


Sveučilišni interdisciplinarni specijalistički studij
„Reguliranje tržišta elektroničkih komunikacija“

Regulatorni aspekti mreža i usluga

Tema4
Širokopojasni pristup






Prof. dr. sc. Alen Bažant
Prof. dr. sc. Gordan Ježić

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet elektrotehnike i računarstva

Zaštićeno licencom <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/hr/> 

Ožujak 2018.

Creative Commons

slobodno smijete:

- **dijeliti** — umnožavati, distribuirati i javnosti priopćavati djelo
- **remiksirati** — prerađivati djelo

pod sljedećim uvjetima:

- **imenovanje.** Morate priznati i označiti autorstvo djela na način kako je specificirao autor ili davatelj licence (ali ne način koji bi sugerirao da Vi ili Vaše korištenje njegova djela imate njegovu izravnu podršku).
- **nekomercijalno.** Ovo djelo ne smijete koristiti u komercijalne svrhe.
- **dijeli pod istim uvjetima.** Ako ovo djelo izmijenite, preoblikujete ili stvarate koristeći ga, prerađu možete distribuirati samo pod licencom koja je ista ili slična ovoj.

U slučaju daljnjeg korištenja ili distribuiranja morate drugima jasno dati do znanja licencne uvjete ovog djela. Najbolji način da to učinite je linkom na ovu internetsku stranicu.

Od svakog od gornjih uvjeta moguće je odstupiti, ako dobijete dopuštenje nositelja autorskog prava. Ništa u ovoj licenci ne narušava ili ograničava autorova moralna prava.

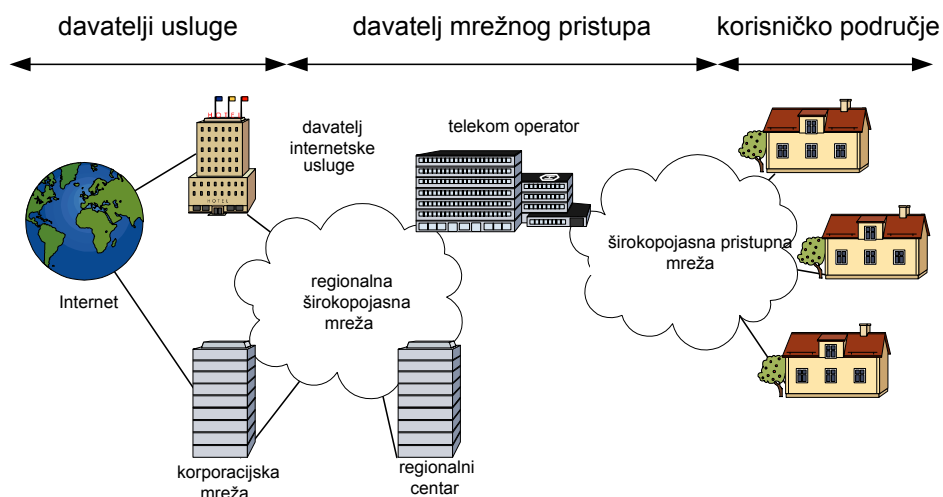
Tekst licencije preuzet je s <http://creativecommons.org/>.

Regulatorni aspekti mreža i uslugaOžujak 2018.2/75

Sadržaj

- ◆ Uvod u pristupne mreže
- ◆ Tehnologije xDSL
- ◆ Širokopojasni pristup optičkim nitima
- ◆ Tehnologija Ethernet in the First (Last) Mile
- ◆ Fiksni bežični pristup i WiMAX
- ◆ Ostale tehnologije širokopojasnog pristupa
- ◆ Stanje širokopojasnog pristupa na tržištu

Pristupna mreža



Definicija širokopojasnog pristupa

- ◆ izvorna definicija – prijenosne brzine veće od 2 Mbit/s
 - praktična (tržišna) granica:
 - u EU 144 kbit/s
 - u SAD-u FCC (*Federal Communication Commission*) definirao granicu na 200 kbit/s
- ◆ postoje i druge definicije
 - brzi pristup Internetu
 - pristup Internetu sa stalnom prospojenošću (engl. *always-on*)
- ◆ najjednostavnija definicija
 - veza velike podatkovne brzine, ali ne isključivo prema Internetu
 - veza mora biti dvosmjerna
 - podatkovne brzine ne moraju biti jednake u oba smjera komuniciranja
 - također, ni put kojim se prijenosni smjerovi transportiraju mrežom ne mora biti isti

Kako korisnik “vidi” mrežu?

... kroz mogućnost upotrebe informacijskih i komunikacijskih **usluga**, odnosno **aplikacija**.

Kvaliteta usluge (engl. *Quality of Service*, QoS) definirana je kao zajednički učinak **performansa** usluge koji određuje stupanj zadovoljstva korisnika.

Čovjek izražava subjektivni dojam o kvaliteti usluge, npr.:

“slabo te razumijem”, “dugo čekam stranicu weba”, “datoteka je prenesena jako brzo”, “u tekstu ima puno pogrešaka”, “glas nije usklađen s otvaranjem usta”, “slika je jako dobra”, ...

Što su performanse?

Mrežne performanse

- ◆ definirane su kao sposobnost mreže ili dijela mreže da ostvari funkcije potrebne za komunikaciju između korisnika te korisnika i poslužiteljskih sustava
- ◆ karakterizirane su skupom izračunljivih i mjerljivih parametara, kao što su:
 - širina pojasa
 - propusnost
 - kašnjenje i
 - drugi
- ◆ svaki sloj i njegove performanse utječu na ukupne mrežne performanse

Širina pojasa

engl. *bandwidth*

B (Hz)

- ◆ širina frekvencijskog pojasa koja se može upotrijebiti za prijenos,
- ◆ fizikalno svojstvo prijenosnog medija, opisano najvišom frekvencijom koja se može prenijeti

B (bit/s)

- ◆ maksimalni broj bita koji se može prenijeti u jedinici vremena
 - "digitalni" propusni opseg
 - brzina prijenosa bita (engl. *bit rate*)

Propusnost

engl. *throughput*

(bit/s)

- ◆ broj *korisnih* bita prenesen u jedinici vremena,
- ◆ manja je od kapaciteta kanala/propusnog opsega/brzine prijenosa bita, jer se uz korisne prenose i dodatni bitovi (ovisno o protokolu i načinu prijenosa)

Kašnjenje

engl. *delay, latency*

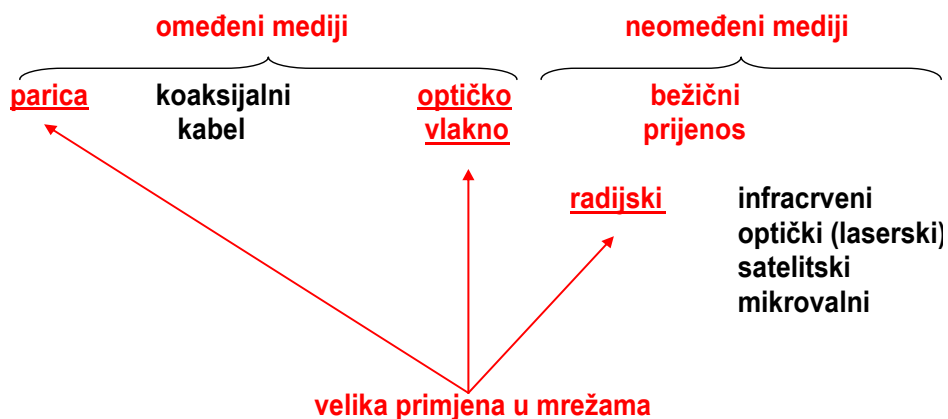
(s)

- ◆ vrijeme potrebno da bit s izvora stigne na odredište
- ◆ ako je riječ o izravnoj vezi, uključuje:
 - vrijeme potrebno za odašiljanje na izvoru,
 - vrijeme propagacije prijenosnim medijem (udaljenost/brzina svjetlosti u mediju),
 - vrijeme potrebno za prijam na odredištu.
- ◆ ako postoje međučvorovi, dodatno:
 - vrijeme čekanja na obradu u svakom čvoru,
 - vrijeme obrade u svakom čvoru.

Vrste širokopojasnog pristupa

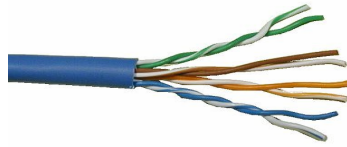
- ◆ **žični**
 - **DSL**-tehnologije – koriste upredenu paricu
 - **kabelski** – koriste mrežu kabela televizije
 - pomoću vodova energetske mreže (PLC – *Power Line Communication*)
- ◆ **optički**
 - koncepti Fiber to the (**FTTx**) koriste optičke niti
 - **od točke do točke** (100BASE-FX, 1000BASE-LX, 10GBASE)
 - pasivne optičke mreže (**PON – Passive Optical Network**, APON, BPON, EPON, GPON)
- ◆ **bežični**
 - radijski – npr. WiMAX, **HSPA (3G)**, **LTE (4G)**
 - satelitski
 - optički (**FSO – Free Space Optics**)

Fizički medij



Parica (1)

engl. *pair*



- ◆ dva bakrena vodiča promjera do 1 mm koji su upredeni kako bi se smanjio međusobni elektromagnetski utjecaj
 - upredena parica (engl. *twisted pair*)
 - neoklopljena upredena parica (engl. *Unshielded Twisted Pair*, UTP)
 - oklopljena upredena parica (engl. *Shielded Twisted Pair*, STP)
- ◆ parica je jako rasprostranjena, prikladna i za analogni i za digitalni prijenos

Parica (2)

Brzina prijenosa ovisi o:

- ◆ debljini žice,
- ◆ duljini žice,
- ◆ načinu upredanja,
- ◆ načinu slaganja parica u kabel.

