tržnih deležev govornih storitev (PSTN, ISDN). Poslovni model IP centreks vpliva na število obstoječih klasičnih centreks priključkov, saj se s prehajanjem na IP telefonijo zmanjšuje njihovo število. Glede na trenutne trende se predvideva, da po lansiranju storitve IP telefonije na trg ne bo več novih naročnikov na klasičnem centreks modelu.

Nacionalni operater pričakuje, da bo večino svojih poslovnih naročnikov zajel s poslovnim modelom IP centreks (okoli 80 %). Ta model je glede na velikost in trenutno strukturo trga tudi najustrežnejši. S poslovnim modelom IP PBX pa bo realiziranih približno 20 % uporabnikov, predvsem podjetij, ki so zelo občutljiva na varnost in bodo hotela imeti opremo v svojih prostorih. Ker ta model definira tudi najem IP PBX, so v tem zajeti uporabniki, ki si ne morejo privoščiti lastnega upravljanja in vzdrževanja sistema.

### **5.3.5 Tržni segmenti IP telefonije**

Ciljni uporabniki v začetni fazi uvajanja IP telefonije bodo podjetja, kjer se potrebe generirajo bodisi zaradi organizacijskih sprememb (prevzemi, združevanja, selitve), sprememb v panogi ali vključevanja v globalne povezave ali zaradi same tehnološke osveženosti v podjetju.

Osnovna klasifikacija uporabnikov predvideva delitev na naslednje tržne segmente:

Večji poslovni uporabniki:

- velika podjetja,
- finančni sektor,
- državne ustanove,
- "Hospitality" - hoteli, študentski, dijaški domovi, domovi za starejše občane.

Manjši poslovni uporabniki:

- srednja podjetja,
- majhna podjetja,
- SOHO (angl. Small offices, Home offices; slov. majhne pisarne, domače pisarne),
- delo od doma.

V nadaljevanju je navedenih nekaj pglavitnih prednosti IP telefonije oziroma nabor storitev in ostalih funkcionalnosti:

- povezave dislociranih enot,
- razpoložljivost in varnost,

- funkcionalnost (lokalna mobilnost, integracija z zalednimi aplikacijami, centralni imeniki, tajniške in posredovalne funkcije, uporaba programskih telefonov),
- dopolnilne storitve,
- FAX strežniki,
- klicni centri,
- snemanje pogovorov,
- izpisi klicev po stroškovnih mestih.

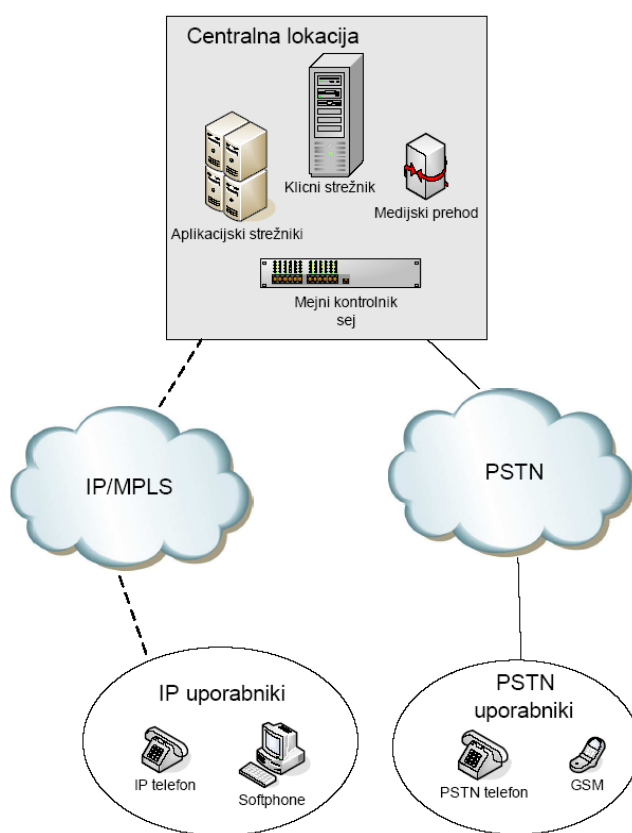
Zaradi tehnoloških zmožnosti IP telefonije lahko pričakujemo, da bodo obnašanja uporabnikov naslednja:

- zahteve po specifičnih rešitvah (zahteva po določeni opremi),
- obstoječi centreks uporabniki bodo imeli potrebo po delnih posodobitvah (stroškovni vidik jim ne omogoča celovitega prehoda),
- podjetja bodo zahtevala sodobne aplikacije, vezane na IP telefonijo (univerzalni imeniki, zaledne aplikacije, kontaktni centri, CRM ...),
- pri odločanju med poslovnimi modeli bo velik poudarek na varnosti,
- večja možnost izbire med konkurenčnimi ponudbami.

### 5.3.6 Poslovni model IP CTX

Poslovni model IP centreks predvideva uvedbo IP telefonije za poslovne uporabnike s centralizirano arhitekturo in klicnim strežnikom (angl. Softswitch) kot glavnim elementom. Oprema je v celoti locirana v prostorih operaterja. Povezave do uporabnikov so izvedene preko IP/MPLS hrbteničnega omrežja. Poslovni model IP centreks omogoča hitro uvedbo rešitve. Ta poslovni model je tudi najugodnejši za ponudnika storitve, saj je oprema na voljo več uporabnikom. Zaračunavanje pri večini ponudnikov IP centreks storitev je danes urejeno po modelu, ki predvideva mesečno pogodbeno naročnino in fleksibilne stroške za dodatne storitve.

Slika 17: Poslovni model IP centreks



Vir: Telekom Slovenije

IP centreks je storitev, ki je popolnoma upravljana s strani ponudnika in združuje že preverjeni funkcionalnosti centreksa z večjim naborom dodatnih storitev. Na strani naročnika je potrebno namestiti končne terminale (ustrezna programska oprema na osebnih računalnikih, IP telefone, analogne telefone), ustrezno povezane v sistem (priključene v ethernet omrežje).

