

# Tehnologije dostopovnih omrežij

## TKO

1

# Problem prenosnih kapacitet

>> 100Mbit/s, Gbit/s, Tbit/s

**HRBTENIČNA OMREŽJA**

**DOSTOPOVNA OMREŽJA**

**HIŠNA OMREŽJA**

**POTS, V.92: 56kbit/s**  
**ISDN: 128kbit/s**

---

**ADSL: 4(0,8) Mbit/s**  
**CATV: 5(0,5) Mbit/s**

---

**VDSL: do 100Mbit/s**  
**FTTH: 100Mbit/s , 1Gbit/s....**

**100Mbit/s ..**

2

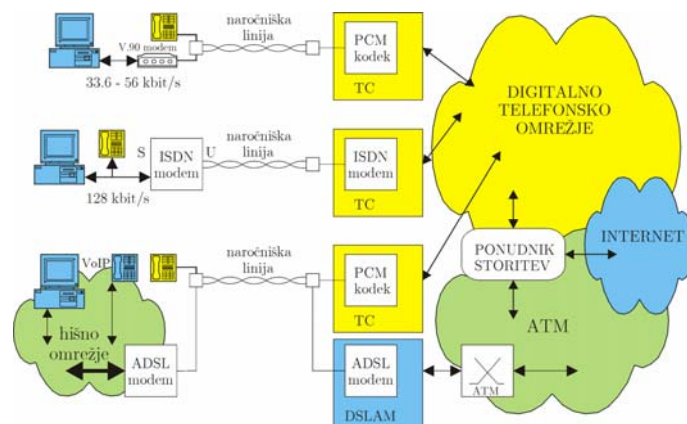
## Dostopovna vrvična omrežja

- razpoložljiva žična omrežja:
  - telefonsko omrežje
  - omrežje kableske televizije
  - nizkonapetostno energetska omrežje
- posodobitve žičnih omrežij z dodajanjem optičnih vodov:
  - hibridno omrežje - HFC, HFT
  - optično vlakno do vozlišča - FTTN
- novo optično dostopovno omrežje
  - optično vlakno do doma - FTTH

3

## Telefonsko omrežje

digitalizacija naročniškega omrežja – DSL (Digital Subscriber Loop):

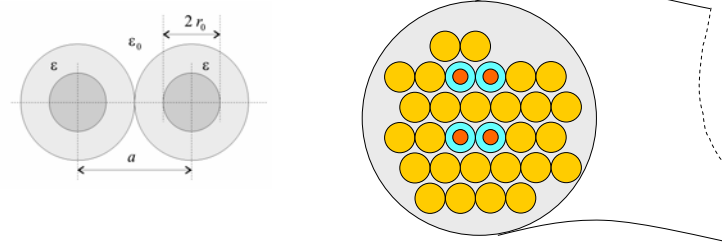


4



## Značilnosti prenosnega medija

- Telefonsko omrežje je bilo načrtovano za prenos analognega govornega signala v frekvenčnem območju od 300 do 3400Hz. Za hitri znakovni prenos potrebujemo bistveno širši frekvenčni pas!
- Največja motnja pri komunikaciji je presluh med vodi znotraj istega kabla.



5

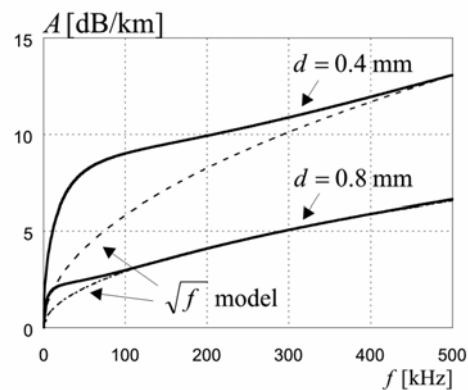
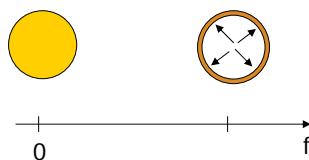


## Slabljenje

- Kožni pojav ima prevladujoč vpliv na potek slabljenja: pri visokih frekvencah teče električni tok samo še po površini vodnika.
- Slabljenje signalav kablu narašča približno s kvadratnim korenom frekvence:

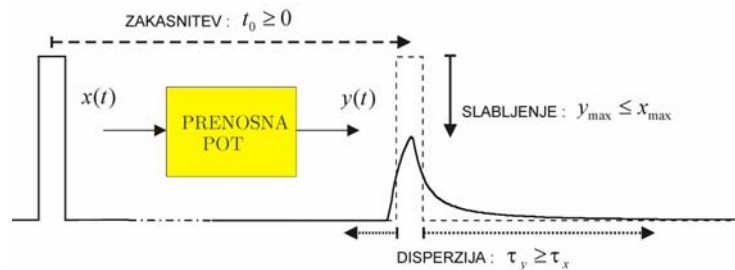
$$A(f) = A(f_0, l_0, d_0) \frac{d_0 l}{d l_0} \sqrt{\frac{f}{f_0}}$$

učinek kožnega pojava:



## Disperzija

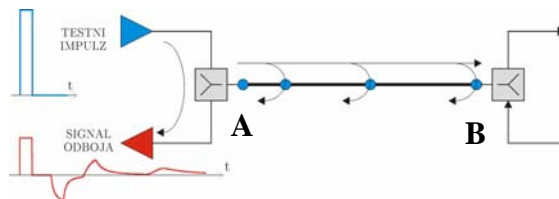
- Primer popačitve pravokotnega impulza:



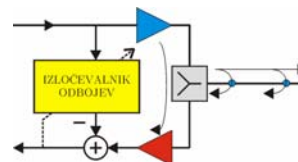
- Popačitve zaradi disperzije je mogoče odpraviti z obdelavo signalov v sprejemniku.
- Disperzija ni omejevalni dejavnik pri znakovnem prenosu po žičnih vodih.

7

## Odboji



- Signal odboja A je mnogo večji od zelenega signala B !
- Odboje je mogoče odpraviti: Izločevalnik odbojev generira kopijo signala odboja.

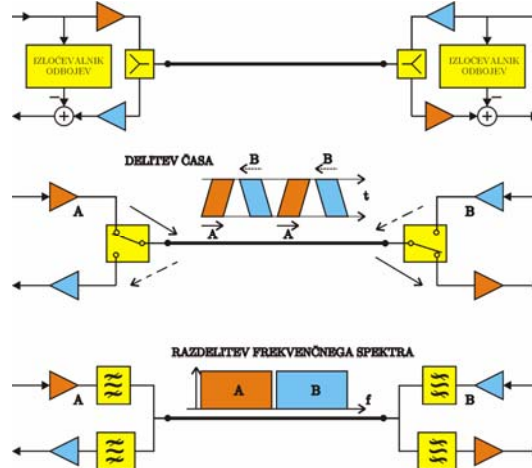


8



## Ločevanje smeri prenosa

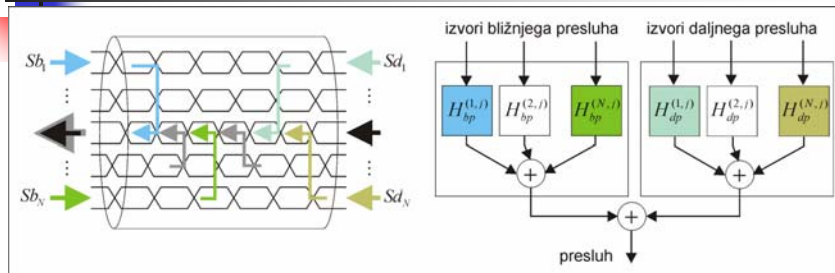
- sočasni prenos
- časovna ločitev smeri - TDM
- frekvenčna ločitev smeri - FDM



9



## Presluh



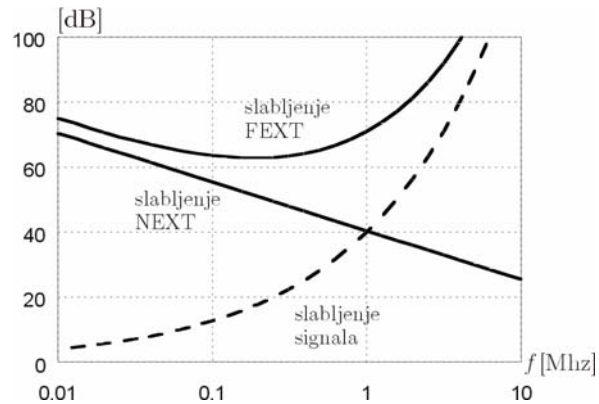
- Zanima nas moč vsote preslušnih signalov iz množice sosednih izvorov na bližnjem in daljnem kraju.
  - bližnji presluh NEXT (Near End Crosstalk)
  - daljni presluh FEXT (Far End Crosstalk)