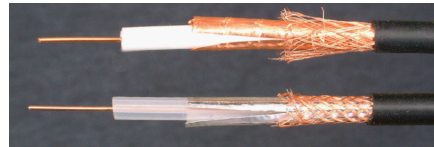
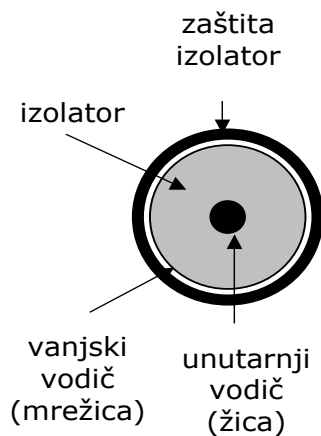
Kategorija parice (“CAT”) – klasifikacija prema mogućoj brzini prijenosa (npr. CAT 5 – primjena u LAN-ovim do 100 Mbit/s)

Primjer ADSL:

- ◆ maksimum: ili brzina (dolazni smjer 8 Mbit/s, odlazni 640 kbit/s) ili udaljenost (5486 m) – **obrnuto proporcionalno!**
- ◆ RH: dobra izvedba parice u gradovima – duljina do 1km

Koaksijalni kabel

engl. *coaxial cable*
("coax")

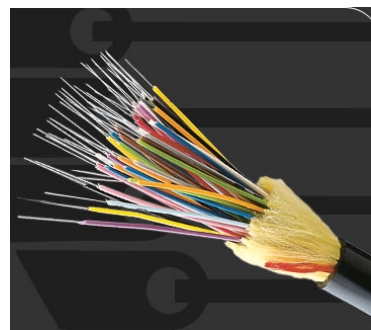
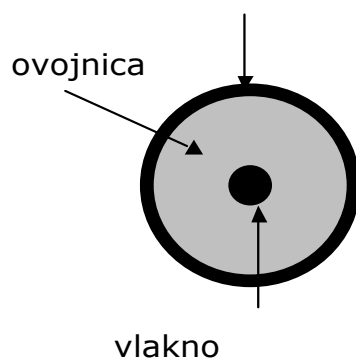


- ♦ velika širina pojasa i dobra zaštita od smetnji, ali
- ♦ lošije performanse od optičkih vlakana koja su ih istisnula iz uporabe
- ♦ primjena: kabelska TV

Fotografija preuzeta s www.radioinc.com

Optičko vlakno (1)

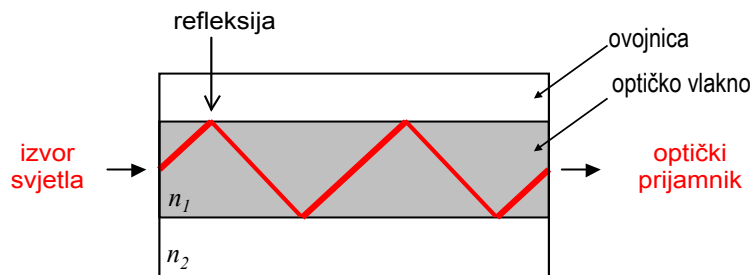
engl. *fibres (fiber) optics*
zaštita



- ♦ optičko vlakno i ovojnica: staklo
- ♦ kabel s optičkim vlaknima (engl. *fiber optic cable*), optički kabel sadrži više vlakana

Fotografija preuzeta s: www.occfiber.com

Optičko vlakno (2)



- ◆ indeks loma ovojnice manji od indeksa loma vlakna kako bi se svjetlost zadržala u vlaknu ($n_1 > n_2$)
- ◆ Optički spektar
 - raspon od 5 nm (ultraljubičasti) do 1 mm (infracrveni)
 - optičke komunikacije koriste raspon od 400 do 700 nm

Optičko vlakno (3)

Jednomodno vlakno (engl. *single-mode fibre*):

- ◆ promjer vlakna (8-10,5 μm) nije veći od nekoliko valnih duljina svjetlosnog signala: rasprostiranje svjetla jednom zrakom (*single mode*)
- ◆ složenija i skuplja oprema
- ◆ veće brzine prijenosa, prijenos na veće udaljenosti (npr. 50 Gbit/s, 100 km)

Višemodno vlakno (engl. *multimode fibre*):

- ◆ promjer vlakna (60-100 μm) mnogo veći od valne duljine svjetlosnog signala kojeg prenosi: rasprostiranje svjetla s više zraka (*multimode*)
- ◆ jednostavnija i jeftinija oprema
- ◆ manje brzine prijenosa, prijenos na kraće udaljenosti (npr. 10 Gbit/s, 500 m)

Usporedba optičko vlakno – bakar (1)

Prednosti optičkog vlakna:

- ◆ veća brzina prijenosa (Gbit/s, Tbit/s)
- ◆ malo gušenje signala, tako da se obnavljanje signala provodi na većim udaljenosti, od nekoliko desetaka do iznad sto kilometara (npr. za jednomodno vlakno s 50 Gbit/s na 100 km)
- ◆ neosjetljivost na elektromagnetske utjecaje i koroziju,
- ◆ tanka i lagana,
- ◆ prisluškivanje teško izvedivo.

Usporedba optičko vlakno – bakar (2)

Nepovoljne strane optičkog vlakna:

- ◆ jednosmjerni prijenos, tako da su potrebna dva vlakna za dvosmjerni prijenos,
- ◆ optička sučelja složenija i skuplja od električkih,
- ◆ instrumentarij za izvedbu i održavanje mreža složeniji i skuplji.

Usporedba optičko vlakno – bakar (3)

Propagacijsko kašnjenje (rasprostiranje) – mala razlika

$$d = L/c$$

L udaljenost (m)

c brzina signala (svjetlosti) u mediju (m/s)

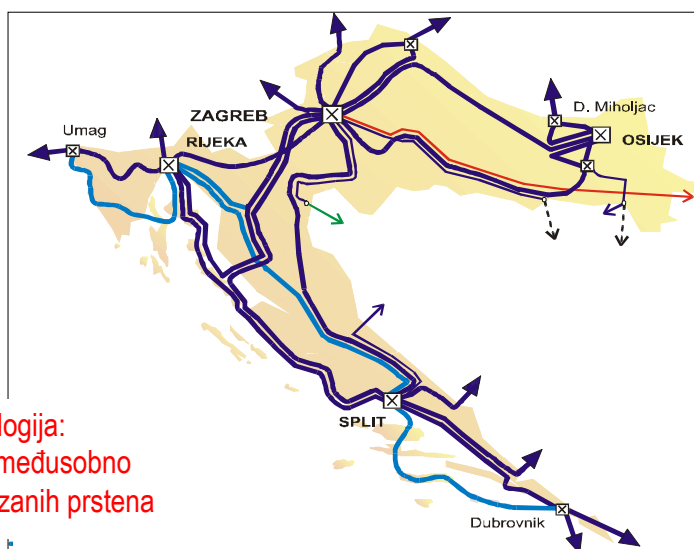
bakreni vodič: $c = 2,3 \times 10^8$ m/s

optičko vlakno: $c = 2 \times 10^8$ m/s

Primjeri propagacijskog kašnjenja:

- optičkim vlaknom 1 km: 5 μ s
- optičkim vlaknom Zagreb – Split (400 km): 2 ms
- optičkim vlaknom oko Zemlje (40.000 km): 0,2 s
- Koliko će trajati prijenos 1 Gbita podataka iz Zagreba u Split optičkim sustavom koji osigurava propusnost od 1 Gbit/s?

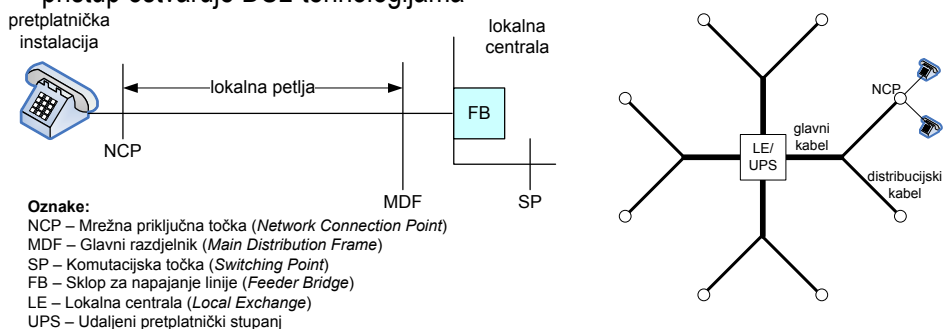
Optički kablovi – nacionalna razina RH



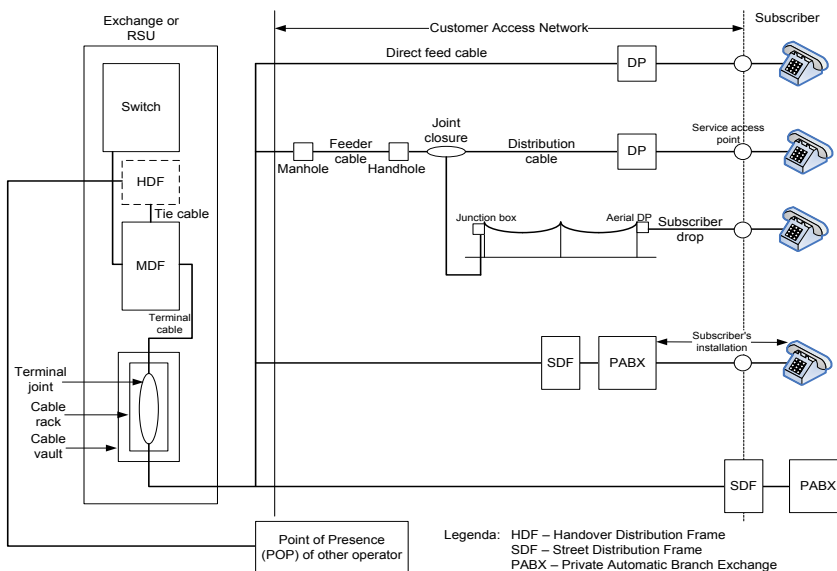
Topologija:
više međusobno
povezanih prstena

Lokalna petlja

- ◆ lokalna petlja = pretplatnička linija
- ◆ krajem 2003. bila instalirana 1,1 milijarda fiksnih linija
 - više od 95% tih linija sastoji se od jednog UTP-a
 - za analognu telefoniju
- ◆ ako je lokalna petlja realizirana upredenom paricom tada se širokopojasni pristup ostvaruje DSL-tehnologijama



Lokalna petlja u mreži telekom operatora



Tehnologije DSL

Inačice xDSL-a (1)

- ◆ xDSL (*Digital Subscriber Line*) povezuje krajnjeg korisnika s lokalnom centralom
 - dolazni smjer komunikacije – prema korisniku
 - odlazni smjer komunikacije – prema centrali
 - simetrične DSL-tehnologije – prijenosna brzina u oba smjera jednaka
 - asimetrične DSL-tehnologije – te su brzine različite

