

Željko Popović:

# Izgradnja digitalnih gradova

Željko Popović

Ericsson Nikola Tesla d.d., Zagreb, Hrvatska  
Ericsson Nikola Tesla d.d., Zagreb, Croatia



## Sažetak

U današnje vrijeme digitalni gradovi se razvijaju u cijelom svijetu. Oni će građanima omogućiti stvaranje informacijskog prostora za svakodnevno korištenje. Ključni element u razvoju digitalnih gradova i povećanju kvalitete života građana su širokopojasne usluge. U članku je veća pažnja posvećena širokopojasnim pristupnim tehnologijama nego samim aplikacijama i uslugama.

Lokalna uprava ima sve značajniju ulogu u razvoju održivih širokopojasnih usluga, naročito u ruralnim područjima za koja komercijalni operatori ne pokazuju poslovni interes kada je riječ o ulaganjima u širokopojasnu infrastrukturu. Znači, lokalna uprava je u poziciji da potiče rast širokopojasnog pristupa omogućujući građanima korištenje *online* usluga te definirajući politike i programe koji će stimulirati uvođenje prihvatljivih širokopojasnih usluga na lokalnoj razini. Ericssonova ponuda za optičke pristupne mreže (FTTH - *Fiber To The Home*) može pomoći gradskoj upravi i komunalnim tvrtkama da implementiraju optičke pristupne mreže koje će potaknuti i omogućiti uvjete tržišnog natjecanja za sve davatelje usluga na telekomunikacijskom tržištu. Ericsson nudi potpuna rješenja za širokopojasne pristupne mreže. Uz isporuku opreme (kao što je korisnička oprema, optički pristupni čvorovi, agregacijski čvorovi, rubni usmjernici kao i pasivne komponente: optički sustavi Ribbonet i Micronet, optički kabeli, optički distribucijski okviri i ostale opreme za instalaciju) Ericsson može ponuditi i razne profesionalne usluge: konzalting, dizajn mreže, implementaciju i integraciju, usluge projektiranja i upravljanja mrežom.

## Abstract

Today, digital cities are being developed all over the world. They will provide an opportunity to people to create a public information space for their everyday life. Broadband services are recognized as one of the most critical components of development and improvement of citizens' quality of life.

This paper focuses on the broadband access technologies instead of the applications and services. Local government has a significant role in the development of sustainable broadband services, particularly in regional areas where the business case may be insufficient to attract commercial suppliers. As the primary public service provider and infrastructure manager to local communities, local government is in a key position to facilitate the growth of broadband through the delivery of online services to local communities and the development of policies and programmes that encourage the provision of affordable broadband services at the local level. Local government needs a broadband vision that directly supports the national vision, recognising the need for all levels of government to work collaboratively on this important task and to leverage the unique role of local governments in the widespread uptake and deployment of broadband services.

Ericsson's solution Fiber-To-The-Home (FTTH) is primarily aimed at helping new municipalities and utility companies to deploy fiber networks that allow numerous service providers to compete in the network. Ericsson offers equipment for complete end-to-end broadband access. In addition to delivering equipment such as CPEs, fiber access nodes, aggregation nodes and edge routers for the network as well as passive components such as optical fiber systems, ducts, fiber cables, Ribbonet™, Micronet™, ODF and splicing equipment and many more, Ericsson can also offer complete turnkey solutions comprising the actual active and passive infrastructure but also a range of professional services from the early stage of business consulting through network and service design, actual implementation and integration. It goes without saying that Ericsson can take the responsibility of project management and when everything is in place, run and manage networks for the success of its customers.



**Ključne riječi:**

Digitalni grad

Sljedeća generacija širokopoljasne infrastrukture

Optika do kuće, FTTH

Otvoreni pristup

**Key words:**

Digital city

Next Generation Broadband Infrastructure

Fibre To The Home, FTTH

Open access

# 1 Uvod

Digitalne tehnologije pokazale su se snažnim poticajnim čimbenikom gospodarskog rasta i konkurentnosti. Gospodarstvo SAD-a je u 90-im godinama prošloga stoljeća primjenjujući ove tehnologije doživjelo značajan gospodarski rast. Vodeći se tim uspjehom, Europska unija je u okviru programa „eEurope 2002“ i „eEurope 2005“ postavila ambiciozan cilj da do 2010. godine postane najkonkurentnije društvo znanja na svijetu. Ti su se programi odnosili ne samo na postizanje veće gospodarske konkurentnosti, već su predstavljali i jamstvo da će svaki građanin Unije imati pristup modernim komunikacijskim tehnologijama, što je imalo povećati kvalitetu življenja. Početkom 2005. godine Europska komisija prihvatila je inicijativu „i2010“ koja treba potaknuti razvoj i zapošljavanje u području informacijskog društva i medija. Inicijativa „i2010“ zasniva se na tri temeljna stupa: zajednički informacijski prostor (razvoj širokopojsnih mreža za pristup Internetu diljem Europe te poticanje proizvodnje novih multimedijalnih sadržaja na mreži), inovativnost i istraživanja (u europske znanstveno-istraživačke programe kao prioriteta područja uključene su tehnologije informacijskog društva) te uključivost (koja se odnosi na dostupnost tehnologija i usluga informacijskog društva u svim regijama EU i svim slojevima stanovništva, kao i manjinskim zajednicama).

Digitalni grad je oblik informacijskog prostora koji se odnosi na određeni fizički prostor u gradu. Digitalni gradovi pokrivaju široko područje digitalnih mreža i aplikacija koje omogućuju razne aspekte socijalnog i ekonomskog života u gradovima: elektroničko poslovanje, zdravstvenu zaštitu, transakcije, javnu sigurnost, edukaciju, transport i ostalo. Ključne prednosti digitalnog grada su optimiziran prijenos informacija, smanjen digitalni jaz između grada i građana, potenciran gospodarski razvoj i kvaliteta života u većim gradovima. Značajniji rast i masovnost širokopojsnog pristupa predstavlja osnovu za razvoj tržišta naprednih elektroničkih usluga, digitalnog sadržaja i elektroničke trgovine te bazu korisnika usluga.

Izgradnjom digitalnog grada lokalna samouprava može ostvariti sljedeće ciljeve:

- smanjenje troškova gradske uprave – efikasnija gradska uprava;
- povećanje zadovoljstva i kvalitete života građana;
- osiguranje velikog broja sadržaja i usluga za građane i poslovne subjekte;
- ubrzanje ekonomskoga razvoja grada;
- povećanje konkurentnosti gradova;
- povećanje opće sigurnosti i zaštite građana;
- poticanje rasta i masovnosti širokopojsnog pristupa, odnosno, korištenja Interneta;
- smanjenje telekomunikacijskih troškova za sve operatore i davatelje usluga;
- uspostavljanje „One-Stop-Shop“ infrastrukture za gradsku upravu.

Očito je da danas nema uspješnih implementacija e-usluga bez adekvatne mrežne infrastrukture pod koju spada širokopojsni pristup, kao i šira uporaba računala i mobilnih komunikacija.