10



## Razmerje signal/šum

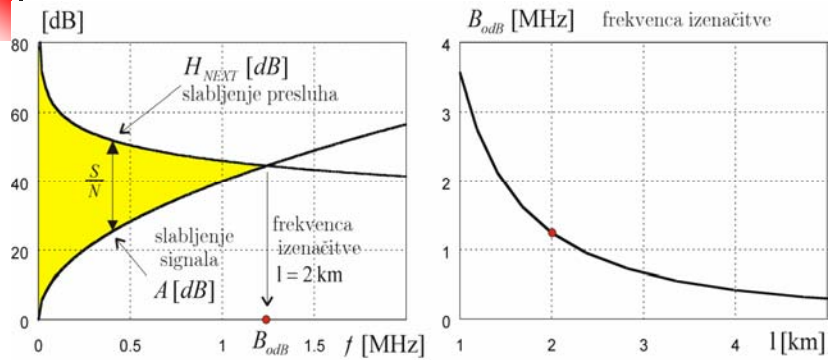
primer linije:  
 $l=2\text{km}$ ,  $d=0.5\text{ mm}$



11



## Uporabna pasovna širina ?



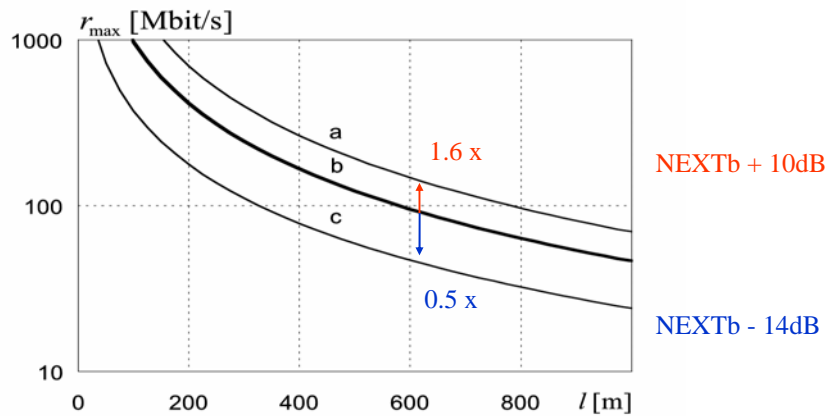
Prevladujoči vpliv NEXT:

- več kot 90% prenosne kapacitete se nahaja do frekvence izenačitve !
- "uporabna" pasovna širina zelo strmo upada z razdaljo !

12



## Prenosna kapaciteta



13



## Pomen prenosne kapacitete

Prenosna kapaciteta medija



Praktično dosegljiv informacijski pretok pri dopustni pogostosti napak (BER) je odvisen od stopnje tehnološke zahtevnosti opreme !

Učinkovitost izkoriščanja prenosne kapacitete medija je odvisna od prenosne opreme:

- modulacija ?
- kodiranje ?
- način sodostopa ?



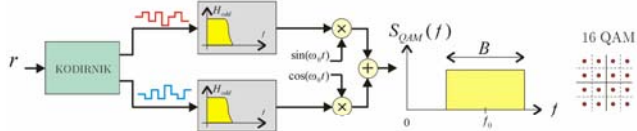
14

# Učinkoviti prenosni sistemi

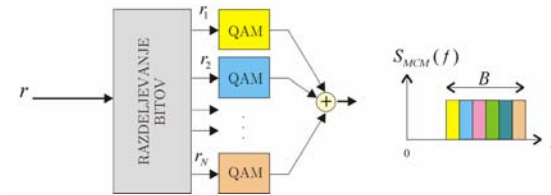
■ PAM



■ QAM



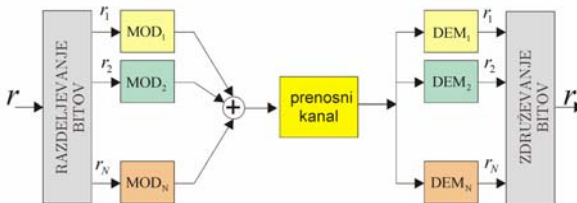
■ MCM



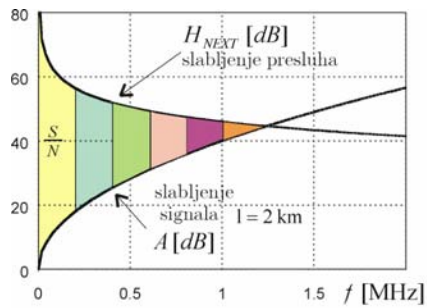
15

# Prilagajanje razmeram na kanalu

MCM modem:  
(DMT, OFDM)



razmere za  
primer  
naročniškega  
voda v okolju  
NEXT:



razdelitev prenosne  
hitrosti po kanalih:



16





## Razvoj xDSL tehnologij:

- (1986) ISDN
- (1992) HDSL
- (1995), (1999) ADSL
- (1998) HDSL2
- (2002) ADSL2, (2003) ADSL2+
- (2004) VDSL
- (2005) VDSL2

17



## HDSL

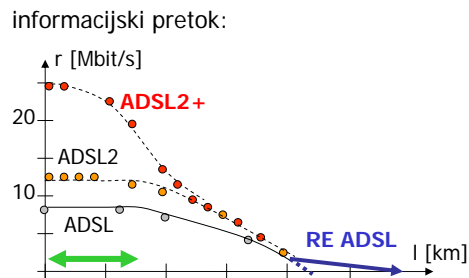
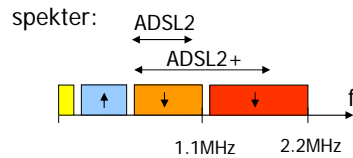
DSL tehnologije za majhne poslovne uporabnike (SOHO) – cilj je prenos **2.048Mbit/s** = E1 link

- ISDN ---> HDSL: 2B1Q ,
- HDSL2: 16 TC-PAM,
- HDSL4: razširjen doseg, 4 linije
- SHDSL(Single pair HDSL): G.991.2 TC-PAM 192-2304kbit/s

18

# ADSL standardi

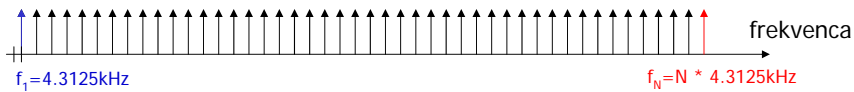
- ADSL (1999)
  - G.992.1 G.dmt 32kbit/s  
-> 8Mbit/s
  - G.992.2 G.lite
- ADSL2 (2002)
  - G.992.3 G.dmt.bis
  - G.992.4 G.lite.bis
- ADSL2+ (2003)
  - G.992.5 do 24Mbit/s
- Annex
  - A: ADSL+POTS
  - B, J: ADSL+ISDN
  - L: (G.992.3) RE ADSL  
(Reach Extended ADSL)



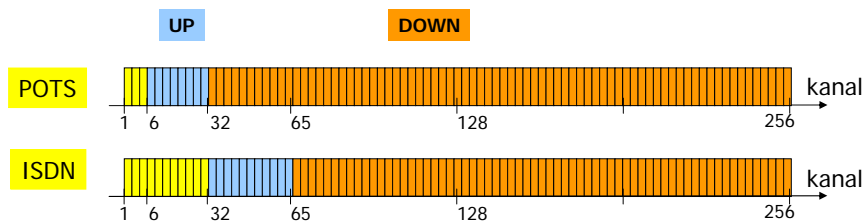
19

# ADSL DMT kanali

- DMT modem generira N različnih frekvenc v razmiku 4.3125kHz:



- uporaba in razdelitev kanalov za ADSL, ADSL2 (annex A in B):