Inačice xDSL-a (2)

Asimetrične DSL-tehnologije	Simetrične DSL-tehnologije
ADSL (G.dmt), ADSL over POTS, G.lite, RADSL ADSL2 (G.dmt.bis), half-rate ADSL2 (G.lite.bis), ADSL2plus, RE-ADSL2 VDSL, VDSL2 ADSL2+ ADSL2++ (ADSL4) – do 52Mbit/s	HDSL, HDSL2, SDSL, M/SDSL, SHDSL SHDSL –192 do 2312 kbit/s E-SHDSL – G.991.2 – do 5696 kbit/s

ADSL (Asymmetric DSL)

VDSL (Very high bit rate DSL)

RE-ADSL (Reach Extended ADSL)

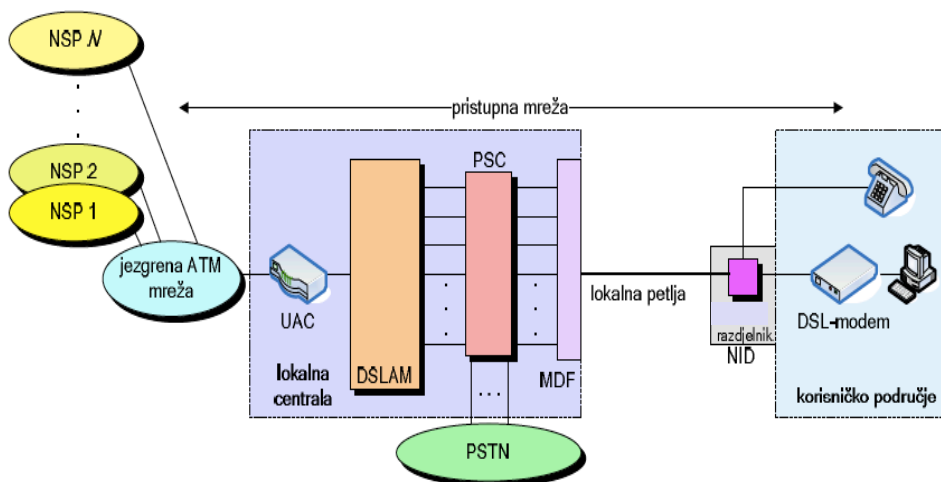
RADSL (Rate Adaptive DSL)

SDSL (Symetric DSL)

SHDSL (Symetric High speed DSL)

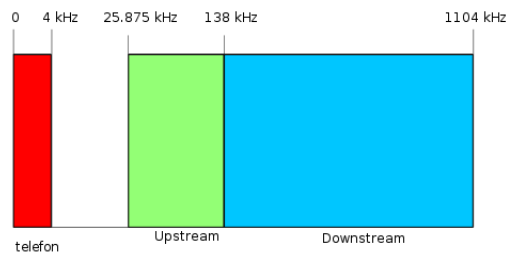
HDSL (High bit rate DSL)

Arhitektura DSL sustava

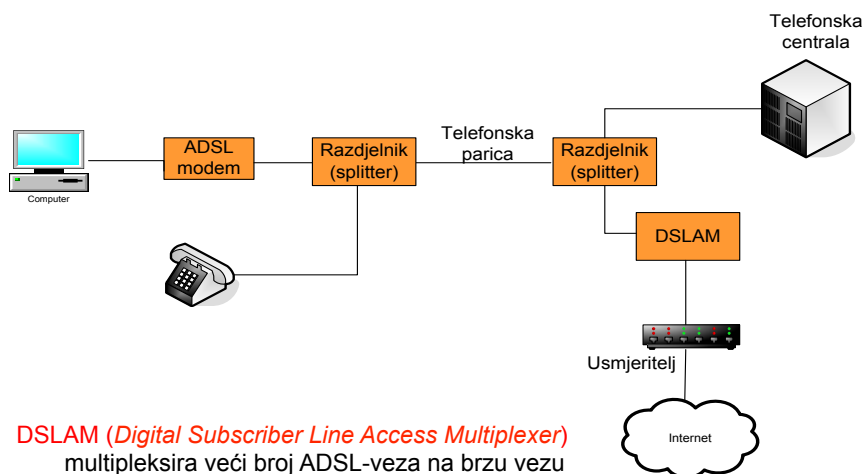


ADSL

- ◆ Teoretski maksimum
 - u dolaznom smjeru 8,1 Mbit/s
 - u odlaznom smjeru 864 kbit/s
- ◆ Dio spektra kojeg koristi ADSL putem telefonske linije

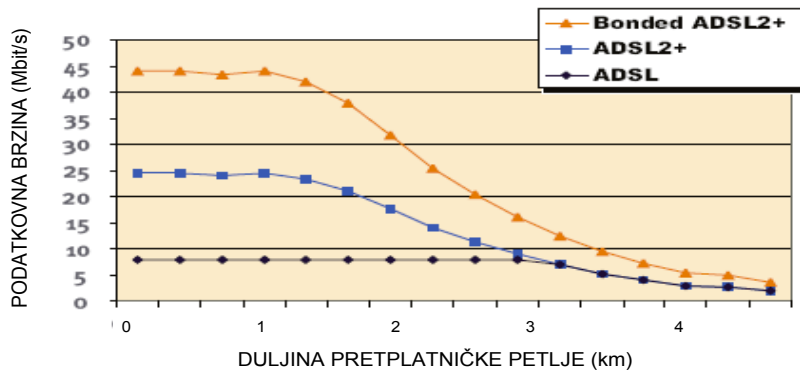


Arhitektura ADSL-a



DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer)
multipleksira veći broj ADSL-veza na brzu vezu prema Internetu

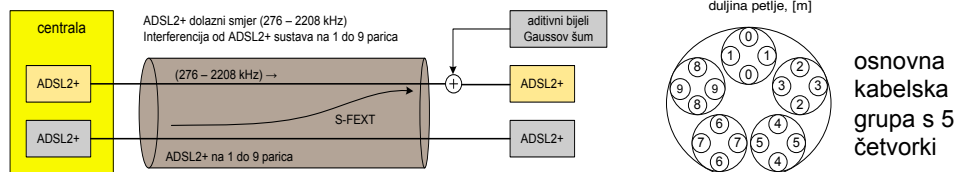
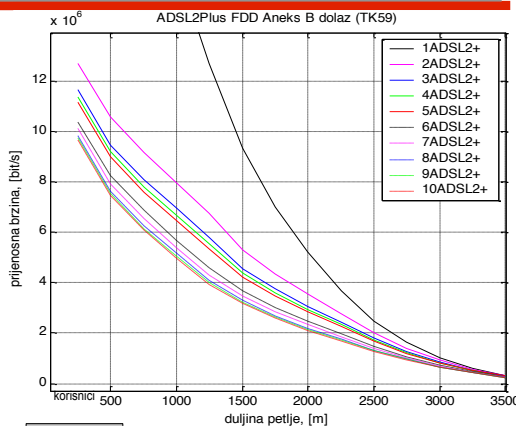
Usporedba ADSL – ADSL2+



- ◆ ADSL2 – veća prijenosna brzina i domet u odnosu na izvorni ADSL (G.992.1)
 - DS: 12 Mbit/s (ADSL2) prema 8 Mbit/s (ADSL), US: do 1 Mbit/s
- ◆ ADSL2+ - u odnosu na ADSL i ADSL2 povećana širina spektra s 1,1 na 2,2 MHz
 - dolazna prijenosna brzina – do 16 Mbit/s
 - odlazna prijenosna brzina – do 1 Mbit/s

Ovisnost prijenosne brzine o dometu i penetraciji

- ◆ kod korištenja ADSL-a raspredanje smjerova prijenosa moguće
 - FDD-om (*Frequency Division Duplex*) ili
 - poništavanjem odjeka
- ◆ u pristupnoj mreži u RH se koristi FDD

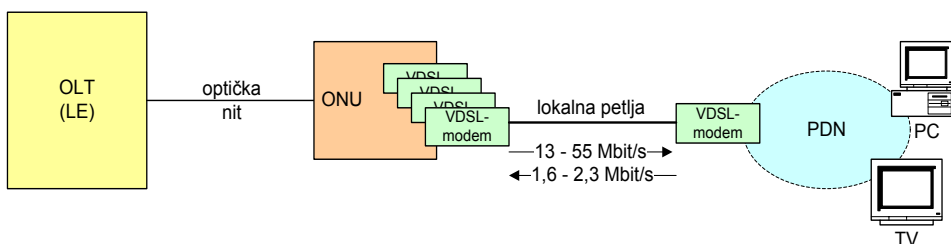


Važni momenti u implementaciji ADSL-a

- ◆ DSL-tehnologijom nije moguće postići istovremeno maksimalnu brzinu i maksimalni domet
 - brzina i domet su obrnuto proporcionalni
- ◆ za implementaciju ADSL-a važna je relativno kratka prosječna duljina pretplatničke petlje
 - u Hrvatskoj u velikim gradovima iznosi manje od 1 km
 - dobro za realizaciju *triple play* usluga (govor, video i podaci)
- ◆ u istom kabelu nije moguće istovremeno svim paricama pridijeliti prijenosnu DSL-uslugu
 - potrebno *upravljanje spektrom (spectrum management)*
 - statičko (*Static Spectrum Management, SSM*) ili dinamičko (*DSM, bolje*)
 - posebno važno u uvjetima LLU-a (*Local Loop Unbundling*)

VDSL

- ◆ standard ITU-T G.993.1 od 2004.
- ◆ jedna od tehnologija za realizaciju koncepta FTTN



Inačica VDSL-a	Domet (m)	Dolazna brzina (Mbit/s)	Odlazna brzina (Mbit/s)
asimetrična	900	26	3
asimetrična	300	52	6
simetrična	900	13	13
simetrična	300	26	26