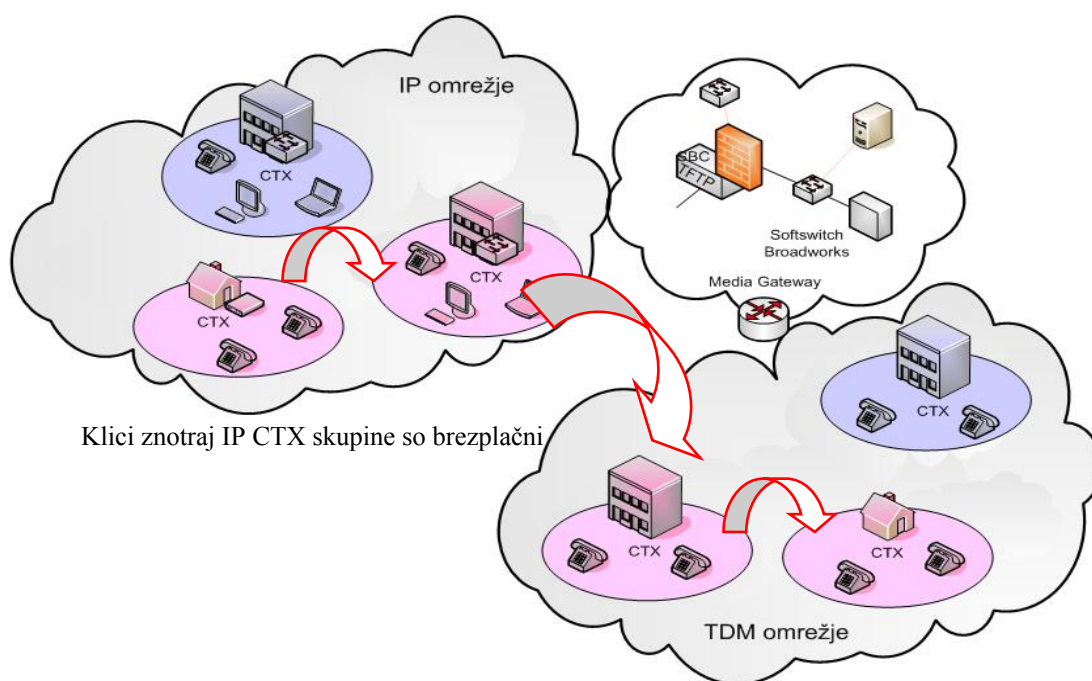
Prednosti, ki jih IP centreks nudi naročnikom, deloma izhajajo iz centreks koncepta, dodatne pa so na voljo tudi nove konvergirane storitve. Naročnikom PSTN in ISDN niso na voljo. Ključne prednosti IP centreksa so:

- konvergenca,

- lokacijska razpršenost (povezovanje geografsko ločenih lokacij v isto IP centreks skupino),
- integracija računalniške telefonije in programskih terminalov,
- boljša odzivnost v povezavi s spremembami,
- tehnološko mešane skupine (storitve so na voljo tako uporabnikom IP terminalov kot uporabnikom klasičnih telefonov).

V splošnem storitev centreks ponuja podjetjem nizke začetne investicije. S stroškovnega vidika in zmogljivostnega stališča je storitev optimalna, saj naročnik plača glede na uporabo. Naročnik lahko kupi točno določeno število linij ter jih po potrebi dodaja ali odvzema brez potrebe po nakupu ali neizkoriščenosti ustrezne omrežne opreme. Prednost, ki jih ponuja IP CTX, je tudi ta, da se interni klici znotraj podjetja, ne glede na geografsko lokacijo, brezplačni.

Slika 18: Primer IP CTX skupine



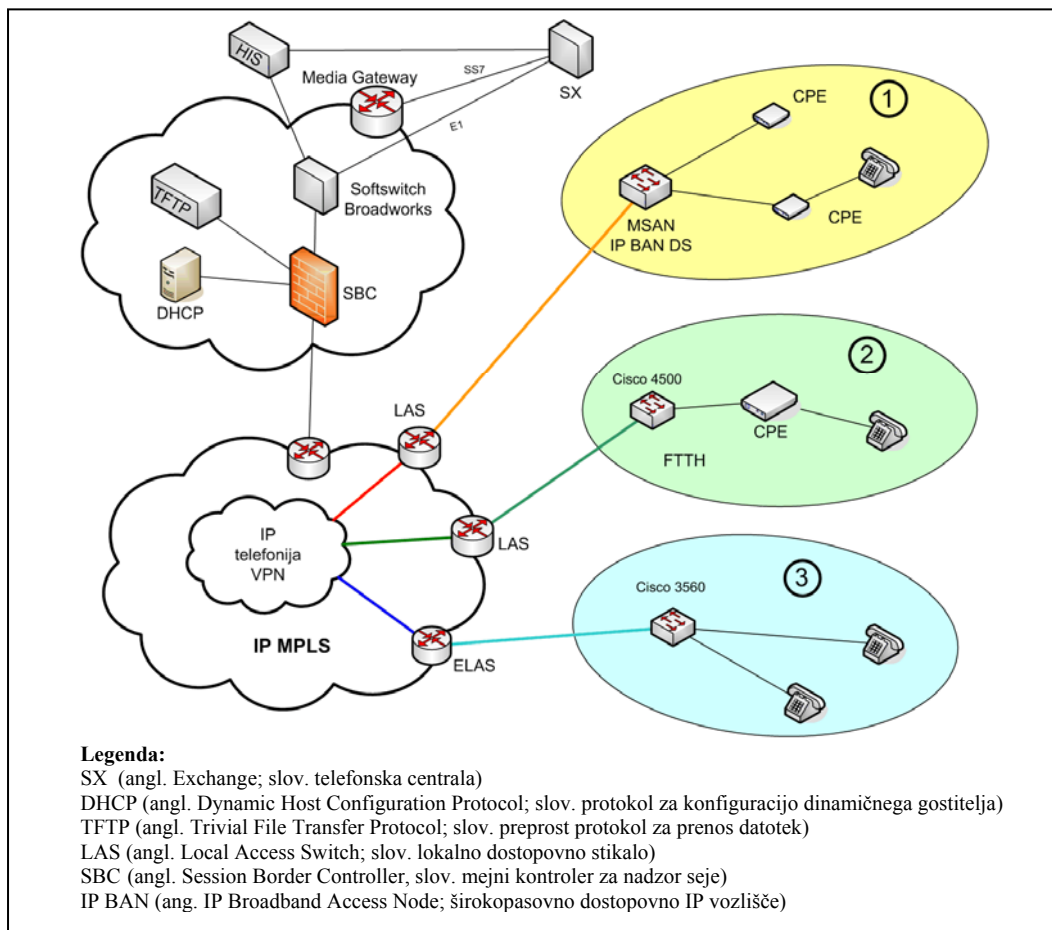
Vir: Telekom Slovenije

IP telefonija bo povzročila zmanjšanje obstoječih tržnih deležev govornih storitev (PSTN, ISDN). Poslovni model IP centreks vpliva na število obstoječih centreks priključkov, saj se z migriranjem na IP telefonijo zmanjšuje njihovo število.