Na potpuno liberaliziranom telekomunikacijskom tržištu pojavljuju se novi operatori i davatelji usluga koji samostalno ili zajednički pružaju usluge krajnjim korisnicima. Iskustvo i primjeri iz europske prakse pokazuju da u razvoju telekomunikacijskog tržišta, a pogotovo u razvoju širokopojsnog tržišta, sve veću ulogu preuzimaju lokalne i regionalne samouprave. Većina gradova zapadne Europe ulaže znatna sredstva u izgradnju svjetlovodnih pristupnih mreža koje trebaju omogućiti korisniku izbor davatelja usluga za svaku uslugu posebno, što znači da se svim zainteresiranim operatorima treba omogućiti pristup do korisnika bez ograničenja, uz korištenje resursa mrežnog operatora. Gradska uprava se pojavljuje u ulozi vlasnika mrežne infrastrukture te mora osigurati poštivanje načela otvorenog i ravnopravnog pristupa telekomunikacijskoj infrastrukturi, pod jednakim uvjetima za sve sudionike na tržištu. Nove napredne širokopojsne usluge postavljaju zahtjeve na pristupne mreže u pogledu znatno većeg kapaciteta. Dugoročno gledajući, bakrena parica nije i neće više biti rješenje za nove usluge. Iskustvo pokazuje da je smanjenjem cijena optičke tehnologije došlo do njene masovne primjene u pristupnoj, distribu-

cijskoj, pa čak i u razvodnoj mreži. Optička vlakna do zgrade (FTTB - *Fiber To The Building*) i optička vlakna do kuće (FTTH - *Fiber To The Home*) postala su neizostavni dio suvremenih telekomunikacijskih mreža.

## 2 Usluge digitalnog grada

Važnost implementacije informacijske i komunikacijske tehnologije (ICT – *Information and Communications Technology*) u sve segmente društva, od obrazovanja, poslovanja, pravosuđa do zdravstva, kulture i gradske uprave je neupitna.

Razni projekti i planirane inicijative jasno pokazuju da je informatizacija društva postala dio sustavne politike koja dolazi s državne razine. Općenito je prepoznata važnost implementacije informacijskih i komunikacijskih tehnologija u svakodnevnom životu te je postignut konsensus oko toga da gradska uprava i samouprava trebaju aktivnije sudjelovati u njihovoj širokoj primjeni.

Razvoj širokopojsnih komunikacija omogućuje stvaranje i primjenu novih zahtjevnih aplikacija i poboljšanje postojećih. On potiče gospodarski rast jer omogućuje stvaranje novih usluga i otvaranje novih investicija i radnih mjesta. Ali taj razvoj utječe i na produktivnost mnogih postojećih procesa, što dovodi do većih dohodaka i većih investicijskih povrata. Vlade su na svim razinama prepoznale utjecaj širokopojsnih komunikacija na svakodnevni život i posvećene su osiguravanju jednakih pogodnosti za sve segmente društva i gospodarstva.

Dostupnost širokopojsnih usluga jedan je od ključnih elemenata koji lokalnim samoupravama omogućuje i olakšava privlačenje ulaganja, uvođenje rada na daljinu, pružanje zdravstvene pomoći, boljeg obrazovanja i kvalitetnijih usluga javne uprave.

Internet je glavna pokretačka snaga informacijskog društva. Stoga je Europska komisija utvrdila zadatke s ciljem povećanja korištenja Interneta, od kojih je najvažniji učiniti Internet dostupnim svakom građaninu, u svakom domu, školi, poduzeću i državnoj upravi. To se može postići povećanjem širine pojasa pristupa, smanjenjem cijene usluga i povećanjem sigurnosti korištenja Interneta. Istovremeno je potrebno raditi i na uvođenju novih aplikacija i stvaranju digitalnih sadržaja. Komisija stoga vodi programe koji:

- povećavaju korištenje Interneta u društvu;
- stimuliraju kreiranje i proizvodnju visokokvalitetnih multimedijских sadržaja, osobito s obzirom na bogatstvo i raznolikost jezičnog i kulturnog nasljeđa Europe;
- omogućavaju europskim poduzećima da zadobiju vodeću ulogu u razvoju internetskih aplikacija;
- potiču istraživanja i razvoj novih tehnologija i aplikacija za dobrobit građana;
- stimuliraju razvoj elektroničkog rada i trgovine (*e-working, e-commerce*);
- osiguravaju dostupnost infrastrukturne osnove za ostvarivanje gore navedenih ciljeva.

Među inicijativama koje se odvijaju, važno je istaknuti e-javnu upravu (*e-government*) i e-uključivost (*e-inclusion*).

E-javna uprava je novi pristup unaprjeđenju komunikacije unutar lokalne samouprave te između građana i lokalne samouprave. Podržava ga softverski intranet i Internet sustav koji omogućuje unaprjeđenje efikasnosti javne uprave, brže obavljanje poslova i radnih zadataka te, što je najvažnije, pružanje usluga građanima putem Interneta.

Model e-javne uprave koristi sva suvremena sredstva komunikacije i razmjene informacija poput elektroničke pošte (*e-mail*) ili elektroničkih foruma i konferencija za bolju razmjenu informacija, putem lokalne mreže (LAN - *Local Area Network*). Najvažnija osobina modela e-javne uprave za lokalnu samoupravu, razvijenog u sklopu projekta reforme lokalne samouprave, jeste interaktivna komunikacija građana s lokalnom samoupravom i pružanje kvalitetnijih usluga građanima putem Interneta. E-javna uprava omogućava građanima pristup informacijama o

svim projektima lokalne samouprave, čime se poboljšava ne samo nadzor i razina kontrole trošenja proračunskih sredstava, već i kvaliteta planiranja u lokalnoj zajednici. E-javna uprava omogućava građanima da izravno komuniciraju s izabranim lokalnim dužnosnicima i članovima gradskih, odnosno, općinskih vijeća, što otvara prostor za njihovo aktivnije sudjelovanje u donošenju odluka na lokalnoj razini. Građani putem e-javne uprave mogu gradskoj, odnosno, općinskoj upravi podnositi zahtjeve za obavljanje usluga iz nadležnosti lokalne samouprave, slati dokumente potrebne za njihovo odobrenje, i sve to uz značajnu uštedu vremena.

Sljedeći značajan korak u implementaciji koncepta digitalnog grada je informatizacija gradske uprave, koja će doprinijeti većoj efikasnosti i kvaliteti rada uprave i njenih zaposlenika.

Također, otvorit će mogućnosti za veću otvorenost uprave prema građanima te postaviti temelje za stvaranje pravih elektroničkih usluga i pokretanje dvosmjerne elektroničke komunikacije s građanima.

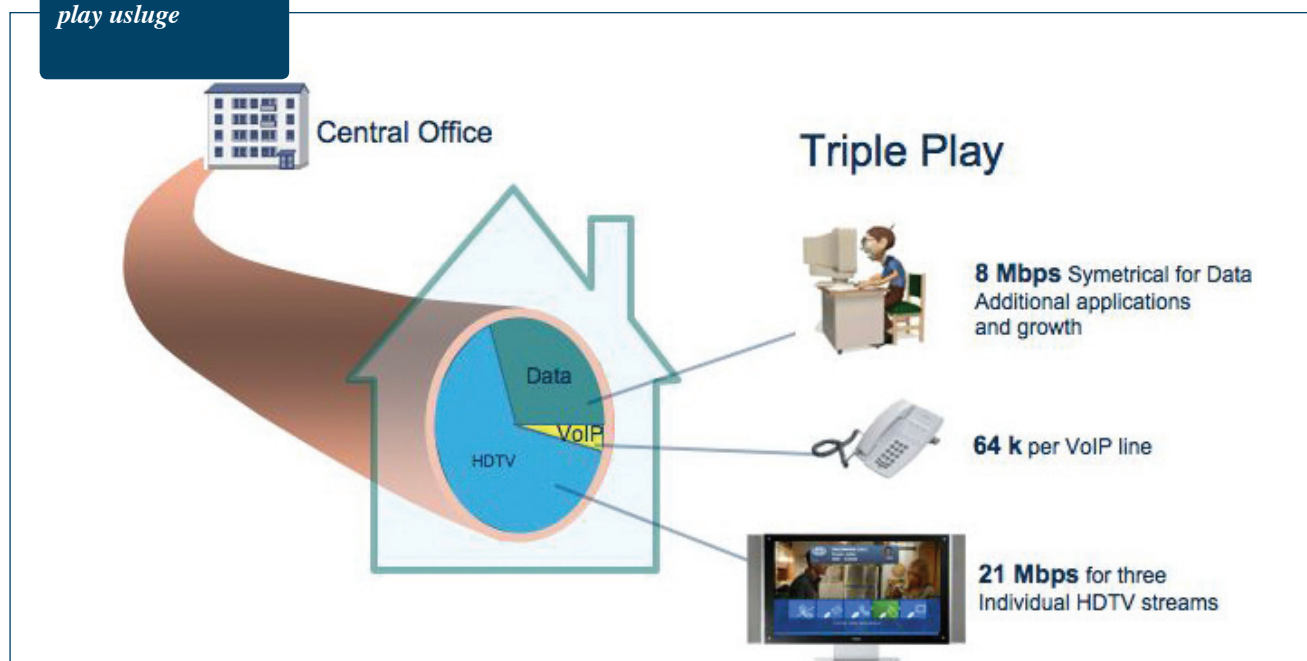
Nakon uspostave komunikacijske infrastrukture i potpune informatizacije gradske uprave slijedi faza koja donosi niz projekata čiji je cilj unaprijediti život građana: e-edukacija, e-zdravstvo, e-knjižnica, e-poslovanje i dr. Uz ponudu javnih usluga, ciljevi su još i stvaranje okruženja za elektroničko poslovanje, uspostavljanje sigurne informacijske infrastrukture te povoljna opća pristupačnost širokopojasnog pristupa Internetu.