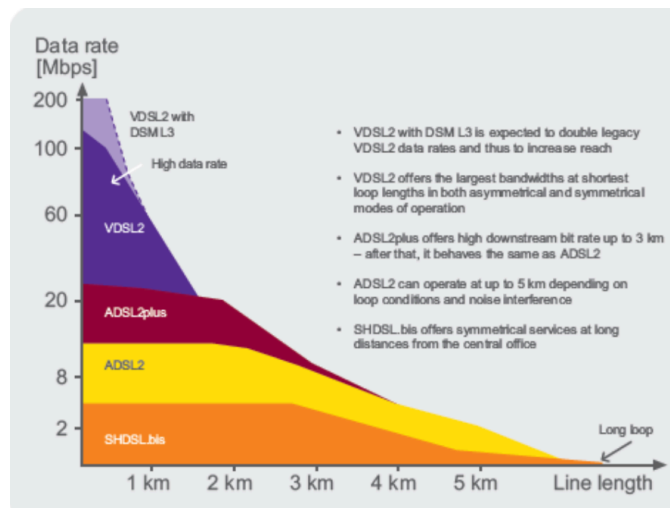
VDSL2

- ◆ standard ITU-T G.993.2 od 2005.
- ◆ podržava simetričan prijenos 100 Mbit/s uz domet od 350 m
- ◆ proširen frekventijski pojas na 30 MHz
 - VDSL je koristio pojas frekvencija do 12 MHz
 - VDSL2 omogućava do 4096 potkanala (8 puta više od ADSL2+)
- ◆ podržava i usnoplavanje linija
- ◆ namijenjen:
 - prijenosu HDTV-a
 - VoD-a
 - videokonferencija
- ◆ VDSL2 je jako dobro rješenje za *triple play* usluge

Daljnji razvoj DSL-a

- ◆ standard ITU-T G.993.5 – G.vector
 - brzine preko 100 Mbit/s
- ◆ G.fast
 - brzine do 1Gbit/s
- ◆ HDSL – ITU-T G.991.1
 - definirane brzine 1,544 Mbit/s i 2,048 Mbit/s
 - Simetrične brzine
 - Sustav koristi od jedne do tri parice
- ◆ SHDSL – ITU.T G.991.2
 - koristi jednu paricu, podržane simetrične brzine od 192 kbit/s do 2312 kbit/s

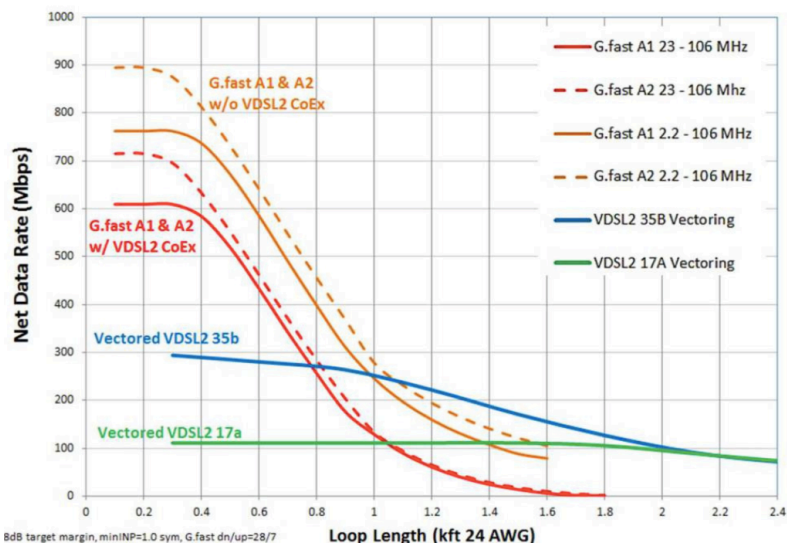
Usporedba brzina DSL-a



Izvor: NokiaSiemensNetworks.BroadbandAccessforAll–ABriefTechnologyGuide

Usporedba novijih tehnologija DSL

VDSL2 and G.fast Downstream Rates Per Pair



Izdvajanje lokalne petlje (LLU)

- ◆ fizička kolokacija
- ◆ udaljena kolokacija
- ◆ postoji i virtualna kolokacija te izdvajanje potpetlje (kod VDSL-a)
- ◆ ostali oblici pristupa novih operatora lokalnoj petlji
 - ◆ *bitstream*
 - ◆ *shared line*
 - ◆ *resale line*

Regulatorni aspekti mreža i usluga Ožujak 2018. 39/75

Problem kućnih instalacija u DSL sustavima

- ◆ DSL standardi ne definiraju kućne instalacije
 - od NCP-a do korisničkog uređaja
- ◆ u RH trenutno nema standarda/pravilnika za kućne instalacije
- ◆ moguće rješenje: primjena standarda ISO/IEC 11801
 - standard za strukturno kabliranje u LAN-ovima

- ◆ dodatni problem:
 - ◆ kvaliteta instalacija između komutacije i glavnog razdjelnika

Regulatorni aspekti mreža i usluga Ožujak 2018. 40/75

Zadaci

Istražiti tržište širokopojasnog pristupa putem izdvojene lokalne petlje.

Istražiti rasprostranjenost širokopojasnog Interneta u Hrvatskoj.

Usporedba s EU.

Istražiti tehnologije širokopojasnog pristupa u RH. Usporedba s EU.

Istražiti odnos operatora davatelja pristupa i davatelja usluge.

Istražiti *triple play* uslugu: tehnologija i tržište

Širokopojsani pristup optičkim nitima

Širokopolasni pristup optičkim nitima

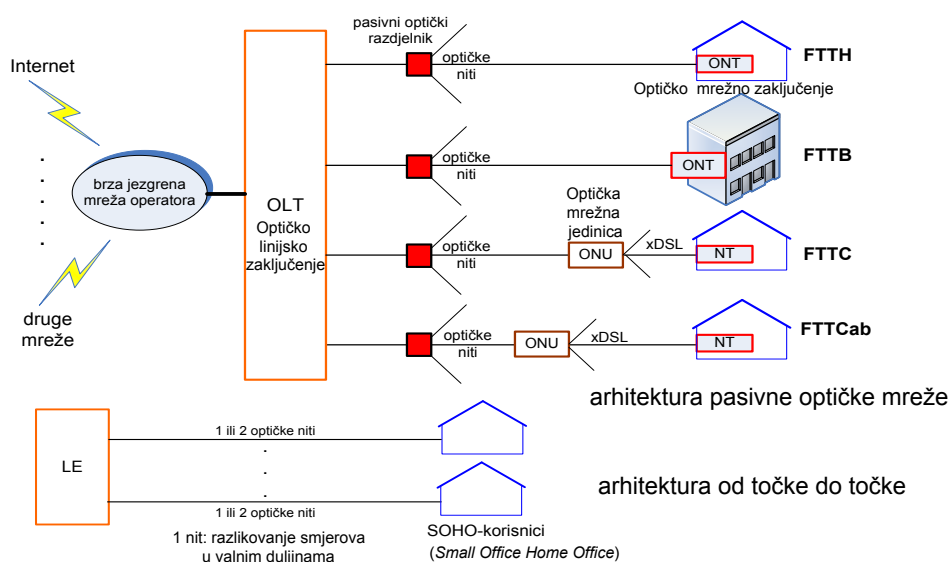
- ◆ Arhitekture optičkih pristupnih mreža (OAN)
 - Od točke do točke
 - Aktivne optičke mreže (AON)
 - Pasivne optičke mreže (PON)
 - AON i PON su arhitekture od točke prema većem broju točaka
- ◆ Mrežne arhitekture Fiber to the x (FTTx)
 - FTTH, FTTB, FTTC, FTTCab
- ◆ Tehnologije PON-ova
 - APON
 - BPON
 - GPON
 - EPON

Regulatorni aspekti mreža i usluga

Ožujak 2018.

43/75

Arhitekture FTTx sustava (1)



Regulatorni aspekti mreža i usluga

Ožujak 2018.

44/75

Arhitekture FTTx sustava (2)

Izvedbe:

- ◆ Optičke niti do stana: FTTH (*Fibre to the Home*)
- ◆ Optičke niti do zgrade: FTTB (*Fibre to the Building, Fibre to the Basement*)
- ◆ Optičke niti do objekta: FTTP (*Fibre to the Premises*) = FTTH + FTTB
- ◆ Optičke niti do pločnika: FTTC (*Fibre to the Curb*)
- ◆ Optičke niti do čvora: FTTN (*Fibre to the Node*)
- ◆ Optičke niti do kabineta: FTTcab (*Fibre to the Cabinet*)

Optičke mreže

Pasivna optička mreža

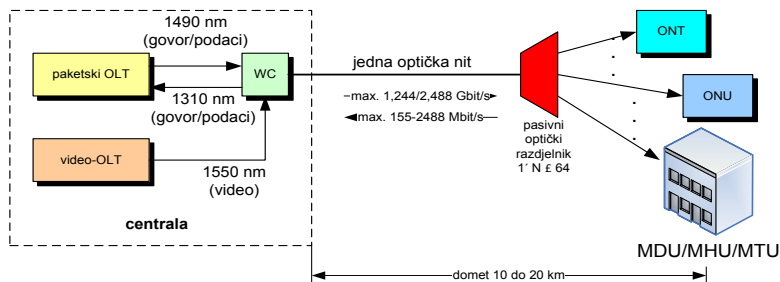
- ◆ dijeljenje jedne optičke niti između više korisnika, s time da se u mreži nalaze isključivo pasivni elementi
- ◆ inačice PON-ova (*Passive Optical Network*)
 - APON (ATM PON), BPON (Broadband PON)
 - **GPON** (Gigabit PON), **EPON** (Ethernet PON)
- ◆ broj korisnika po pasivnom optičkom razdjelniku ne prelazi 64
- ◆ u razvoju: 10GbE PON + razdjela 1:128 (LR-PON-ovi)

Optička mreža od točke do točke

- ◆ svaki korisnik ima svoju/e optičke niti, od točke (u centrali) do točke (u domu) (*Point to point, P2P*)

Gigabit PON (GPON)

- ◆ definiran serijom preporuka ITU-T G.984



- GPON mora biti mreža koja pruža potpun skup usluga (*full-service network*)
 - Ethernet 10 i 100 Mbit/s, POTS, E1/T1, ATM 155,52 Mbit/s i zakupljeni kanali (*leased lines*) većih brzina
- GPON podržava i zaštitno prebacivanje na rezervnu liniju (*protection switching*)
 - 1 + 1 pomoću dvije optičke niti i 1:N parcijalna zaštita (jedna rezervna nit za više radnih)

Nove inačice PON-ova

- ◆ 10-gigabitni PON-ovi – NG-PON1 (NG prve generacije)
 - XG-PON-G.987.1
 - 10 Gbit/s DS, XG-PON1 – 2,5 Gbit/s US, XG-PON2 – 10 Gbit/s, domet 20 km, SR min 1:64, jedna nit, 1575 – 1580 nm DS, 1260 – 1280 nm US
 - 10G-EPON–standardIEEE802.3av
 - 10 Gbit/s DS, 1,25 Gbit/s US
- ◆ NG-PON-ovi druge generacije – NG-PON2
 - 0-gigabitniTDMPON(XLGPON)–40Gbit/sDSi10Gbit/sUS

Ethernet in the First Mile (EFM)

- ♦ definiran serijom preporuka ITU-T G.985 i standardom IEEE 802.3ah
 - primjena EFM-a omogućava izbacivanje ATM-a iz pristupne mreže i smanjivanje protokolnih pretvorbi u korisničkoj opremi na strani operatora

Regulatorni aspekti mreža i usluga Ožujak 2018. 49/75

Razlog za uvođenje EFM-a

The diagram shows the following components and their connections:

- PC s PPPoE klijentom** (Client) connects to **ATU-R** (Access Terminal Unit - Router).
- ATU-R** connects to **DSLAM** (DSL Access Multiplexer).
- DSLAM** connects to **UAC** (User Access Concentrator).
- UAC** connects to the **jezgrena mreža** (Core Network).