### 5.3.7 Tipični primeri IP CTX telefonije

V nadaljevanju si bomo ogledali najpogostejše primere realizacije IP CTX telefonije (slika 19).

Slika 19: Tipični primeri IP CTX telefonije



Vir: Telekom Slovenije

Jedro omrežje:

- V jedrnem omrežju je kreirana usmerjevalno posredovalna tabela, ki združuje VPN-e za IP telefonijo le-ti se zaključujejo na robnih elementih omrežja, ki takšno zaključitev omogočajo.
- Na elementih, ki zaključevanja VPN ne omogočajo, se le-ti zaključijo na zadnjem elementu, ki to omogoča, nato pa se VPN preslika v VLAN in pelje proti uporabnikom.

Dostop:

Primer dostopa 1:

- IP CTX je realiziran preko xDSL dostopa. Oprema je primerna tipu dostopa (ADSL, ADSL2, VDSL 2).
- DSLAM se vključuje preko lokalnih agregacijskih stikal.

Primer dostopa 2:

- IP CTX je realiziran preko aktivnega optičnega dostopa. Oprema je primerna tipu dostopa in zaključuje optiko na lokaciji uporabnika in nudi podporo kvaliteti storitev.
- Oprema se vključuje na agregacijska stikala LAS, npr. Cisco 4500.

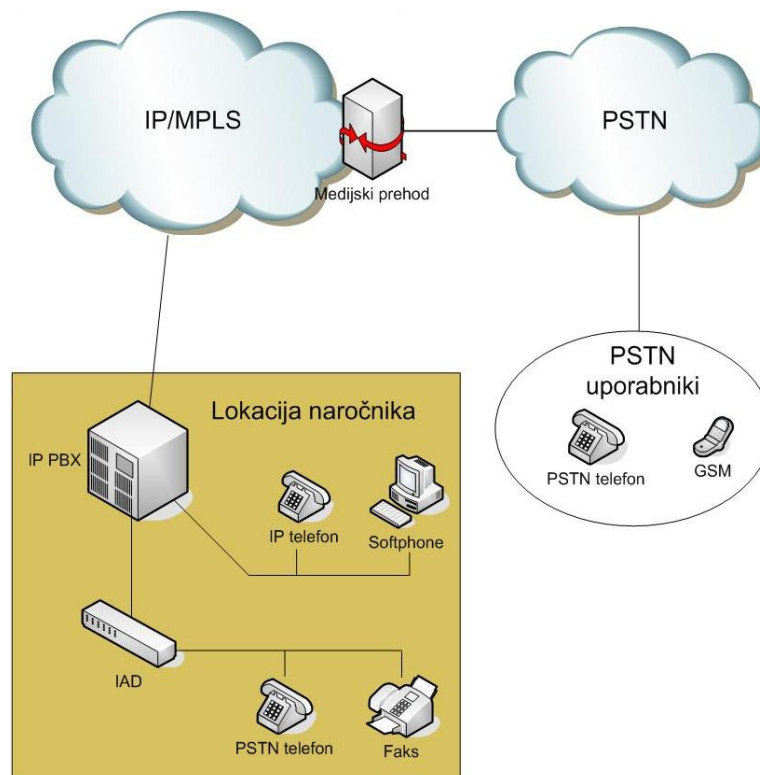
Primer dostopa 3:

- IP CTX je realiziran preko lokalnega agregacijskega stikala. Oprema je primerna tipu dostopa in zaključuje optična vlakna na naročnikovi strani. Oprema je v lasti ponudnika. Standardno se uporablja Cisco 3560.
- Uporabnikova oprema mora podpirati VLAN in PPOE funkcionalnosti.

### 5.3.8 Poslovni model IP PBX

V poslovnem modelu IP PBX (slika 20) ločimo dva podmodela. Prvi predvideva najem IP PBX centrale, drugi pa prodajo IP PBX centrale.

Slika 20: Poslovni model IP PBX



Vir: Telekom Slovenije

## Najem IP PBX

Najemni model IP PBX predvideva vpeljavo IP telefonije v podjetje, pri čemer je oprema v celoti nameščena v samem podjetju. Vzdrževanje in upravljanje sistema opravljajo strokovnjaki operaterja. V tem primeru je oprema v lasti ponudnika, podjetje pa plačuje najem opreme.

Ponudnik storitev mora v tej rešitvi zagotoviti zadostno tehnično znanje zaposlenih, saj mora zadostiti vsem dejavnikom, ki so za uspešno delovanje poslovnega okolja neizogibno potrebni.

## Prodaja IP PBX

Prodajni model IP PBX predvideva vpeljavo IP telefonije v podjetje, pri čemer je oprema nameščena v podjetju samem. Lastnik opreme je naročnik, ki obenem izvaja tudi celovit nadzor nad delovanjem sistema. Na ta način ima podjetje popoln nadzor nad zmogljivostjo in delovanjem opreme. Operater je v vlogi prodajalca opreme.

Za podjetje ta model pomeni večje začetne stroške, saj je poleg nabave opreme potrebno izobraziti ustrezen kader za nemoteno delovanje sistema.