Novе usluge temeljene na video i IPTV tehnologiji značajno povećavaju zahtjeve na kapacitete u pristupnoj mreži. Danas, sve više operatora nudi *triple play* usluge koje uključuju: pristup Internetu, IPTV i glasovnu uslugu. Uzevši u obzir napredne tehnike kompresije video signala u formatu SDTV (*Standard Definition TV*) i nadolazeći format HDTV (*High Definition TV*), potrebni kapaciteti prijenosa dati su kako slijedi u *Tablici 1*.

Sustav/kompresija	Brzina po kanalu (Mbit/s)	Tipično (Mbit/s)
SDTV /MPEG-2	2-5	3
SDTV/MPEG-4	1.5 - 2	1.5
HDTV/MPEG-2	15 - 20	16
HDTV/MPEG-4	5-10	8

Tablica 1. Zahtjevi na kapacitete za digitalnu televiziju

Slika 1: Zahtjevi na kapacitete prijenosa za triple play usluge





**Slika 2:**  
Struktura digitalnog grada

Zahtjevi za brzinama se povećavaju iz dana u dan i premašuju raspoložive dostupne kapacitete izgrađenih širokopojsasnih mreža. Većina današnjih izgrađenih širokopojsasnih mreža u Europi podržava kapacitete prijenosa do 20 Mbit/s. U bliskoj budućnosti prosječno kućanstvo će zahtijevati minimalno 100 Mbit/s (Slika 1.). Jasno je da je nužna izgradnja sljedeće generacije pristupnih mreža koja se temelji na optičkoj infrastrukturi.

### 3 Infrastruktura digitalnog grada

Danas ne postoji jedinstvena arhitektura digitalnog grada koja bi bila primjenjiva za sve digitalne gradove. Svaki grad ima različite ciljeve, što u razvoju digitalnog grada znači različitu arhitekturu, različitu organizaciju i različite usluge.

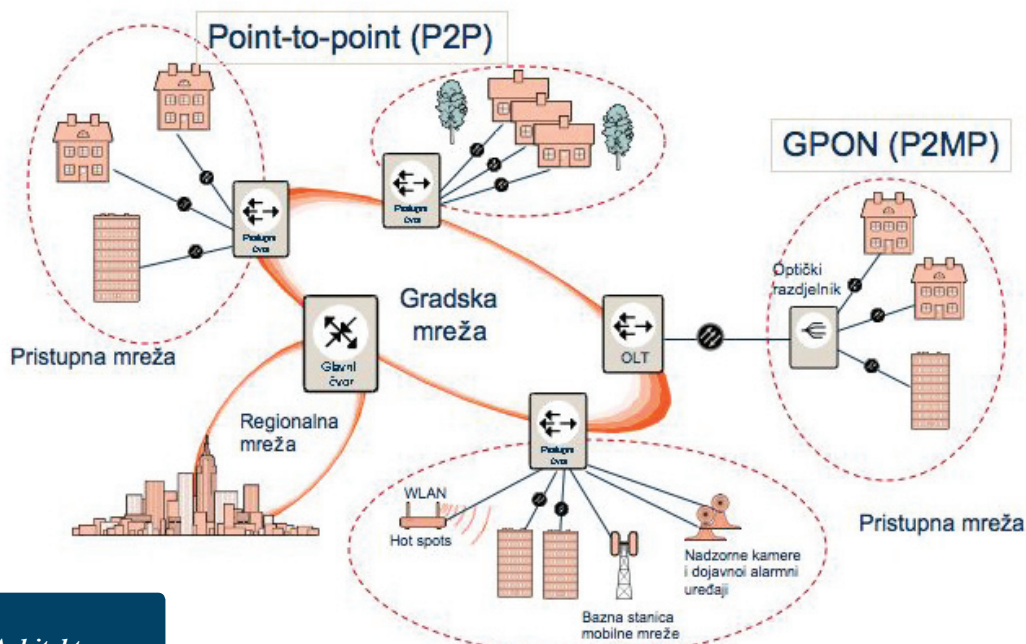
#### 3.1 Struktura digitalnog grada

Pojednostavljeni model digitalnog grada se sastoji od četiri razine (Slika 2.):

- „back office“ gradske uprave: sva tijela gradske i ostalih razina vlasti potrebna za realizaciju usluga potrebnih građanima / poslovnim korisnicima;
- aplikacije: e-javna uprava, e-zdravstvo, e-obrazovanje, sigurnost, e-poslovanje (e-trgovina) i ostalo;
- mrežna infrastruktura: metropolitaska mreža, širokopojsasna pristupna mreža, otvorena bežična pristupna mreža – hot spots, javni terminali, itd.;
- krajnji korisnici: građani, grupe građana i poslovni subjekti.

#### 3.2 Arhitektura gradske širokopojsasne mreže

Gradska mreža je telekomunikacijska infrastruktura izgrađena i u vlasništvu lokalne uprave. Glavni korisnici gradske mreže su: operatori i davatelji usluga, poslovni korisnici, institucije javnog sektora i rezidencijski korisnici. Arhitektura i topologija gradske mreže sastoji se od gradske jezgrene mreže s optičkim čvorovima i pristupnih mreža (Slika 3.). Glavna namjena gradskih mreža je da osigura širokopojsasnu infrastrukturu za dugoročne potrebe.



**Slika 3: Arhitektura gradske širokopojasne optičke mreže**

Pristupna mreža povezuje korisnike ili grupe korisnika na pristupni čvor. Pristupne mreže uglavnom pokrivaju određeno područje grada gdje se nalaze kuće ili stambene zgrade, tvrtke, bolnice, škole i dr. Na optički pristupni čvor se može povezati i razna oprema: pristupne točke bežične pristupne mreže (*WLAN - Wireless Local Area Network*), bazne stanice pokretnih mreža, kao i razna oprema namijenjena za javnu sigurnost (nadzorne kamere i dojavni alarmni uređaji) te oprema za upravljanje prometom u gradu i dr.