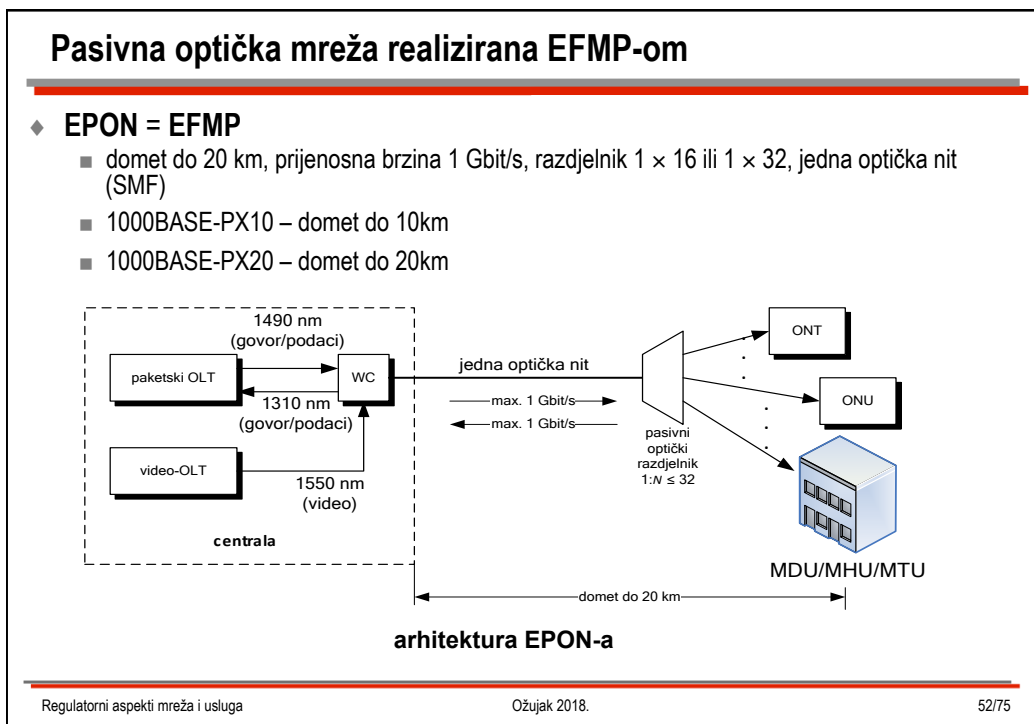
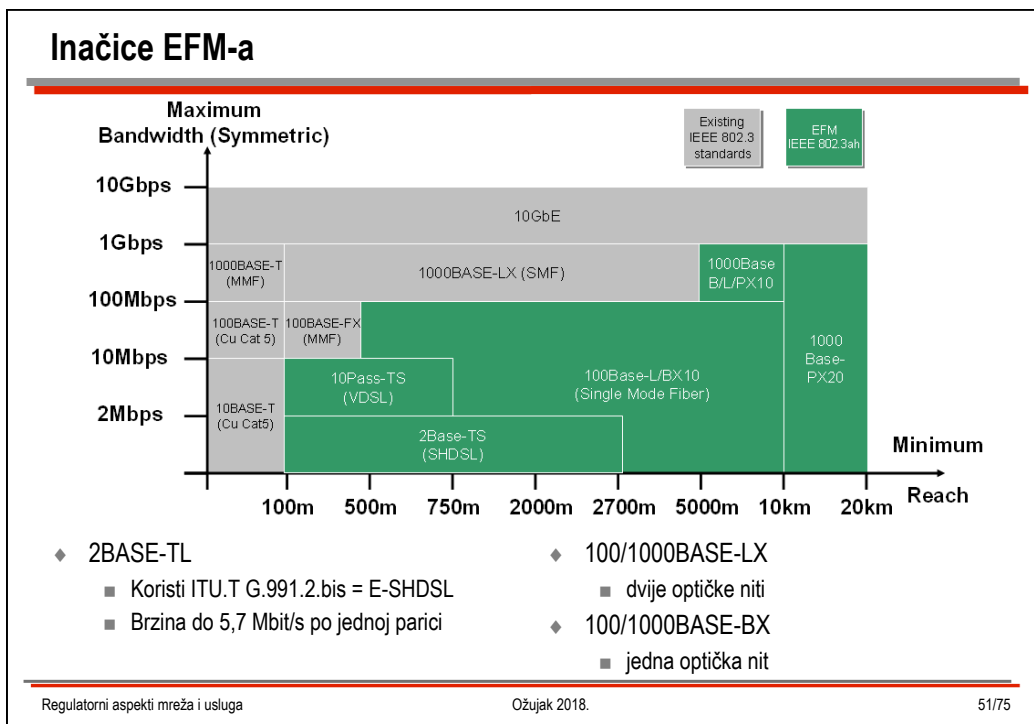
Protocol stacks shown:

- Client Stack:** IP, PPP, IEEE 802.3, UTP
- ATU-R Stack:** IEEE 802.3 (with RFC 1483), UTP
- DSLAM Stack:** ATM, ADSL, PHY
- UAC Stack:** IP, PPP, IEEE 802.3, RFC 1483, ATM, PHY

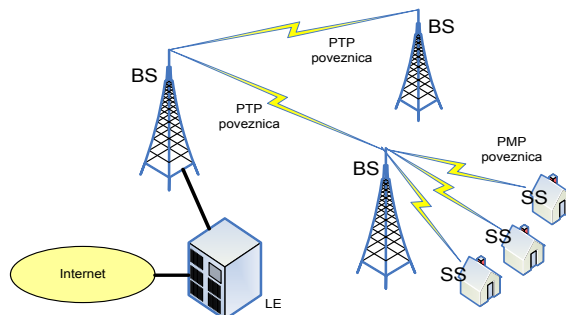
Physical layer connections:

- Router** (IP, Ethernet, SDH) connects to **Fiber**.
- DSLAM** (Ethernet, SDH, xTU-C) connects to **Copper Loop**.
- DSL Modem** (Ethernet, PMD, PHY) connects to **Copper Loop**.
- PC** (IP, Ethernet, PHY) connects to **Cat5**.

Regulatorni aspekti mreža i usluga Ožujak 2018. 50/75



Fiksni bežični pristup – arhitektura WiMAX-mreže



- tipičan promjer WiMAX-ćelije: 13 do 20 km
- u RH je WiMAX-u dodijeljen pojas frekvencija od 3,4 do 3,6 GHz i od 24,5 do 26,5 GHz (za oba pojasa potrebna licenca)
- za FWA moguće i korištenje ISM-pojasa
 - u RH to su: 2,4 GHz do 2,5 GHz, od 5,725 do 5,83 GHz i od 5,85 GHz do 5,925 GHz

Kabelski pristup Internetu

Koristi se infrastruktura kabelaške televizije:

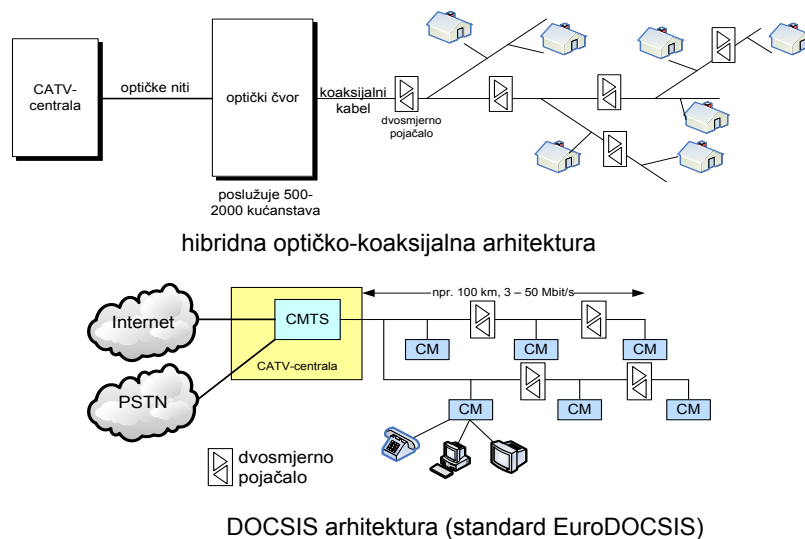
- ◆ izvodi se koaksijalnim kabelom (“kabelski modem”)
- ◆ asimetrični prijenos:
 - dolazni smjer – veća maksimalna brzina (do 30 Mbit/s)
 - odlazni smjer – manja maksimalna brzina (manje od 1 Mbit/s)
- ◆ topologija sabirnice:
 - problem dijeljenog medija: brzina ovisi o broju korisnika
 - problem sigurnosti podataka
- ◆ mogućnost istovremenog prijenosa TV programa, podataka i govora
- ◆ stalna povezanost (nije potrebno uspostavljati vezu pozivom)