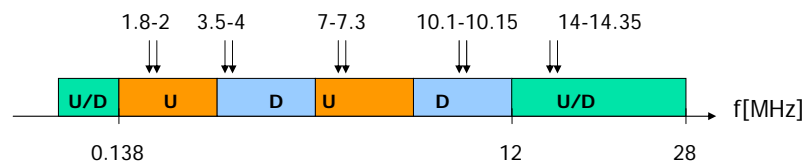


20

## VDSL

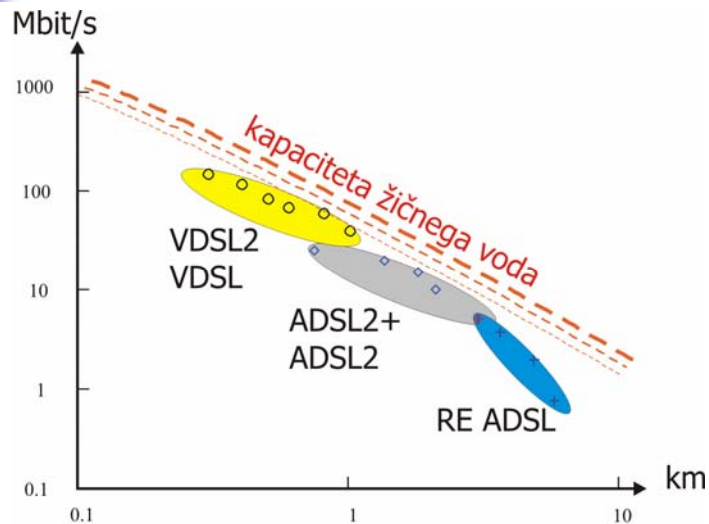
Zelo hitri prenos po bakreni parici na kratkih razdaljah:

- VDSL G.993.1 (2004), frekvenčno območje do 12MHz
- VDSL2 (ITU 2005), frekvenčno območje do 30MHz
- VDSL DMT modem ima enak razmik med toni kot ADSL
- obstajajo različni načrti uporabe frekvenčnega pasu:
  - plan 997, plan 998,...



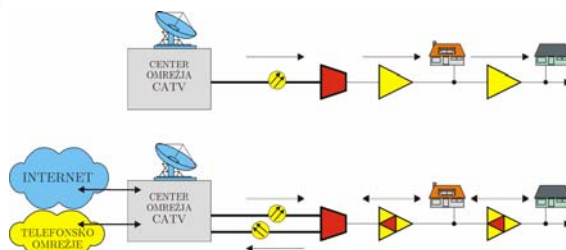
21

## Pretok in doseg xDSL



22

## Omrežje kableske televizije



smer	pretok	frekvenca	B	modulacija
od uporabika (UPLINK)	0,32-5 Mbit/s 0,64-10 Mbit/s	5-42 MHz	200kHz-3200kHz	QPSK, 16 QAM
proti uporabniku (DOWNLINK)	30 Mbit/s 43 Mbit/s	88-860 MHz	8 MHz	64 QAM 256 QAM

DOCSIS	Downstream	Upstream
1.x	42.88 (38) Mbit/s	10.24 (9) Mbit/s
Euro	57.20 (51) Mbit/s	10.24 (9) Mbit/s
2.0	42.88 (38) Mbit/s	30.72 (27) Mbit/s
3.0	+480 Mbit/s	+120 Mbit/s

Uporabniki si delijo prenosne kapacitete kanalov !

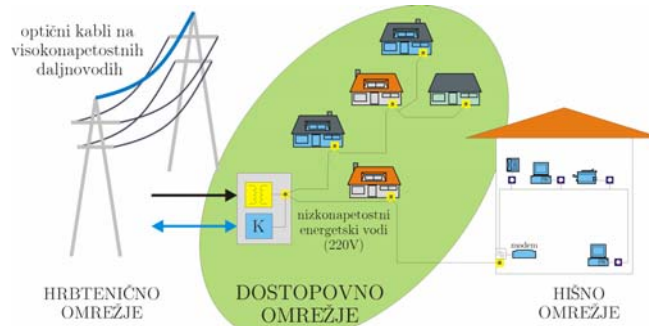
23

## Sodobno kabelsko omrežje

- kabelsko omrežje je hibridno
  - uporablja dva prenosna medija – HFC
  - prenaša analogne in digitalne kanale
- kablinski modemi delujejo po specifikacijah **EuroDOCSIS** (Data Over Cable Service Interface Specification) verzije DOCSIS1.0, 1.1, 2.0,3.0
- definirana je arhitektura in nabor specifikacij vmesnikov za multimedijske storitve preko HFC paketnega omrežja – **EuroPacketCable**