Projekt izgradnje komunalne širokopojasne infrastrukture bi trebao sadržavati sljedeće:

- dogradnja i izgradnja distribucijsko-telekomunikacijske kanalizacije (DTK) i optičke pasivne infrastrukture u gradovima, koja je u vlasništvu i kojom upravlja gradska uprava;
- za nova naselja u gradovima izgraditi optičku pristupnu mrežu do kuće/stana (FTTH);
- izgraditi kolokacijske prostore gdje bi se smještala komunikacijska oprema operatora i davatelja usluga;
- izgraditi otvorene bežične mreže (WLAN) za pristup Internetu na javnim mjestima u gradu (*hot spots*);
- umrežiti i povezati sve ustanove u vlasništvu grada (komunalne organizacije, škole, knjižnice, muzeje, učilišta, zdravstvene i slične institucije).

### 3.3 Modeli infrastrukture

Cilj poslovnog modela za komunalne širokopojasne mreže je osigurati održivost gradskih svjetlovodnih mreža i osigurati resurse za njen rad, održavanje i proširenje, a istovremeno promovirati tržišno natjecanje nudeći bolje i jeftinije usluge za građane. Poslovni model određuje način na koji će se eksploatirati optička gradska mreža (*Slika 4.*).

Postoje različiti poslovni modeli za tržište komunalnih širokopojasnih mreža, tj. ne postoji jedinstveni poslovni model koji bi bio pogodan za sve gradove.

U pravilu, u poslovnom modelu postoje tri osnovne razine:

- prva razina određuje tko eksploatira pasivnu infrastrukturu (distribucijska telekomunikacijska kanalizacija, zdenci, šahtovi, optički kabeli i dr);



Slika 4: Slojeviti model mreže

- druga razina određuje tko osigurava i eksploatira aktivnu mrežnu infrastrukturu (usmjernici, komutatori, prijenosni optički komutatori i sl.);
- treća razina određuje tko nudi pristup mreži, usluge i sadržaj.

Mrežni operator osigurava pasivnu infrastrukturu, najčešće optičku kablensku mrežu. Tipičan mrežni operator je komunalna tvrtka.

Komunikacijski operator osigurava aktivnu infrastrukturu (komutacije, usmjernike, optičke mreže, i dr.). Komunikacijski operator iznajmljuje kapacitete od mrežnog operatora.

Davatelj usluga, osigurava usluge na mreži. Davatelj usluga plaća komunikacijskom operatoru pristup krajnjem korisniku i ima prihod od krajnjeg korisnika.

Dodjela različitih odgovornosti jednoj od razina u poslovnom modelu proizvodi različite poslovne scenarije koji pokazuju kako javne organizacije, gradska uprava, komunikacijski operatori i davatelji usluga međusobno surađuju na dobit krajnjih korisnika, građana. Mogući su različiti slučajevi poslovnih modela i to:

- **Model ravnopravnog pristupa**

Cilj ovog poslovnog modela je da se osigura jednakopravan pristup pasivnoj infrastrukturi, pri čemu je jedan mrežni operator odgovoran za razinu pasivne mreže, nudeći pristup pod jednakim uvjetima i pristupačnim cijenama. Pasivna mreža je u vlasništvu gradske uprave, odnosno tvrtke u njenom vlasništvu, a koja je odgovorna za razvoj, održavanje i upravljanje mrežom. Na drugoj razini mreže, postoji na tržištu više komunikacijskih operatora koji se natječu u ponudi usluga pristupa širokopolasnoj mreži bilo kojem davatelju usluga pod istim uvjetima. Na trećoj razini se nalazi veći broj davatelja širokopolasnih usluga koji posluju u uvjetima tržišnog natjecanja.

U ovom modelu uloga gradske uprave je da osigura i promiče djelotvorno i održivo tržišno natjecanje na širokopolasnom tržištu, s jednakim mogućnostima za sve davatelje usluga. U modelu su moguće dvije varijante. U prvom slučaju postoji širokopolasna infrastruktura te nije u nju potrebno investirati. U ovom scenariju, uloga lokalne samouprave je da koordinira i poveže privatne organizacije modelom zajedničkog ulaganja i na taj način upravlja pasivnom infrastrukturom. U ovom scenariju dovoljno je imati jednu privatnu kompaniju, koja ima ulogu komunikacijskog operatora, na razini aktivne mreže. Druga varijanta u modelu ravnopravnog pristupa podrazumijeva da je gradska uprava vlasnik i pasivne i aktivne infrastrukture koji njima i upravlja. Tržišno natjecanje odvija se na razini usluga, a u ovom modelu se pojavljuje više privatnih kompanija kao davatelja usluga.



- **Model isključivo privatnog operatora**

Ovaj model je primjenjiv u slučajevima u kojima na tržištu ne postoje davatelji usluga, odnosno širokopojasno tržište nema dovoljno kritičnu masu korisnika koji bi mogli generirati dovoljan prihod za veći broj komunikacijskih operatora. U ovom modelu jedna privatna kompanija se pojavljuje u ulozi davatelja usluga i komunikacijskog operatora. Pasivna infrastruktura je u vlasništvu gradske uprave. Prednost ovog modela je to što projekt može biti održiv i za nižu razinu prihoda od krajnjih korisnika, međutim krajnji korisnici imaju na raspolaganju manju ponudu usluga, a nisu stvoreni ni uvjeti tržišnog natjecanja. Uspostava monopolističkog položaja komunikacijskog operatora trebala bi biti privremena, i s vremenom bi se trebala transformirati u model ravnopravnog pristupa.

- **Model potpune kontrole od strane gradske uprave**

U ovom poslovnom modelu gradska uprava je odgovorna za sve dijelove širokopojasne mreže (pasivna infrastruktura, mrežna infrastruktura i usluge). Kod toga gradska uprava osigurava potpunu kontrolu na svim razinama mreže kroz model javnog privatnog partnerstva. Nedostatak ovog modela je to što gradska uprava ne potiče tržišno natjecanje na razini usluga.

### 3.4 Model otvorenog pristupa mreži

Otvoreni pristup osigurava krajnjim korisnicima izbor davatelja usluga i potiče tržišno natjecanje na razini usluga (Slika 5.).

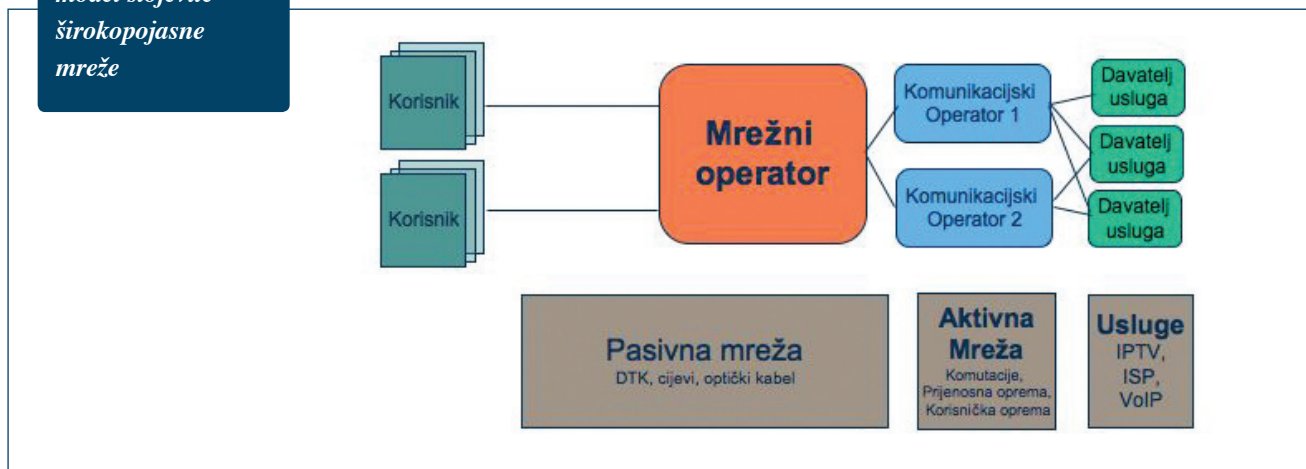
### 3.5 Regulatorni okvir za otvoreni pristup mreži

Sadašnji regulatorni okvir EU ne stvara uvjete za poticanje investiranja u sljedeću generaciju pristupne infrastrukture, a posljedica toga su ograničene mogućnosti za inovativnost i kreativnost u razvoju aplikacija i sadržaja. Europski operatori uglavnom investiraju u pristupne tehnologije koje osiguravaju puno manje kapacitete u odnosu na postojeće mreže u Japanu ili Koreji. Nadalje, ove mreže osiguravaju samo asimetrične širokopojasne usluge, što značajnije usporava uvođenje novih aplikacija i usluga koje bi se mogle razvijati u Europi. Osim toga, ovo će usporiti masovnije uvođenje naprednih usluga kao što su e-zdravstvo, e-obrazovanje i e-poslovanje.