Standardi DOCSIS

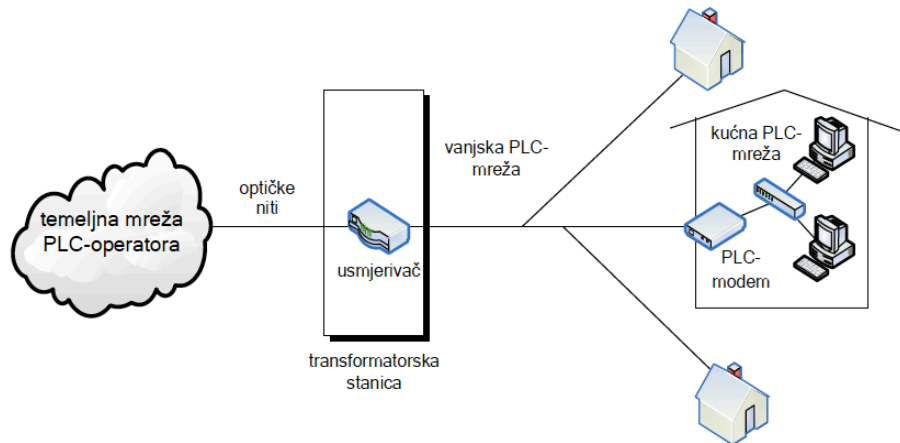
- ◆ Tri glavne komponente sustava
 - CMTS – Cable Modem Termination System (na strani kablenskog operatora)
 - CM – Cable Modem (na strani krajnjeg korisnika)
 - Koaksijalni ili hibridni optičko-koaksijalni medij

- ◆ Alternativa DOCSIS-u
 - Standard DVB-C
 - Razašiljanje digitalnog TV-signalna

Širokopojasni pristup koaksijalnim kablomima



Pristup vodovima elektroenergetske mreže



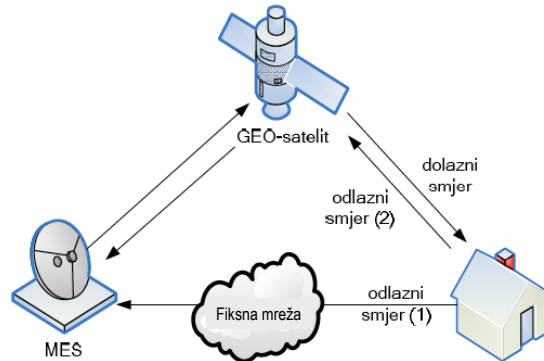
Osnovne mane tehnologije: prijenosni medij podložan smetnjama, mreža ovisna o priključenju trošila, prijenosna funkcija nije stabilna već se često mijenja (slično kao i bežični medij), smetnje na okolinu znatne

Bežični optički pristup

Free Space Optics - FSO

- ◆ Optički nosioc (oko 300 THz) – nisu potrebne licence
- ◆ Brzine do 10 Gbit/s
 - 155 Mbit/s do 2 km
- ◆ Jednostavna i brza instalacija
- ◆ Nema interferencije
- ◆ Visoka razina sigurnosti
- ◆ Nedostaci:
 - Ne prolazi kroz nepropusne materijale
 - Atmosferska prigušenja
 - Ograničenje zbog snage lasera
 - Moguć štetan utjecaj na ljudski vid
 - Vremenska prigušenja (magla, snijeg, kiša)

Satelitski pristup



- ◆ DVB-RCS i DVB-RCT
- ◆ VSAT
- ◆ prijenosne brzine za krajnje korisnike između 64 kbit/s i 2 Mbit/s

Zadaci

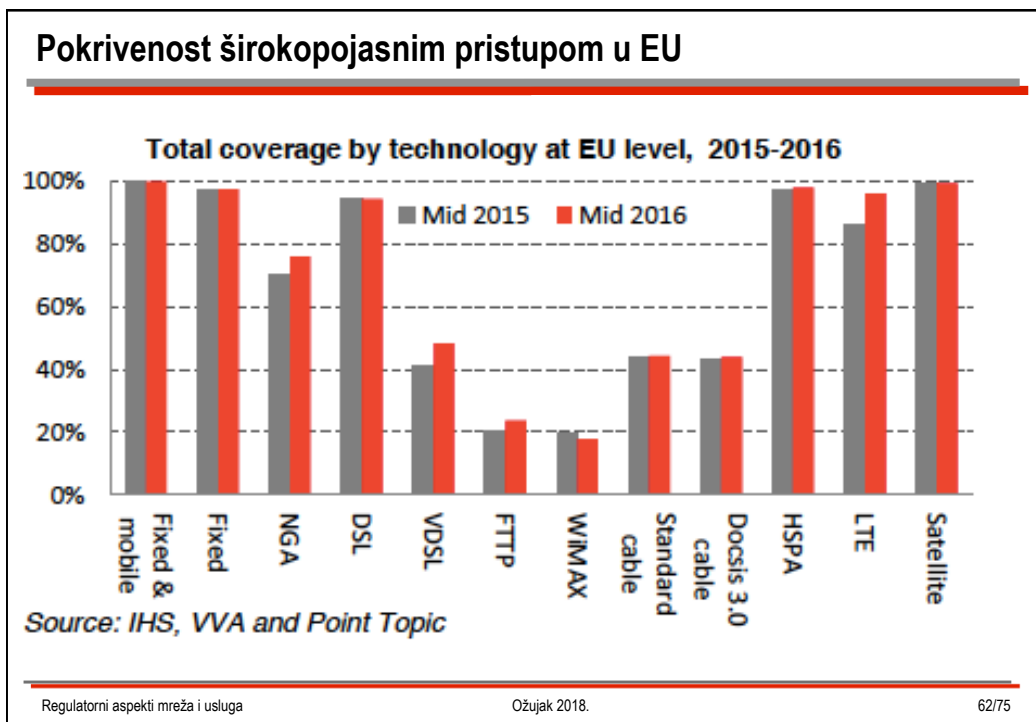
Istražiti stanje i predviđanje rasta informacijskog prometa: govor, podatak, slika, ...

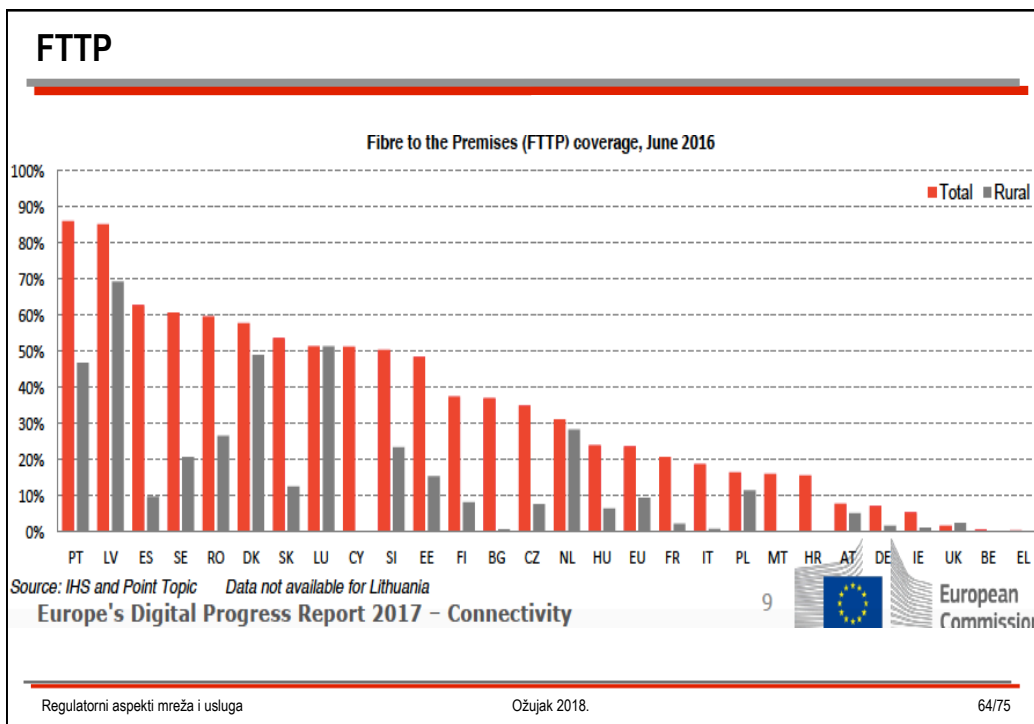
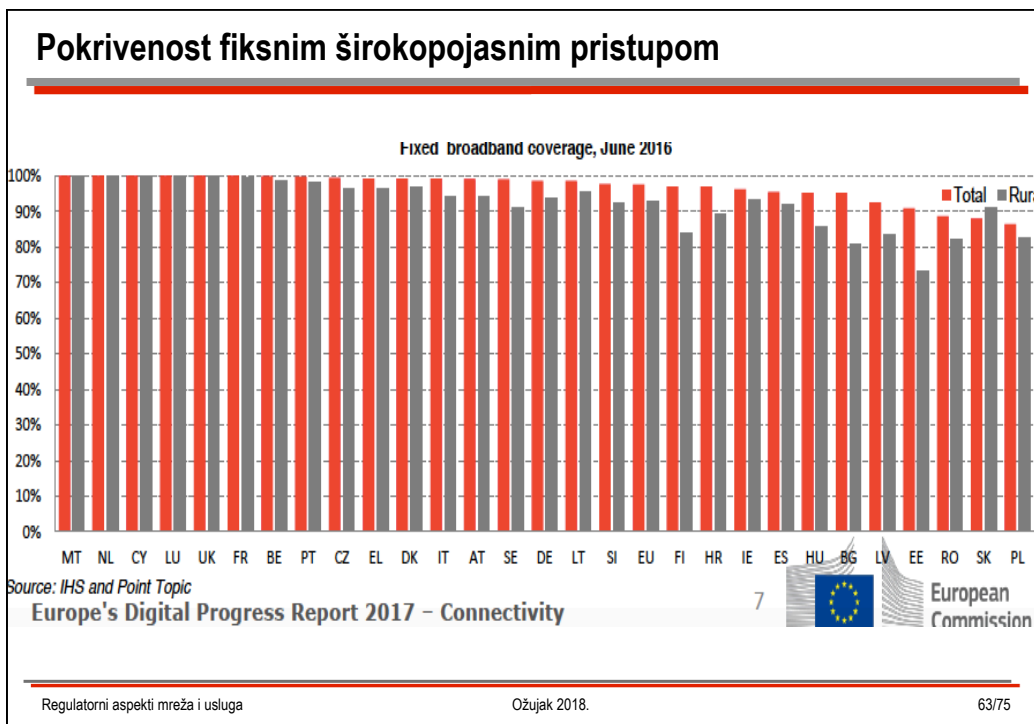
Napraviti procjenu potrebe za širokopojasnim komuniciranjem u stanu, na poslu...