24

## Elektroenergetsko omrežje ?

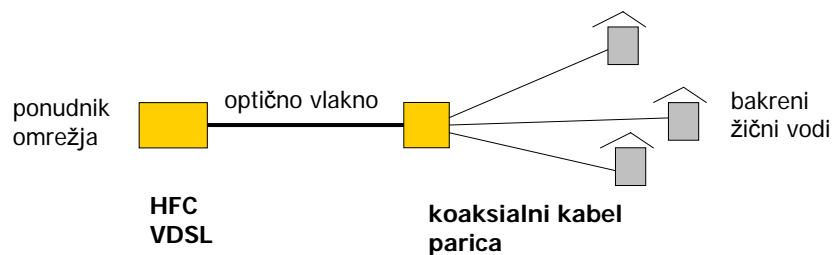


- frekvenčni pas za PLC širokopasovne komunikacije: 1Mhz-30Mhz
- EU IST **OPERA** (Open PLC European Research Alliance), jan. 2004-> 2008
- **PLC Forum** napovedi: 2-20Mbit/s, doseg do 500 metrov
- Ascom Powerline: pretok do 4,5 Mbit/s, doseg ~ 300 metrov

25

## Hibridno omrežje

- razdalje bakrenih vodov zmanjšamo z dodajanjem optičnih vodov:
  - kabelsko omrežje HFC (200-500/vlakno)
  - naročniško omrežje HFT-VDSL (30-100/vlakno)

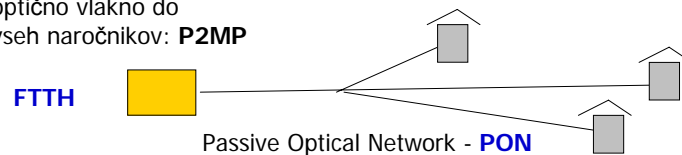


26

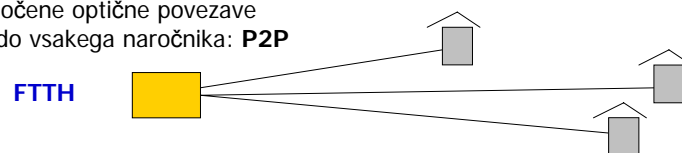
## Optika do doma, zgradbe

- Bakrene vode v celoti nadomestimo z optičnimi vlakni. Ločimo dve osnovni topologiji FTTH:

optično vlakno do vseh naročnikov: **P2MP**



ločene optične povezave do vsakega naročnika: **P2P**



27

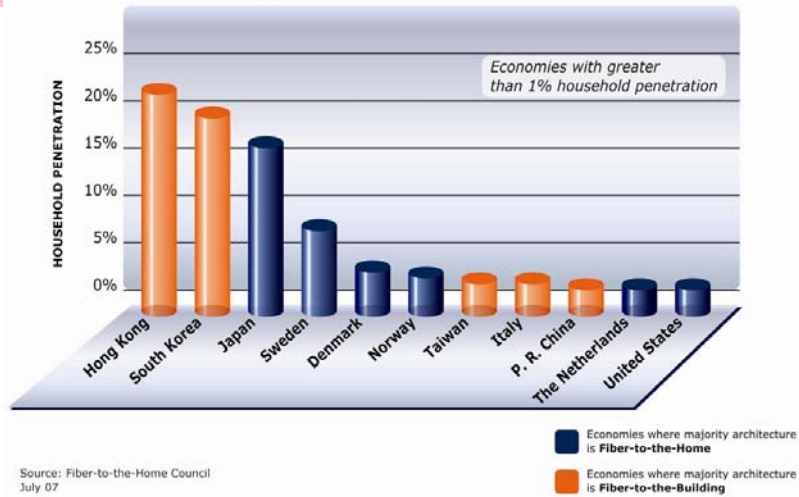
## Ovire pri uvajanju FTTH

- cena ?
  - optoelektronika (oprema in **instalacija**)
    - 15% na strani vozlišča
    - 45% na strani uporabnikov
  - PON omrežje in **instalacija**
    - 40%, od tega so vlakna samo 3%
- potrebe in želje uporabnikov ?
  - ali kapaciteta žičnih omrežij še zadošča?
  - nove storitve, kdaj smo pripravljeni plačati več ?

28

## FTTH pokritost po svetu

Economies with the Highest Penetration of Fiber-to-the-Home / Building



29

## Primerjava xDSL-FTTH

### ■ Japonska, 2000-2007:

Year	DSL	Ftth
2000	9,700	-
2001	1,530,000	-
2002	5,645,700	271,000
2003	10,270,000	894,000
2004	11,200,000	2,450,000
2005	14,481,000	4,640,000
2006	14,236,000	7,940,400
2007 (e)	14,000,000	11,500,000

(Source: BuddeComm based on MIC data)

30