### 3.6 Primjeri i iskustva europskih gradova

Posljednjih godina u nekim europskim zemljama pojavili su se FTTH projekti koje su uglavnom pokrenule komunalne tvrtke u vlasništvu gradske ili regionalne uprave. Glavni motiv

**Slika 5: Generički model slojevite širokopojasne mreže**



za pokretanje ovih projekata je želja da se poboljša socijalna i ekonomska pozicija grada ili regije.

Većina projekata je u Švedskoj i Danskoj, međutim u posljednje vrijeme pokreću se i projekti u Austriji, Njemačkoj, Nizozemskoj i Švicarskoj. U *Tablici 2.* dat je pregled najznačajnijih projekata optičke pristupne mreže temeljene na FTTH arhitekturi.

Grad	Mrežni operator	Komunikacijski operator	Mrežna arhitektura	Planirani broj linija i investicije
Amsterdam GlasvezelNet	GNA (javno privatno partnerstvo)	BBNed(TI)	P2P (Ethernet)	420.000 do 2013. (300 mil. eura)
Vienna Blizznet	Wienstrom (javna komunalna tvrtka u vlasništvu grada)	Blizznet (u vlasništvu Wienstroma)	P2P (Ethernet)	800.000 do 2012.
Köln CityNetCologne	NetCologne AG (u vlasništvu grada)	NetCologne AG	FTTB i VDSL2	1000.000 do 2010. (125 mil. eura)
Stockholm StokAB	StokAB			100.000
Reykjavik Energi	Reykjavik Energi	Reykjavik Energi		80.00
Vesteras	Malarenergi	MalarNetCity	P2P Ethernet	50.000 (2007.)

*Tablica 2: Izabrani FTTH projekti u Europi*

Ove inicijative su motivirane željom da se poboljša pristup širokopoljnim uslugama. Mreže su u vlasništvu gradske uprave i temelje se na načelu otvorenog pristupa, što znači da gradska uprava nije pružatelj usluga, već nudi mrežne resurse ostalim nuditeljima usluga, na osnovi jednakosti i transparentnosti.

Primjerice, područje Pariza s kablovskom optičkom mrežom pokriva tvrtka u vlasništvu grada te tako povezuje sve institucije lokalne uprave, komunalna poduzeća te kulturne i obrazovne ustanove. Slično su napravili Berlin, London i Frankfurt. Dio telekomunikacijskih kapaciteta takvih gradskih (komunalnih) optičkih kablovskih mreža, građenih po mjeri i u skladu s potrebama grada, kasnije se komercijalno iznajmljuje svim zainteresiranim operatorima ili im se iznajmljuju kapaciteti gradskih distribucijsko-telefonskih kanalizacija (DTK). Iskustva u EU pokazuju da se troškovi stvaranja takvih gradskih telekomunikacija otplaćuju u tri do četiri godine poslovanja.

Ericsson je po principu "ključ u ruke" potpisao s grčkim gradom Trikala ugovor o isporuci cjelovitog rješenja izgradnje prvog grčkog digitalnog grada. Ericsson je vodeći integrator u ovome projektu FTTx temeljne telekomunikacijske infrastrukture, koja će stanovnicima ovoga grada omogućiti širokopoljne usluge. Ericsson je također jedini isporučitelj za komutaciju, WiFi sustav, svjetlovodnu mrežu gradskog područja, kao i povezane telekomunikacijske usluge poput savjetodavnih usluga, izvedbe, systemske integracije i podrške kupcima do 2008.

Svjetlovodna mreža u gradskom području (MAN - *Metropolitan Area Network*), koja se proteže u duljini od 15 km po gradu, povezivat će niz zgrada - vijećnicu, bolnice, škole i sveučilišta, kulturne i sportske centre te gospodarsku komoru, policiju, vatrogasce, porezne urede, meteorološku službu i poluindustrijski gradski park. Gradska mreža bit će povezana s nacionalnom mrežom javne administracije (Syzefxis) te s Internetom i omogućit će veliku brzinu prijenosa podataka te visokokvalitetne širokopoljne usluge.

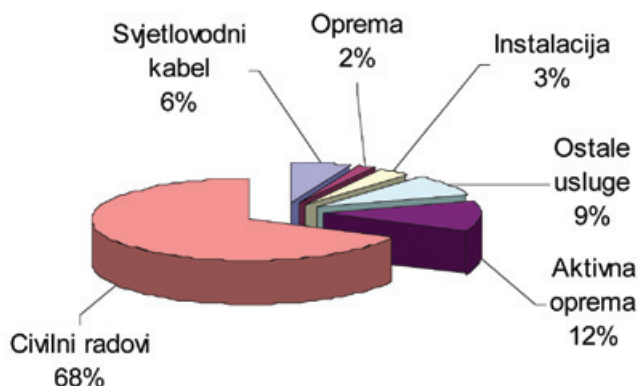
Među uslugama u gradskoj mreži naći će se elektroničko tržište za lokalne poduzetnike, geoinformacijski sustavi za podatke iz područja okoliša i hitne slučajeve, inteligentne transportne mreže i program zdravstvene zaštite. U rješenje je integriran i sustav dojavljivanja za hitne slučajeve, gradski centar za rad na daljinu (*teleworking*) te tečajevi na daljinu (*e-learning*) za nezaposlene.

Koncept digitalnog grada sadrži niz aplikacija iz područja informacijske i komunikacijske tehnologije u gradskoj samoupravi na temelju grčkog programa za informatičko društvo. Implementacija u Trikali pod nazivom „e-Trikala“, omogućuje jednostavnije javne transakcije, smanjuje telekomunikacijske troškove te nudi niz usluga za krajnje korisnike koje ispunjavaju potrebe građana u gradovima srednje veličine.

## 4 Optičke pristupne mreže

Pristup optičkim vlaknima (FTTH – *Fiber To The Home*) je tip komunalne infrastrukture koja, kao i ostale komunalne infrastrukture, zahtijeva značajna početna ulaganja koja će biti isplativa za nekoliko godina. Sam svjetlovodni kabel je relativno jeftin i on predstavlja manje od 6% ukupnih troškova cijene optičke pristupne mreže. Međutim, civilni radovi koji se odnose na kopanje i polaganje cijevi za postavljanje svjetlovodnih kabela mogu biti znatno skuplji, često predstavljaju do 80% od ukupnih troškova nove mreže. Na *Slici 6.* prikazana je raspodjela početnih troškova za izgradnju nove optičke pristupne mreže. Troškovi civilnih radova se mogu smanjiti korištenjem postojećih komunalnih infrastrukture (kanalizacija, tuneli, postojeća distribucijska telekomunikacijska infrastruktura i dr.).