### **5.3.9 Uvajanje IP telefonije**

Strateška odločitev, kot jo predstavlja uvedba VoIP v podjetje, zahteva enako pozornost, kot katera koli druga pomembna sprememba na področju IT tehnologije. Potrebno je oceniti potrebe podjetja, narediti inventuro trenutnega stanja in virov, sprejeti odločitev o smeri razvoja in jo argumentirati s potrebnimi analizami. Šele takrat se lahko podamo na pot načrtovanja spremembe in iskanja najboljših tehnoloških rešitev ter ponudnika. Priporočljivo je izvesti pilotski projekt v manjšem obsegu ali na določenem delu podjetja, saj vsako ubiranje bližnjic lahko vodi v neuspeh.

Po drugi strani moramo biti pripravljeni na kompromise, saj VoIP tehnologija ne prinaša zgolj prednosti. Zato moramo natančno vedeti, kaj želimo z njeno uporabo doseči in na katerih področjih smo pripravljeni sprejeti njene slabosti. Predvsem pa se je potrebno seznaniti s principi sožitja govornega in podatkovnega prometa. Slednji lahko predstavlja konec uporabe dveh ločenih komunikacijskih omrežij v podjetjih.

Nove VoIP aplikacije trenutno v široki uporabi še nimajo prave bistvene aplikacije.

Za bistveno aplikacijo (angl. killer-application) lahko smatramo aplikacijo, ki bi z lahkoto nadzorovala prisotnost. Že sedaj lahko vidimo, kako v primeru takojšnjega sporočanja najbolj osnoven prikaz prisotnosti veliko pomeni. Če pa bi zlahka nadzoroval, kako in kdaj nas lahko ljudje pokličejo, bi uporabniki videli moč komunikacij IP. To bo takrat, ko bodo ljudje, ki ne vedo ničesar o komunikacijah IP, lahko preprosto spreminjali obnašanje komunikacijskih naprav. Kot primer lahko vzamemo program, ki bo ob pomoči senzorjev presodil kakšno pomembnost ima delo, ki ga trenutno opravljamo (npr. tipkanje po tipkovnici, delo z miško,...) in se na podlagi tega odločil, kako bo klicočemu prikazal mojo prisotnost oziroma kako bo usmeril njihov dohodni klic.

Ko bodo uporabniki videli lastnosti, ki jih želijo, si bodo pridobili infrastrukturo, ki jim bo to omogočila. To je definicija bistvene aplikacije. Z drugimi besedami, ljudje želijo uporabljati takšne telekomunikacije, ki jim bodo naredile življenje lažje in čim bolj udobno.

#### **5.4 Zahteve za omrežja prihodnjih generacij NGN (Next Generation network)**

Od omrežij prihodnje generacije pričakujemo veliko. Zagotavljati morajo vsaj toliko, kot nam nudijo sedanja omrežja skupaj. Hkrati pa naj bodo veliko hitrejša in naj nudijo nove storitve. Ker ne bodo nadomestila obstoječih omrežij naenkrat, ampak počasi, morajo sodelovati z vsemi obstoječimi omrežji. Na vprašanja, kako vse to doseči in ali je res zlivanje omrežij v paketno omrežje IP prihodnje generacije edina možnost, bomo skušali najti odgovor v tem razdelku. Na tehnologijo IP z vsemi njenimi rezultati gledamo kot na zdravilo za vse bolezni, ki bi jih razvoj bodoče globalne in univerzalne informacijske infrastrukture prinesel. Zagovorniki tega pogleda pravijo: vse čez IP in IP čez vse. To se lahko poimenuje kar sindrom IP. Preveč se povečuje internet in IP. Res je tudi, da so kritike čez reguliran in tehnološko pogojen razvoj telekomunikacijske infrastrukture osnovane. ISDN je prodiral veliko prepočasi, B-ISDN (angl. Broadband ISDN; slov. širokopasovni ISDN) pa sploh ni prisoten. Vse preveč se je gledalo na koncepte in tehnologijo, premalo pa se je izpolnjevalo zahteve na področju storitev in aplikacij. Usmeritev je bila v kako in ne zakaj in za koga.

Pred dobrim desetletjem je prišlo do množične uporabe interneta, ki je ponudila svoje rešitve tako učinkovito in tako zagnano, da se res težko upremo vtisu, da je internet kraljevska pot do univerzalne informacijske infrastrukture oz. omrežja prihodne generacije. Naslednja stvar, ki jo običajno omenjamo, je ta, da podatkovni promet tako narašča, da bo govorni promet kmalu zanemarljivo majhen in se ga bo z malo truda lahko v celoti pripojilo k podatkovnemu prometu. Iz tega tudi sledi, da bo »drugi svet« (PSTN, ISDN) kmalu opuščen in zamenjan s transportom, temelječim na IP. Ta argument je logičen, vendar le na podlagi, da domnevo vzamemo za upravičeno. To pa je le, dokler pod izrazom podatki razumemo informacijske pretoke, povezane s storitvami in aplikacijami, po naravi podobnimi, kot so sedaj v internetu. Torej predvsem s komunikacijami človek - stroj. Zabava, izobraževanje, e-trgovina in veliko drugih aplikacij pa bodo potrebovale neposredno komunikacijo med ljudmi tako, da se bomo istočasno videli. Video bo verjetno prevladoval kot multimedijski promet velike bitne hitrosti. Če temu tudi rečemo prenos podatkov, to nima smisla, saj potem lahko to rečemo vsakemu prometu. Zaradi svoje zgodovinske povezanosti z aplikacijami v računalniških omrežjih nas lahko izraz prenos podatkov takoj zavede. Ta interpretacija mnoge vodi v sklep, da so računalniška omrežja, še posebej omrežja IP, očiten odgovor na zahteve NGN (angl. Next Generation network; slov. omrežje prihodnje generacije).

Kaj se bo dogajalo v bolj oddaljeni prihodnosti? Tega si ne upa nihče z gotovostjo napovedovati. Razvoj na področju IT je tako hiter, da je strateško načrtovanje praktično omejeno na obete prihodnjega leta. Oddaljena prihodnost "ne obstaja". Če pustimo ob strani trg in psihološke pojave in se usmerimo le na tehnologijo IP, vidimo, da je »vse« mogoče, da lahko omrežja izboljšamo in izpopolnimo. Žal to ni lahko delo, kar lahko vidimo pri uvajanju IP verzije 6. Problemi so podobni, kot so bili že pri razvijanju omrežij B-ISDN in ATM.