Istražiti raspostranjenost pojedinih pristupni širokopojasnih tehnologija. Usporediti s EU.

Stanje širokopojasnog pristupa na tržištu

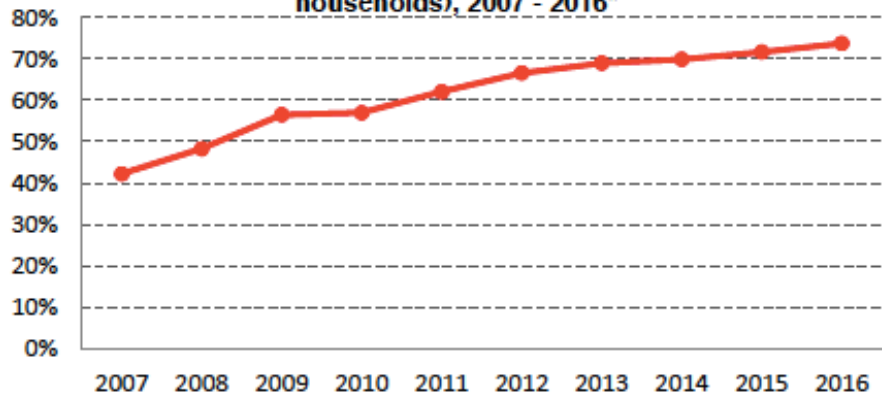
Regulatorni aspekti mreža i uslugaOžujak 2018.61/75





Fiksni širokopojasni pristup u kućanstvima

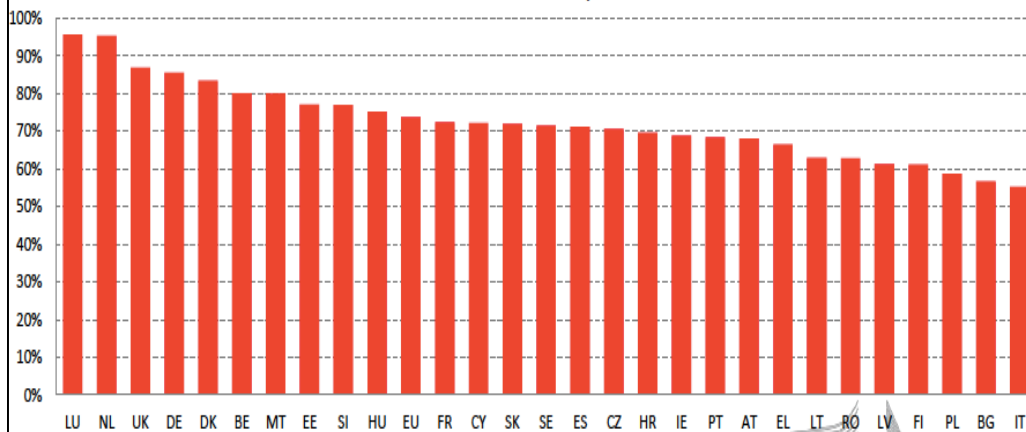
Households with a fixed broadband subscription at EU level (% of households), 2007 - 2016*



Source: Eurostat (ICT usage in households and individuals)

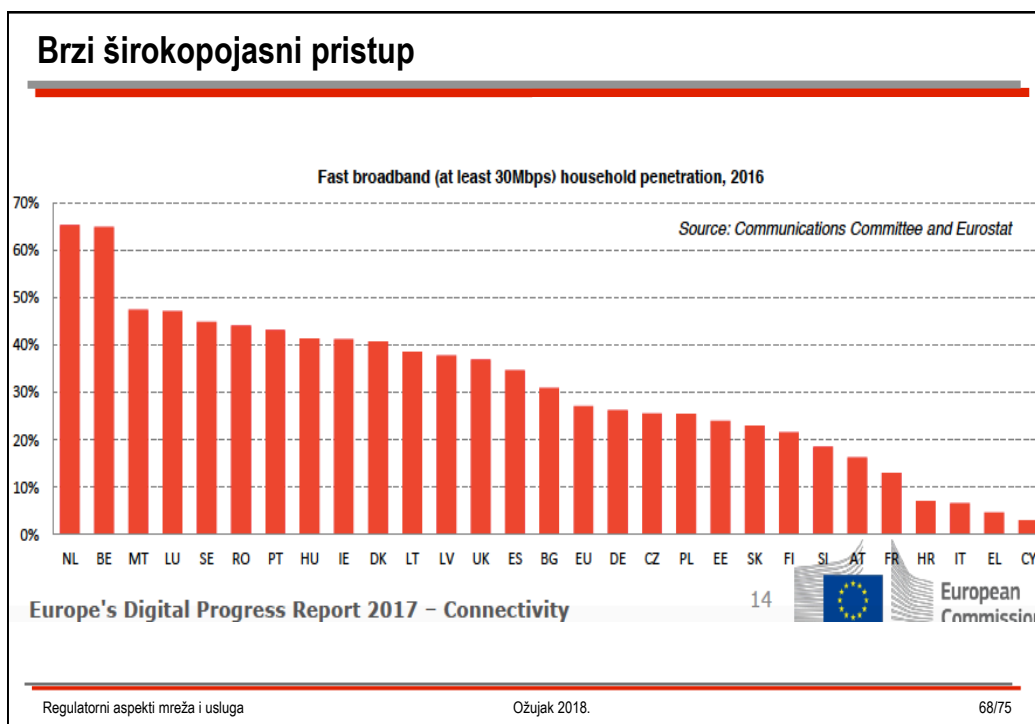
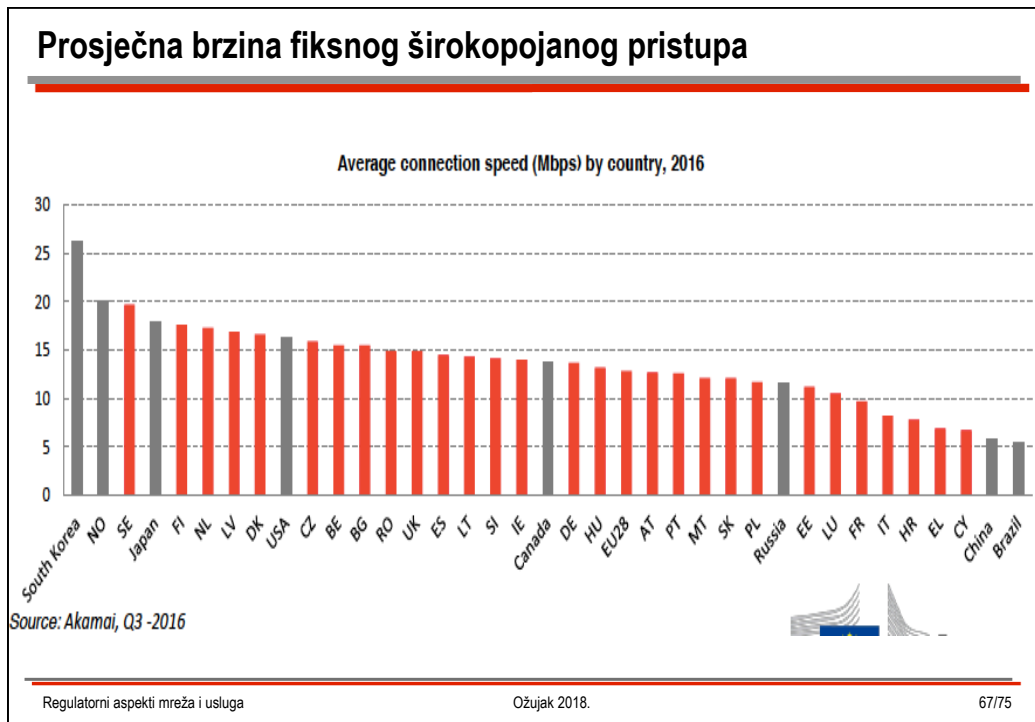
Fiksni širokopojasni pristup u kućanstvima

Households with a fixed broadband subscription, % of households, 2016

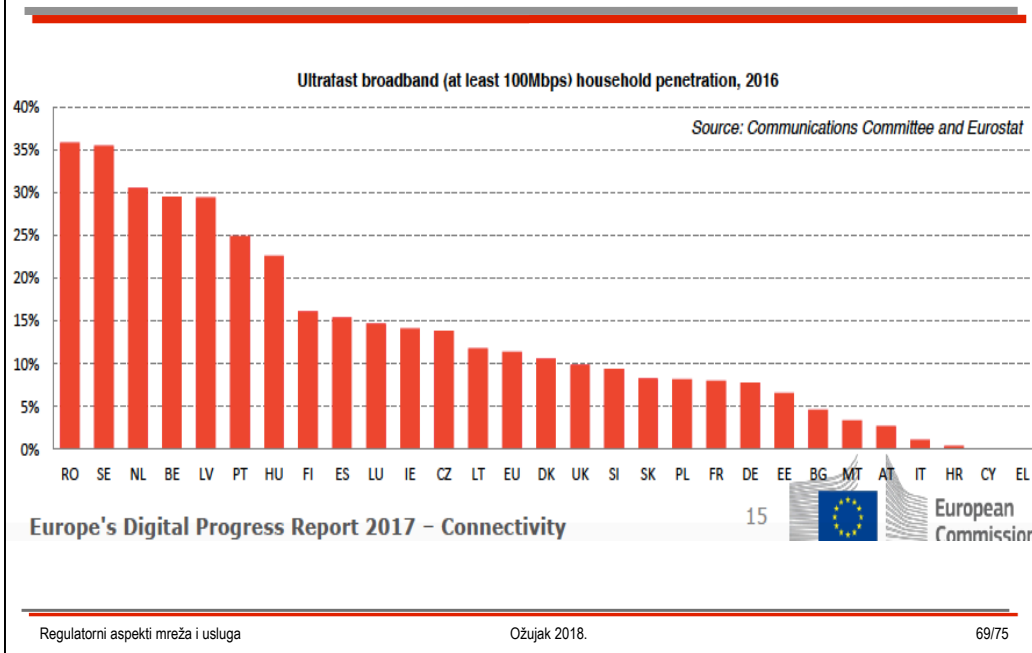


Source: Eurostat (Eurostat (ICT usage in households and individuals)