**Slika 6: Raspodjela troškova kod izgradnje nove optičke pristupne mreže**



### 4.1 Tehnologije širokopolasnog pristupa pomoću optičkih vlakana

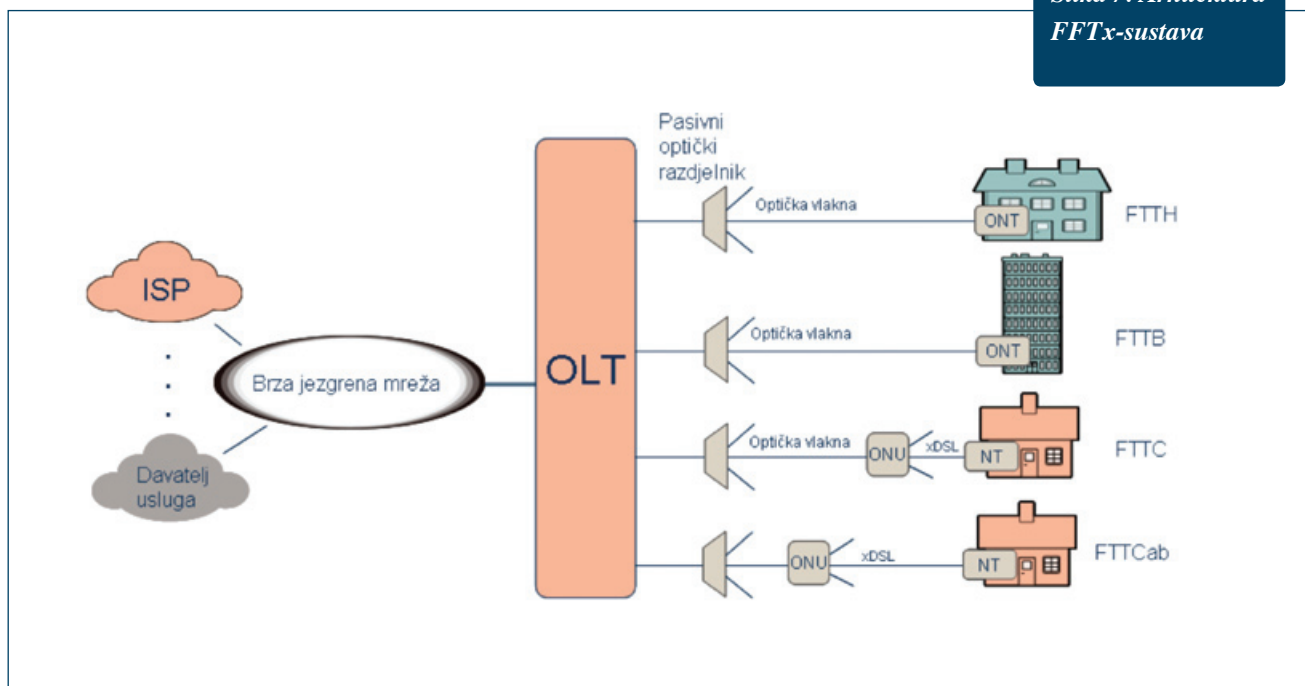
Postavljanje optičkih kabela u pristupnu mrežu može se ostvariti na nekoliko načina. Razne pristupne tehnologije koje kombiniraju optičke kabele i bakrene parice predstavljaju arhitekturu FTTx, gdje je x tip krajnjeg zaključenja:

- optička vlakana do stana - *Fiber to the Home* (FTTH);
- optička vlakana do zgrade - *Fiber to the Building* (FTTB);
- optička vlakana do pločnika - *Fiber to the Curb* (FTTC);
- optička vlakana do kabineta - *Fiber to the Cabinet* (FTTCab).

Pristup optičkim vlaknima je oduvijek predstavljao najkvalitetniju varijantu širokopolasnog pristupa jer omogućava postizanje velikih prijenosnih brzina i dometa prijenosa. Jedina prepreka masovnijem uvođenju FTTx-tehnologija je njihova cijena i regulatorni uvjeti u većini zemalja koji zahtijevaju opsežne i skupe zahvate u kabelskoj infrastrukturi i samim time dodatno doprinose povećanju troškova realizacije pristupne mreže, što se pak dugoročno odražava i na cijenu usluga.

Slika 7. prikazuje arhitekturu FTTx sustava. U sustavima FTTH i FTTB optički linijski terminal (OLT - *Optical Line Terminal*) povezan je pomoću optičkih vlakana s optičkim mrežnim završecima (ONT - *Optical Network Termination*) instaliranim u kućama ili zgradama. U FTTC-u i FTTCab-u je pomoću optičkih vlakana OLT povezan s optičkim mrežnim jedinicama (ONU - *Optical Network Unit*) smještenim u blizini skupine kuća ili zgrada, koje su nekom od DSL tehnologija (ADSL ili VDSL) povezane s mrežnim završecima (NT - *Network Termination*) unutar samih kuća ili zgrada. FTTH širokopojasne mreže podržavaju najveće moguće kapacitete preko velikih udaljenosti gdje se aktivna oprema može smjestiti na središnjoj lokaciji smanjujući troškove održavanja i složenost same mreže.

Slika 7: Arhitektura FTTx-sustava



FTTH mreža dolazi u dva izvedbena oblika (Slika 8.):

- mreža “od točke do točke” (*Point to Point, P2P*);
- pasivna optička mreža.

Osnovna prednost korištenja pasivnih optičkih mreža pred optičkom mrežom od točke do točke leži u uštedama u izgradnji kableske infrastrukture, jer uporaba PON-a smanjuje potrebnu količinu optičkih vlakana. Snaga signala koji se šalju prema krajnjim korisnicima dijeli se u omjeru 1:N, pri čemu je N broj krajnjih korisnika vezanih na pasivni optički razdjelnik (*passive optical splitter*).

Kod pasivnih optičkih mreža utemeljenih na vremenskom multipleksiranju (TDM-PON) podaci se u smjeru prema krajnjem korisniku prenose načelom razasijanja (*broadcast*), dok se u smjeru od korisnika prema mreži podaci prenose višestrukim pristupom mediju (*multiple medium access*), što znači da se ukupni raspoloživi pojas poveznice koja povezuje OLT s ONU-om dijeli između krajnjih korisnika. O broju krajnjih korisnika ovisi kolika će im prijenosna brzina biti na raspolaganju (nije definirana gornja granica na krajnji broj korisnika). Međutim, praktično ograničenje na krajnji broj korisnika predstavlja maksimalno pristupno kašnjenje. Sukladno tome, broj krajnjih korisnika po jednom razdjelniku obično ne prelazi 64.

Danas su PON mreže širokopojasne, a mogu se implementirati kao BPON (*Broadband PON*), EPON (*Ethernet PON*) ili GPON (*Gigabit PON*) mreže.

U Tablici 3. dat je usporedni pregled i osnovne karakteristike PON tehnologija.

	BPON	EPON	GPON
Standard	ITU-T G.983	IEEE 803.2ah	ITU-T G.984
Kapacitet	Dolazni smjer: do 622 Mbit/s Odlazni smjer: 155 Mbit/s	Simetrično: do 1.25 Gbit/s	Dolazni smjer: do 2.5 Gbit/s Odlazni smjer: do 2.5 Gbit/s
Valna duljina u dolaznom smjeru (nm)	1490 i 1550	1550	1490 i 1550
Valna duljina u odlaznom smjeru (nm)	1310	1310	1310
Prijenos	ATM	Ethernet	ATM, Ethernet, TDM

Tablica 3: Usporedba PON tehnologija

BPON definira PON-ove koji omogućuju pristup dolaznom brzinom do 1.244.16 Mbit/s i odlaznom brzinom do 622.080 Mbit/s. APON je jedna od inačica BPON-a, koja koristi ATM.