Kompleksnost upravljanja s podatkovnimi omrežji raste. V telefonskem svetu, kjer je bilo potrebno upravljati le s govornim prometom, je to šlo relativno dobro. Na omrežja prihodnje generacije je potrebno gledati s stališča, da morajo zagotavljati učinkovito upravljanje, ter omogočati ustrezno zaračunavanje glede na kakovost storitve.



Pri omrežjih prihodnje generacije gre za premik storitev na robove omrežja in njihova ločitev od preprostega transportnega omrežja. Tako omogočimo hitre spremembe v storitvah. V preteklosti so bile storitve zapečene v omrežju in jih je bilo možno spreminjati le s standardizacijo, dolgotrajnim načrtovanjem in velikimi vlaganji.

Kaj se nam obeta v prihodnje? Vztrajanje pri IP in ATM vodi v preobremenjevanje omrežij s storitvami, da bi podaljšali življenje tehnologijam, ki bodo kmalu zamrle. Če dodamo kompleksnost omrežij IP, to ne bo več preprosti internet. Toge ATM celice pa tudi kmalu ne bodo več utegnile slediti potrebam novih storitev.

IP se prenaša oziroma se bo v bodoče prenašal skoraj izključno prek optičnih DWDM (angl. Dense Wavelength Division Multiplexing slov. multipleksiranje na osnovi valovnih dolžin) sistemov. To sicer gre, problem pa se pojavi, ker je potrebno funkcionalnost teh nivojev nekje implementirati. Napačno je misliti, da bo šlo v velikih omrežjih brez definirane razstavitve kanalov velikih zmogljivosti v hierarhijo kanalov manjših zmogljivosti. Le tako je mogoče upravljati z omrežji. Če zagovarjamo preprostost IP in učinkovitost, so to stvari, ki so zlahka dosegljive le, če gledamo promet, ki je najboljši mogoč (angl. best effort) in ne nudi zagotovljene kakovosti. Vedno je prisotna možnost, da na račun nezahtevnosti komunikacijskih protokolov zagotovimo kakovost z večjo pasovno širino in se tako izognemo potrebi po postopkih za upravljanje s prometom. Za zdaj to gre, ker hitrost v hrbtnici raste hitreje kot hitrost procesiranja v vozliščih.

Iz vsega tega lahko sklepamo, da je kratkoročno zlivanje na IP edina možna pot, vendar v prihodnosti pričakujemo nekaj več. Tehnologijo, ki bo potegnila najboljše lastnosti iz IP, ATM in TDM. Upamo lahko le, da to ni več daleč, saj je možno, da bomo sčasoma pozabili, da IP ni najboljše, kar je možno, in bomo zadovoljni z njegovimi omejitvami. Tak scenarij ni nemogoč, saj kaže, da Gresham-Kopernikov zakon velja tudi za trg komunikacijskih storitev.

Gresham-Kopernikov zakon je v osnovi zakon tržne ekonomije, ki pravi, da se noben izdelek ne uporabi za namen, za katerega je znano, da mu služi tudi nek cenejši izdelek. Če ta zakon uporabimo na denarju: če država izda dve vrsti kovancev, vrednejše zlatnike in cenejše srebrnike in jim izenači tržno vrednost, bodo ljudje kopicili zlatnike in uporabljali srebrnike. Tako bo slabši denar izpodrinil boljšega ...

V zlitih omrežjih tako lahko npr. manj kakovostne storitve VoIP izrinejo kakovostne tradicionalne telefonske storitve. Sicer tega zakona tu ne moremo uporabiti neposredno, pa vendar je to mogoče. Uporabniki ne bodo pripravljeni plačevati več, če lahko isto ali podobno stvar dobijo ceneje.

## **5.5 Konvergenca v mobilnih omrežjih**

Mobilni terminal postaja vse bolj osebni terminal, ki je lahko vedno pri uporabniku in omogoča stalne komunikacije kjer koli se uporabnik nahaja. Mobilnost se je v zadnjih letih strmo povzpela, število uporabnikov pa vse bolj narašča. Uporabniki zahtevajo predvsem mobilnost v globalnih okvirih, poleg tega primerne hitrosti prenosa, potrebne za multimedijske aplikacije, večjo elastično storitev ter seveda primerne cene za podane zahteve.

Pojem mobilnosti ima več plet: od prenosljivosti, kjer sprememba lokacije med prenosom ni možna, do možnosti komuniciranja med hitrim gibanjem. Dolgoročni cilj širokopasovnih mobilnih komunikacij je zagotoviti globalno multimedijsko mobilnost GMM (angl. Global

Multimedia Mobility). Tu ni mišljen povsem nov sistem, ampak kombinacija različnih obstoječih in novih sistemov.

Testni sistemi tretje generacije mobilne telefonije že ponujajo široko paleto konvergenčnih dodatnih storitev: od zvoka do visoko zmogljive interaktivne multimedije.

Trenutni sistemi tretji generaciji ne vsebujejo lastnosti usklajenega sistema, saj akterji niso uspeli uskladiti enotnega standarda za zemeljski del sistema. Sprejeli so pet različnih predlogov, ki pa so v splošnem med seboj nezdržljivi. Zaplete se tudi pri uvedbi univerzalnega terminala, ki bo poskušal zagotoviti nemoteno prehajanje med temi sistemi. Vso to zmedo in nejasnost, predvsem pa usklajenost, naj bi ponudila vizija sistema četrte generacije mobilnih sistemov (4G), ki naj bi v komercialno uporabo po trenutnih načrtih prišla okoli leta 2010. Gre za visoko zmogljiv celični mobilni sistem s hitrostjo prenosa v prvi fazi do 20 Mb/s oziroma okoli 2 Mb/s za premikajoča se vozila.

Druga faza naj bi omogočala prenosne hitrosti med 50 in 200 Mb/s. Gledano s stališča celotne četrte generacije mobilnih sistemov se bodo prenosne hitrosti gibale med 2 in 600 Mb/s. Tako velike hitrosti prenosa opravičuje napoved o neverjetni eksponentni rasti interneta ter podatkovnih storitev v naslednjih letih.