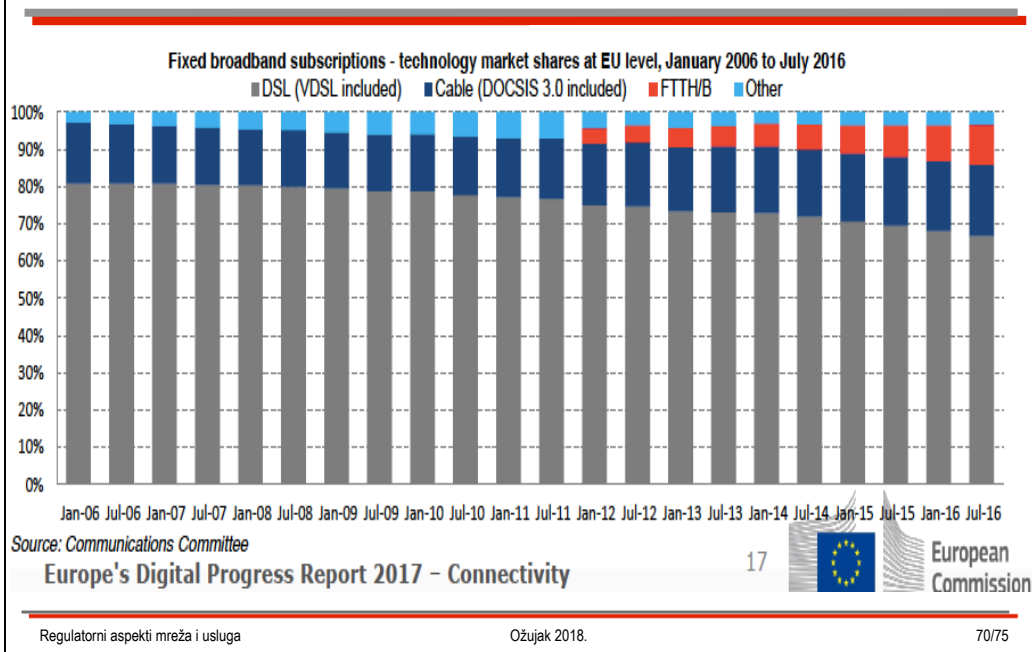
Europe's Digital Progress Report 2017 - Connectivity

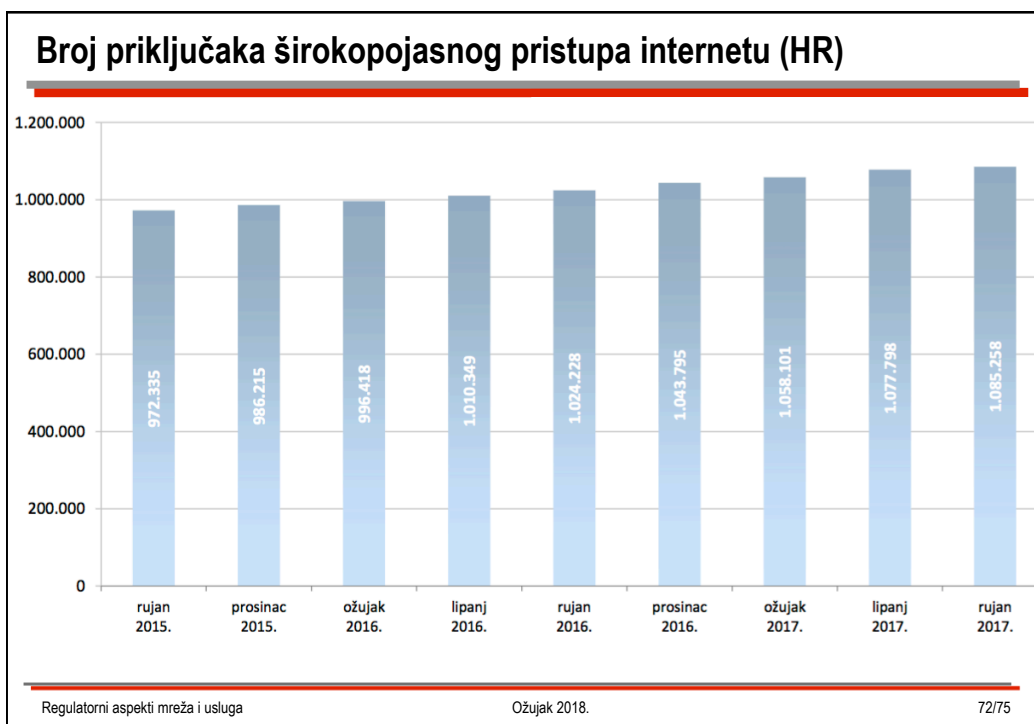
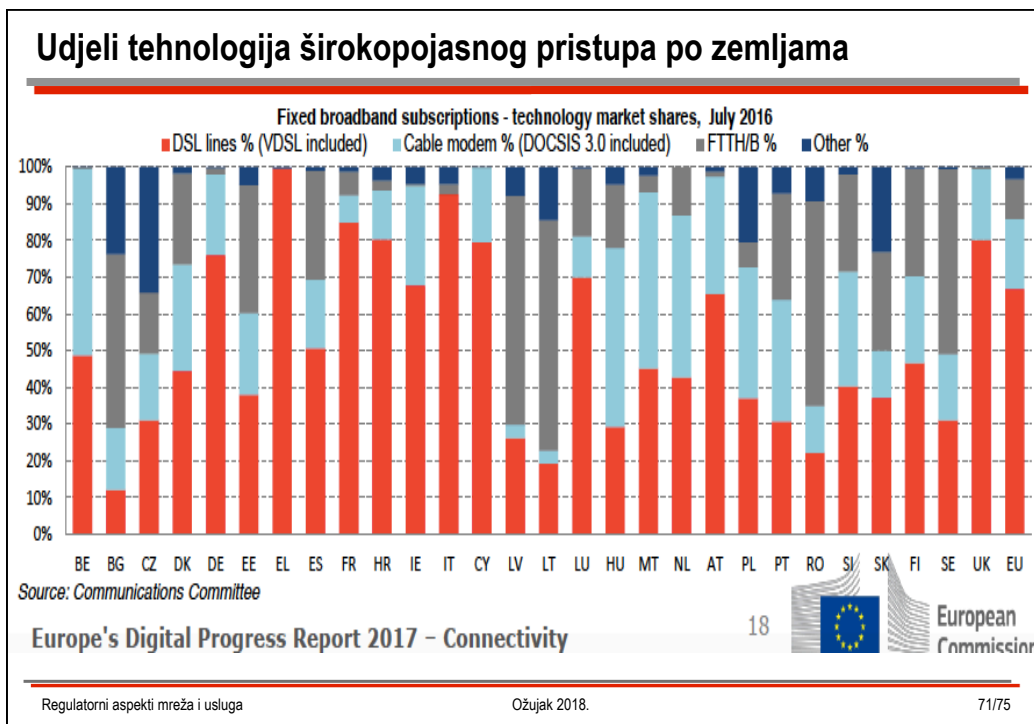


Ultrabrzi širokopojasni pristup

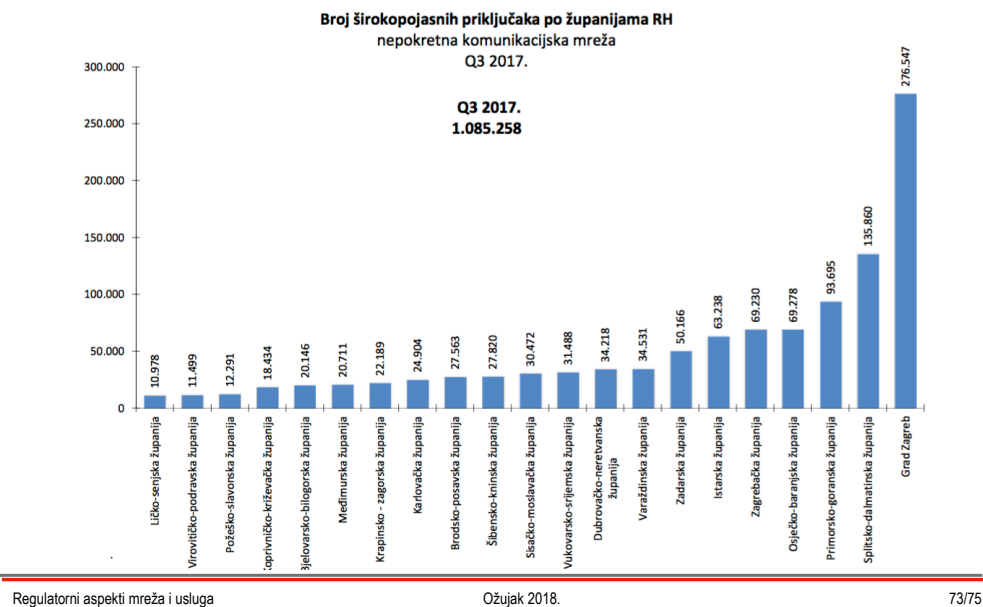


Tehnologije širokopojasnog pristupa





Broj priključaka po županijama (HR)



Zadaci

Pokazatelji razvijenosti širokopojsasnog pristupa Internetu u Republici Hrvatskoj. Usporedba s EU.

Pokazatelji rasprostranjenosti Interneta te kableske i internetske televizije. Usporedba s EU.

Literatura

- ◆ Izvor: „Implementation of the EU regulatory framework for electronic communications – 2015“, Commission Staff Working Document, SWD(2015) 126 final, European Commission, 19.6.2015.
- ◆ A. Bažant, Ž. Car, G. Gledec, D. Jevtić, G. Ježić, M. Kunštić, I. Lovrek, M. Matijašević, B. Mikac, Z. Skočir, „Telekomunikacije – tehnologija i tržište“, Sveučilišni udžbenik, Element, 2007.
- ◆ A. Bažant, G. Gledec, Ž. Ilić, G. Ježić, M. Kos, I. Lovrek, M. Matijašević, B. Mikac, V. Sinković, „Osnovne arhitekture mreža“, II. izdanje, Sveučilišni udžbenik, Element, 2007.