GPON koristi brzine prijenosa (simetrične ili asimetrične) od 155.520 Mbit/s, 622.080 Mbit/s, 1.244.16 Mbit/s i 2.488.32 Mbit/s. Domet prijenosa iznosi do 20 km (uz uporabu regeneratora i do 60 km).

EPON (sinonim za EPON je EFMP) podržava prijenosne brzine definirane Ethernet standardima: 10 Mbit/s, 100 Mbit/s, 1 Gbit/s ili 10 Gbit/s. Definirana su dva EFMP standarda fizičkog sloja:

- 1000BASE-PX10, domet prijenosa 10 km;
- 1000BASE-PX20, domet prijenosa 20 km.

Broj krajnjih korisnika u EPON-u ograničen je na 16 ili 32.

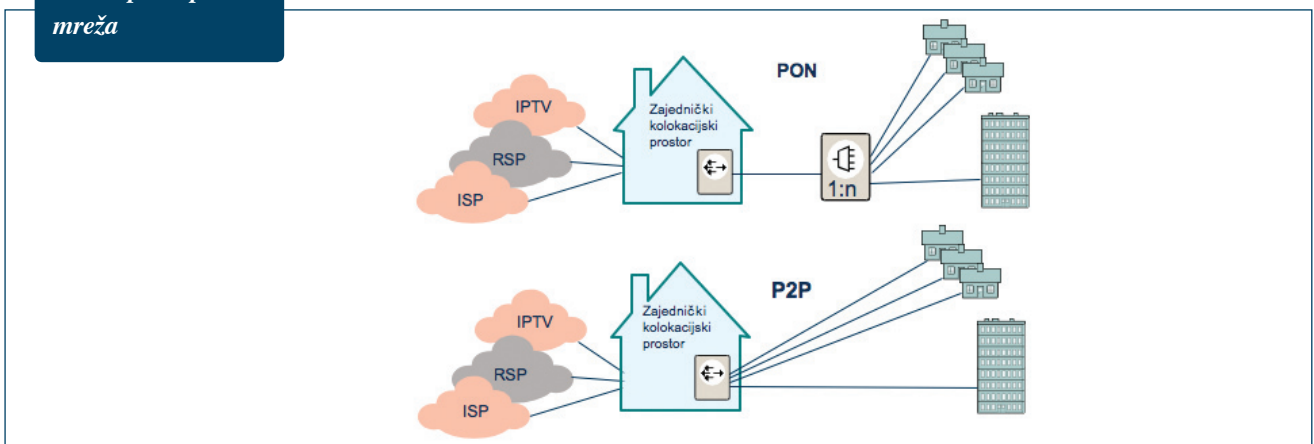
Uz navedene inačice PON-ova koji koriste TDM u odlaznom smjeru komunikacije, PON-ove je moguće koristiti zajedno s WDM-om. Tada je svakom korisniku dodijeljena zasebna valna duljina pa je problem višestrukog pristupa zajedničkom mediju jednostavniji, a također je moguće postići i puno veće prijenosne brzine po svakom korisniku. Jedina negativna strana WDM-PON-ova je u njihovoj visokoj cijeni u odnosu na tradicionalne PON-ove.

### 4.1.1 PON aplikacije

Cilj većine operatora je ponuditi tzv. *triple play* usluge, odnosno usluge prijenosa glasa, video signala i podataka.

- **Prijenos glasa**  
Dvije su metode pružanja usluge prijenosa glasa u PON mrežama - VoATM i VoIP. Budući da većina korisnika koristi (i koristit će) analogne telefone, za POTS uslugu neophodno je TR-57 sučelje i RJ-11 konektor.
- **Prijenos video signala**  
Prijenos RF video signala atraktivan je operatorima zato što je usluga direktno vezana

Slika 8: Izvedbe FTTH pristupnih mreža



s već postojećim korisnikovim koaksijalnim ožičenjem. Za ovu uslugu potrebno je tipično 80 analognih kanala te širina pojasa od 200 do 300 Mhz za digitalne kanale. Pri tome analogni signali moraju imati odnos nosilac/šum (CNR - *Carrier-to-Noise Ratio*) veći od 45 dB.

- **Prijenos podataka**

Korisničko sučelje koje se upotrebljava za prijenos podataka je 10/100Base-T, a sam prijenos kroz PON mrežu može se znatno razlikovati ovisno o proizvođaču opreme. Operatori koji u ponudi imaju DSL s BRAS korisničkim sustavom upravljanja imat će slične zahtjeve za svoje PON sustave, uključujući i zahtjev za PPPoE. Operatori koji uslugu pružaju putem modema koristit će DHCP za određivanje adresa.

- **IPTV**

Tehnički gledano, IPTV je podatkovna usluga, a obuhvaća *Video on Demand* (VoD) i *Switched Digital Video* (SDV). Pri upotrebi VoD-a svaki IP slijed podataka može preuzeti isključivo jedan TV uređaj (*unicast*). Ako je u pitanju SDV, isti taj slijed moći će preuzeti više TV uređaja (*multicast*). Oba slučaja zahtijevaju visoku kvalitetu usluge, široki pojas signala te brzi odziv sustava.

Svi ovi sustavi temelje se na ideji vremenske podjele optičkog medija putem višestrukoga pristupa s vremenskom podjelom (TDMA - *Time Division Multiple Access*). TDMA efikasno koristi propusni pojas optičkoga vlakna multipleksiranjem prometa koji odašilju različiti korisnici.

## 4.1.2 Gigabitne pasivne optičke mreže (GPON)

Zahtjevi za novim uslugama temeljenim na IP protokolu, kao što je IPTV visoke definicije potiču potrebu za velikim kapacitetima u pristupnoj mreži. Jasno je da jedino optičke pristupne mreže mogu zadovoljiti današnje i buduće potrebe u pogledu kapaciteta.

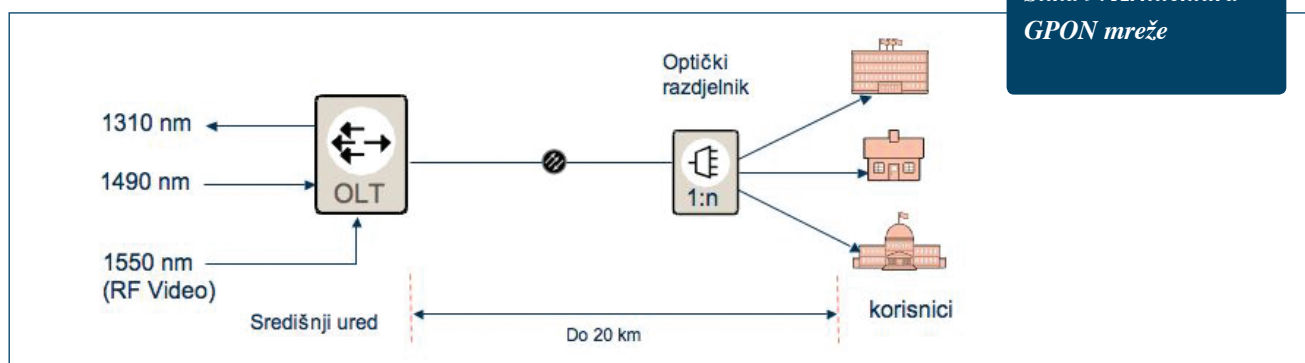
Specifikacije GPON mreža definirane su ITU-T serijom preporuka G.984 (*Tablica 4.*).