Storitve in vsebine, uvedene s tretjo generacijo, bodo v četrti generaciji že same po sebi umevne. To so visoke podatkovne hitrosti, združljive z multimedijskimi aplikacijami, usklajenost med različnimi omrežnimi strukturami ter globalni roaming.

Poglejmo si torej nekaj splošnih vizij storitev in aplikacij v četrti generaciji širokopasovnih telekomunikacijskih sistemov:

- Geografske aplikacije bodo kombinacija ali bolje rečeno konvergenca sistemov GPS, geografskega informacijskega sistema GIS (angl. Geographical Information System) in brezžičnih mobilnih sistemov. Možne bodo tudi aplikacije, ki se nanašajo na geoprocesiranje.
- Storitve navidezne navigacije se bo v bodoče precej razlikovala od sedanje. Poglavitna sprememba bo, da bodo podatki kazali trenutno stanje na cestah, nas opozarjali na nevarnosti v realnem času, npr. na nasproti vozeča vozila, napake, zastoje ipd.
- Nadgradnja obstoječe telemedicine bo omogočala lokalno in tudi globalno oskrbovanje žrtev prometnih nesreč. Ob morebitni avtomobilski nesreči se bo glede na aktivirane zračne blazine ter glede na deformacijo avtomobila (ob morebitnem prevračanju) avtomatsko vzpostavil kontakt s centrom za obveščanje, kamor bodo prišli točni grafični podatki o lokaciji nesreče. Urgentni zdravnik na terenu bo s pomočjo videokonferenčnega sistema komuniciral s kirurgom v oddaljeni bolnišnici ter se po nasvetu kirurga odločal o nadaljnji oskrbi.
- Učenje preko interneta bo v razvitem svetu že močno razvejano. Opazna bo razširitev učenja preko interneta v nenaseljenih območjih ter v nerazvitem svetu, kjer še vedno ne bo ožičenega omrežja. Omogočen bo cenejši dostop preko mobilnih omrežjih, saj bodo širokopasovne brezžične komunikacije cenovno privlačnejša alternativa v primerjavi z gradnjo žičnega omrežja.

- Ob velikih naravnih katastrofah, ko je celotno žično telekomunikacijsko omrežje neuporabno, bo potrebno v krizni situaciji takoj vzpostaviti komunikacije s pomočjo mobilnih povezav.

S četrto generacijo mobilnih sistemov se aktivno ukvarjajo mnoge institucije ter razni forumi, saj se še usklajujejo mnenja ter predlogi, predvsem pa standardi in priporočila o novem vsemobilnem sistemu. Dejavní so industrija ter razvijalci aplikacij, ki nenehno iščejo nove vsebine za širok krog uporabnikov.

Z uvedbo novega zlitega telekomunikacijskega sistema bo potrebno močno poseči tudi na področje samih terminalov, kajti višja podatkovna hitrost in večja pasovna širina ne pomenita tudi večje kapacitete. Ni namreč jasno, kako definirati vire sistema za oskrbovanje tako različnih tipov prometa. Tudi majhne moči samih terminalov še ne pomenijo zagotavljanja velikih podatkovnih hitrosti.

## **5.6 Družbeno ekonomski vpliv konvergence omrežij**

V konkurenčnem svetu ni več samo izdelkov, ampak skušajo ponudniki prepričati kupce z razumno kombinacijo tehnoloških in poslovnih argumentov.

V devetdesetih letih se je z razmahom uporabe interneta zdelo, da bodo ponudniki storitev lahko služili kot ponudniki dostopa do interneta. Potem pa so spoznali, da s tem ne morejo dobiti veliko denarja, ker uporabniki preprosto niso pripravljeni plačati veliko.

Za ponudnike zlitih omrežij je pomembno to, da nudijo celovite rešitve. Kupci namreč vedo, kako zapleteno je, če kombinirajo uporabo storitev pri različnih ponudnikih. Težave so lahko pojavijo pri upravljanju sistema in zagotavljanju združljivosti med elementi.

Novost je tudi v zaračunavanju storitev. V zlitih omrežjih gre trend zaračunavanja predvsem v smeri nivoja storitve, kakovosti ter pogodbeno določene pasovne širine.

Večina IT analiz v svetu je usmerjena v tehnološko razvito družbo v Evropi, Aziji ali ZDA. Če gledamo globalno in se zavemo, da večina ljudi še nikoli ni uporabljala telefon, ali pa da je kljub velikemu številu računalnikov, priključenih v internet le majhen odstotek človeštva, se lahko zamislimo. Ocene Interent World Stats kažejo, da trenutno le okoli 17 % svetovnega prebivalstva uporablja internet.

Žal zlivanje omrežij problema ločevanja na tiste, ki imajo, in na tiste, ki nimajo, ne more rešiti. Ponudniki namreč ne razmišljajo, da bi prodajali nekemu, za katerega vedo, da jim bo težko plačal. Investitorji hočejo videti trden poslovni načrt, ki jim pove, kdaj se bo vlaganje povrnilo.

## 5.7 Internet prihodnje generacije

Internet prihodnje generacije NGI (angl. Next Generation Internet) pomeni zelo veliko stvari. V osnovi je to nadaljevanje interneta, kot ga poznamo sedaj; internet kot omrežje omrežij. Vendar NGI nudi nekaj več. Odlično bi podpiral multimedijske aplikacije, imel na voljo velike pasovne širine, temeljil na IP verzije 6, omogočal zelo varno poslovanje, zanesljivost, zagotovljeno kakovost storitev, inteligentno preskrbo z vsebinami ...

Če pogledamo v prihodnost interneta bolj s filozofske plati, bi lahko internet primerjali z možgani. V članku Smernice razvoja spleta avtor Tomislav Rozman razmišlja o analogijah med spletom in možgani. O tem, kako bodo ljudje vse bolj povezani z internetom in ko se bo meja med človeškimi možgani in elektronskim omrežjem zbrisala, se bodo ob smrti človeka prenesla njegove misli in njegova bit v omrežje, kjer bo živel naprej.

Mislím, da to še ne bo kmalu in da je človek veliko več kot skupek misli. Vendar je to ideja, ki jo za zdaj lahko gledamo v znanstvenofantastičnih filmih, nekoč pa se bo mogoče uresničila. Strinjam pa se, da bo splet lahko postal skladišče vsega človekovega znanja in čudovita možnost, da do znanja dostopamo, ga na različne načine preiskujemo in uporabimo. Kot pomoč so lahko inteligentni agenti, programi, ki nam na naša vprašanja poiščejo odgovore.

Ko bodo vsi človekovi čuti dobivali enako stimulacijo kot sedaj v realnem svetu, se bomo mogoče res preselili v nekakšen navidezni svet, podprt z internetom »zadnje« generacije.

## 6 SKLEP

Širokopasovna dostopovna podatkovna omrežja bodo v bližnji prihodnosti postala nekaj povsem običajnega in bodo na voljo slehernemu uporabniku. Zato bodo v novem »tekmovalnem« internetnem okolju doživele velik razcvet storitve z dodano vrednostjo. Najbolj dobičkonosne bodo storitve z dodano vrednostjo, ki bodo temeljile na širokopasovni arhitekturi, podprti z evolucijo optičnega omrežja.

Velik poudarek bo predvsem na konvergenci omrežij. Z izrazom konvergenca omrežij v splošnem označujemo združevanje oz. približevanje obstoječih omrežij za prenos govora, omrežij za prenos podatkov in radio-difuzijskega omrežja. Gre torej za približevanje telefonskega, radijsko-televizijskega in različnih vrst podatkovnih omrežij. Konvergenca omrežij spremlja tudi integracija ali zlivanje storitev, oboje pa predstavlja eno od najpomembnejših tendenc globalnega razvoja telekomunikacij. Ponudniki bodo na istem priključku ponujali govorno storitev, hiter dostop do interneta, video na zahtevo in TV programe z možnostjo časovnega zamikanja oddaj. To je le nekaj možnosti, ki jih poznamo danes. V bodoče bodo telekomunikacijske storitve omejene samo še s človeško domišljijo.

Pri uvajanju novih tehnologij prenosa podatkov je potrebno izpolnjevati predvsem sledeče zahteve:

- storitev mora izpolnjevati uporabnikova pričakovanja (zahteve),
- zagotavljati mora enostavno montažo in konfiguracijo,
- cenovna politika mora temeljiti na realnih ocenah, koliko je uporabnik pripravljen plačati za storitve,
- storitve morajo biti dosegljive v območjih z visokim potencialom,
- uporabniki morajo biti dobro obveščeni o storitvah.

Potrebe uporabnikov po večji hitrosti prenosa informacije naraščajo iz dneva v dan. Operaterji sledijo potrebam z vpeljavo sodobnih omrežnih tehnologij.

In kaj v prihodnosti? Trend je nedvoumno jasen: vpeljava mehanizmov kakovosti v IP, njegovo hitro procesiranje in selitev tehnologij iz LAN okolja v WAN okolje. Na hrbteničnem in deloma distribucijskem sloju bo vlogo na višjih slojih prevzela MPLS tehnologija, na nižjih slojih pa bo vedno večjo veljavo pridobivala WDM tehnologija.

Za zaključek lahko omenimo le še misel, da je hiter razvoj podatkovnih omrežij z najnovejšimi tehnologijami že prehitel razvoj storitev.

## 7 LITERATURA

1. Anžič Janez: Širokopasovno omrežje ATM. Ljubljana: Telekom Slovenije d.d., 2003. 212 str.
2. Austin Robert Daniel: The broadband explosion: Leading thinkers on the promise of a truly interactive world. Boston : Harvard Business School Press, 2005. 371 str.
3. Batagelj, B: Optične komunikacije. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko, 2003
4. Bates Regis J: Broadband telecommunications handbook. New York: McGraw-Hill 2002. 805 str.
5. Bingham A. C. John: ADSL, VDSL, and Multicarrier Modulation, John Wiley & Sons, Inc. 2000. 302 str.
6. Burger Miha, Bešter Janez: Konvergenčne telekomunikacijske storitve. Ljubljana: M. Burger, 2003. 104 str.
7. Bešter Janez: Zlivanje telekomunikacijskih omrežij in storitev. Ljubljana: Elektrotehniška zveza Slovenije, 1998. 111 str.
8. Bradeško Marjan, Fele Boštjan: Uvajanje novih storitev v Telekomu Slovenije. Ljubljana: Telekom Slovenije, 2004. 158 str.
9. Čarman Uroš, Tehnologije in storitve hitrih digitalnih naročniških vodov. Ljubljana: U. Čarman 2006. 59 str.
10. Deepak Pareek: The business of WiMAX, John Wiley & Sons, 2006. 328 str.
11. Eastwood Gary: The Top 10 telecoms operators: Transformation, growth and convergence in the leading players. London : Business Insights, 2006. 204 str.
12. Gabrijelčič Primož: Do 8 megabitov in naprej. Ljubljana, Monitor, 2005, 11, str. 42-43.
13. Gagnaire Maurice: Broadband local loops for high-speed Internet access. Boston Artech House 2003. 419 str.
14. Gričar Jože, Sandi Jordan, Uroš Hribar: Tretje posvetovanje diplomantov in magistrantov s področja elektronskega poslovanja. Naklo, 2001. 120 str.
15. Grover D. Wayne: Mesh-Based Survivable Networks, Prentice Hall PTR, 2003. 880 str.
16. Harte Lawrence: Delivering xDSL. New York: McGraw-Hill 2001. 284 str.
17. Klememčič Tomaž, Kos Andrej: Prenos govornega prometa preko omrežij WiMAX. Ljubljana: T.Klemenčič, 2006. 76 str.
18. Lin Chinlon: Broadband optical access networks and fiber-to-the-home systems technologies and deployment strategies, Chichester: John Wiley & Sons, Inc. 2006. 302 str.
19. Longo John: VOIP peering & the future of telecom network interconnection. New York: Heavy Reading, 2006. 92 str.
20. M Shakeel Baig: Signal Processing Requirements for WiMAX (802.16e) Base Station. Göteborg, Chalmers University of Technology, 2005. 75 str.
21. Ohrtman Frank: WiMAX handbook: building 802.16 wireless network. New York: McGraw-Hill, 2005. 261 str.
22. Ohrtman Frank: Softswitch: architecture for VoIP. New York: McGraw-Hill, 2003. 359 str.
23. Osredkar Roman: Zlivanje telekomunikacijskih omrežij. Ljubljana: R. Oredkar, 2002. 147 str.
24. Paolini Monica: Wi-Fi, WiMAX and 802.20 the disruptive potential of wireless broadband. Ledbury: BWCS, 2004. 83 str.
25. Padmanand Warriar, Kumar Balaji: xDSL architecture. New York: McGraw-Hill 2000. 469 str.

26. Pogačnik Matjaž: Tehnologije xDSL, ADSL in meritve v testnem omrežju ADSL. Ljubljana: Telekom Slovenije d.d., 2003.
27. Pogačnik Matjaž, Penko Gorazd, Kolar Matjaž: Tehnologija xDSL za prodajo. Ljubljana: Telekom Slovenije d. d., 2004. 98 str.
28. Salkintzis Apostolis K.: Emerging wireless multimedia services and technologies Chichester, Hoboken. New York: John Wiley & Sons, 2005. 433 str.
29. Shepard Steven: WiMAX crash course. New York: McGraw-Hill, 2006. 339 str.
30. Starr Thomas: DSL advances, Upper Saddle River: Prentice Hall Professional Tecnical Reference, 2003. 551 str.
31. Sweeney Daniel: WiMAX Operators Manual Bulding 802.16 Wireless Networks, Apress 2004. 256 str.
32. Štular Mitja, Umek Anton, Leonardis Savo: Tehnologija dostopovnih omrežij v informacijsko povezani družbi. Ljubljana: Elektrotehniška zveza Slovenije, 2000. 108 str.
33. Vivek Alwayn: Advanced MPLS Design and Implementation, Indianapolis: Cisco Press, 2002. 378 str.
34. Vrbinc Franc: Slovar tujk, 7. izdaja. Ljubljana: Cankarjeva založba, 1982. 770 str.
35. Tafazolli Rahim: Technologies for the wireless future, Chichester: Wiley, 2005. 547 str.
36. Zink Michael: Scalable video on demand: adaptive internet-based distribution, Chichester: J. Wiley & Sons 2005. 264 str.

## 8 VIRI

1. 802.16TM, IEEE Standard for Local and metropolitan area networks, Part 16: Air Interface for FixedBroadband Wireless Access Systems, IEEE Computer Society and the IEEE Microwave Theory and Techniques Society, IEEE, Inc., New York, October 2004, [URL: <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.16-2004.pdf>].2004
2. Broadband services: bussines models and technologies for community networksChichester, West Sussex, England, Hoboken, New York: John Wiley & Sons, [URL:<http://www.loc.gov/catdir/toc/ecip051/2004022888.html>]. 2005
3. C. Eklund, R. B. Marks, K. L. Stanwood, S. Wang: IEEE Standard 802.16: A Technical Overview of the WirelessMANTM Air Interface for Broadband Wireless Access, June 2002, [URL [http://wirelessman.org/docs/02/C80216-02\\_05.pdf](http://wirelessman.org/docs/02/C80216-02_05.pdf)].
4. Europe Telecom Services, WiMAX & family: threats and opportunities, Goldman Sachs Global Investment Research [URL: <http://www.gs.com/research/>], 7.9. 2004
5. Intelektalna lastnina širokopasovnih komunikacij.[URL: <http://www.aware.com/products/DSUvds12.pdf>], 18.10.2006
6. Intel Technology Journal, WiMAX, Volume 08, Issue 03, str. 173-258, [URL: [http://developer.intel.com/technology/itj/2004/volume08issue03/vol8\\_iss03.pdf](http://developer.intel.com/technology/itj/2004/volume08issue03/vol8_iss03.pdf)], August 2006
7. K-Best Technology Inc [URL: <http://www.kbest.com.tw/Solution.asp>], 25.2.2007
8. S. Ramachandran, Link Adaptation Algorithm and Metric for IEEE Standard 802.16, Blacksburg, Virginia, February2004, [URL: <http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-022720041332011unrestrictedlramachandran-thesis.pdf>].2004
9. Open Standard for Broadband Wireless Networks, Wi-Fi and WiMAX: Tropos network [URL:<http://www.tropos.com>], Oktober 2004
10. PLC, Power Line Communication,OPERA IST. [URL: <http://www.ist-opera.org>], 20.1. 2007.
11. Predstavitvena mapa IP Centreks in IP PBX, Ljubljana: Telekom Slovenije, 2007. 26 str
12. Proxim Wireless Innovation: Delivering seamless Mobility with 802.11 and 802.16. [URL:<http://www.proxim.com>], junij 2004
13. Ministrstvo za informacijsko družbo, Strategija razvoja širokopasovnih omrežij v Sloveniji[URL:[http://mid.gov.si/mid/mid.nsf/V/K4E44AB0FC848C3C5C1256F18004BED88/\\$file/SRSPO\\_RS\\_vlada\\_23092004.pdf](http://mid.gov.si/mid/mid.nsf/V/K4E44AB0FC848C3C5C1256F18004BED88/$file/SRSPO_RS_vlada_23092004.pdf)], 2004
14. Trends in telecommunication reform 2006 : regulating in the broadband world, Geneva : International Telecommunication Union ITU, 2006 230 str.



15. The international Engineering Consortium, Very High Data Rate Digital Subscriber Line (VDSL) [URL:<http://www.lec.org>],1.10.2006
16. WiMAX, IEEE 802.16a Standard and WiMAX Igniting Broadband Wireless Access, WhitePaper,[URL:<http://www.wimaxforum.org/news/downloads/WiMAXWhitepaper.pdf>].2005
17. Novice DATALAB  
[[http://www.datalab.si/fileadmin/datalab/images/PA\\_novice/Pantheon\\_novice4](http://www.datalab.si/fileadmin/datalab/images/PA_novice/Pantheon_novice4)], april 2007
18. Internet World Stats [<http://www.internetworldstats.com/stats.htm>], maj 2007