ITU-T broj	Opis
G.984.1	Osnovna svojstva GPON mreža
G.984.2	Specifikacije fizičkog sloja
G.984.3	Specifikacije prijenosnog sloja
G.984.4	Specifikacije sučelja za upravljanje i kontrolu ONT-om

Tablica 4: ITU-T G.984 serija preporuka

Na *Slici 9.* prikazana je tipična arhitektura GPON mreže. Signal koji dolazi od središnjeg terminala OLT dijeli se na pasivnom optičkom razdjelniku te odašilje svim korisnicima. Signali koji od korisnika dolaze do središnjeg terminala, kombiniraju se na optičkom sprežniku.

Središnji terminal OLT s pasivnim optičkim razdjelnikom povezuje jedno optičko vlakno. Optički razdjelnik je uređaj koji ima jedan ulaz te 2n (tipično 32) izlaza. Optička snaga signala



Slika 9: Arhitektura GPON mreže

na ulazu u razdjelnik raspodjeljuje se jednako među izlazima razdjelnika pri čemu je optička snaga na svakom izlazu u odnosu na ulaz reducirana za faktor  $n \times 3.5 \text{ dB}$  ( $10 \log 2n = n \times 10 \log 2$ ; 0.5 dB dodano je kako bi se uključili gubici u razdjelniku). Od optičkog razdjelnika do svakog korisnika dolazi po jedno optičko vlakno. Prijenos podataka putem optičkih vlakana od središnjeg ureda do pojedinog korisnika može se ostvariti na udaljenostima do 20 km.

GPON standard definira različite brzine prijena podataka za smjerove od središnjega terminala i prema njemu. Moguće kombinacije brzina prijena prikazane su u *Tablici 5*.

Dolazni smjer	Odlazni smjer
1,2 Gbit/s	155 Mbit/s
1,2 Gbit/s	622 Mbit/s
1,2 Gbit/s	1,2 Gbit/s
2,4 Gbit/s	155 Mbit/s
2,4 Gbit/s	622 Mbit/s
2,4 Gbit/s	1,2 Gbit/s
2,4 Gbit/s	2,4 Gbit/s

Tablica 5: Kombinacije brzina prijena za GPON

### 4.1.3 Svojstva GPON mreža

- Radna valna duljina**  
 Područje valnih duljina koje se koristi u GPON mrežama kreće se od 1480 do 1500 nm za smjer od središnjeg terminala prema korisniku te od 1260 do 1360 nm za suprotni smjer.
- Unaprijedno ispravljanje pogreške**  
 Unaprijedno ispravljanje pogreške (FEC - *Forward Error Correction*) matematička je tehnika procesiranja signala koja se koristi za kodiranje podataka. Uz originalnu se informaciju prenose i redundantne informacije kako bi se pogreške mogle detektirati i ispraviti.
- Transmisijski kontejneri**  
 Transmisijski kontejneri (T-CONT) su prijenosni entiteti koji se upotrebljavaju prilikom dodjeljivanja pojasa korisnicima za slanje podataka prema središnjem terminalu. T-CONT nosi ATM ili GEM promet s različitim klasama usluge. GPON podržava pet tipova transmisijskih kontejnera ovisno o klasi usluge.
- Dinamička dodjela pojasa**  
 Dinamička dodjela pojasa (DBA - *Dynamic Bandwidth Allocation*) je metodologija koja, na temelju trenutnih zahtjeva korisničkog prometa, omogućuje brzo dodjeljivanje pojasa korisnicima. Dinamičku dodjelu pojasa korisnicima kontrolira središnji terminal.

Slika 10:  
Ericssonova ponuda za alternativne operatore



- **Sigurnost**

Algoritam kodiranja koji se koristi u GPON mrežama je (AES - *Advanced Encryption Standard*).

- **Zaštita**

Radi poboljšanja pouzdanosti pristupnih mreža, GPON koristi dva tipa zaštićene komutacije - automatsku i prisilnu. Automatsku komutaciju potaknut će detekcija kvara (gubitak signala i sl.), dok se prisilna odnosi na “administrativna” zbivanja (zamjena optičkih vlakana i sl.).

## 5 Ericssonovo rješenje za optičke širokopojasne mreže

Ericssonova ponuda FTTH rješenja je pogodna za različite poslovne modele, a može zadovoljiti potrebe različitih operatera kao što su mrežni operatori, komunikacijski operatori, davatelji usluga i regulatorna tijela (*Slika 10.*).

Mrežnim operatorima Ericsson nudi potpuno rješenje za pasivnu infrastrukturu koje uključuje dizajn i izgradnju mreže te usluge integracije, projektiranja i dr.

Komunikacijskim operatorima Ericsson nudi aktivnu infrastrukturu i sve usluge potrebne za uspostavu mreže, od konzultantskih usluga do dizajna mreže, svu potrebnu aktivnu opremu, sustav za poslovnu podršku i sustav za održavanje i upravljanje mrežom BSS/OSS, integracijske usluge i usluge upravljanja mrežom.

Za davatelje usluga Ericsson ima niz rješenja, uključujući IPTV rješenje i rješenja za usluge temeljene na IMS-u.

### 5.1 Pasivna mrežna infrastruktura

Investiranje u optičke mreže je dugoročno rješenje, koje koriste tehnologije skalabilne i okrenute budućnosti te optimizirane u pogledu kapacitivnosti, kvaliteti i troškovima održavanja.

Jedan od inovativnih rješenja koje omogućuje smanjenje troškova civilnih radova je postavljanje optičkih kabela korištenjem tehnologije upuhivanja svjetlovodnog vlakna za zračne i za podzemne optičke instalacije.

Ribbonet® i Micronet™ su Ericssonovi sustavi za upuhivanje optičkih vlakana koji omogućuju neograničeni kapacitet i podržavaju rast sustava u skladu s potrebama korisnika.

Nuđenje pasivne infrastrukture uključuje tradicionalne optičke kabele, cijevi, optičke distribucijske okvire, opremu za spajanje i ostalu instalacijsku opremu.



Slika 11: Optičke jedinice tipa „ribbon“



Slika 12: Mikrocijevi



Slika 13: Oprema za upuhivanje optičkih vlakana



Ericssonova rješenja Ribbonet® i Micronet™ su optički sustavi kabliranja s jedinstvenim konceptom izvedbe, razvijeni naročito za gradske i pristupne mreže, u kojima se osnovni zahtjevi postavljaju na sklabilnost, troškovnu učinkovitost i jednostavnost izvedbe.

Fleksibilnost sustava je postignuta primjenom tehnologije upuhivanja optičkog vlakna. Jedna optička jedinica za Ribbonet sadrži do 12 optičkih vlakana, a za Micronet do 96 pojedinačnih optičkih vlakana. Zbog većeg kapaciteta, Micronet je pogodniji za izvedbu gradskih mreža, a može se koristiti kao nadopuna za Ribbonet u pristupnoj mreži. To je slučaj kada se Micronet koristi u prvom dijelu pristupne mreže, od distribucijskog čvora do točke spajanja.

Ericsson Ribbonet® je nova tehnologija koja omogućuje instalaciju optičkih komunikacijskih mreža u sve vrste objekata: stambene zgrade, urede, tvorničke hale, tunele. Ribbonet® tehnologija se bazira na principu upuhivanja optičkih kabela (*ribbon*) u prethodno postavljene mikrocijevi (*Slika 11., 12. i 13.*). Pri instalaciji sustava se postavljaju mikrocijevi u koje se kasnije upuhuju optički kabeli, pri čemu broj optičkih kabela ovisi o trenutnoj potrebi korisnika. Na taj način se značajno smanjuju troškovi izgradnje sustava, a istovremeno se omogućuje vrlo jednostavno i jeftino proširenje sustava.

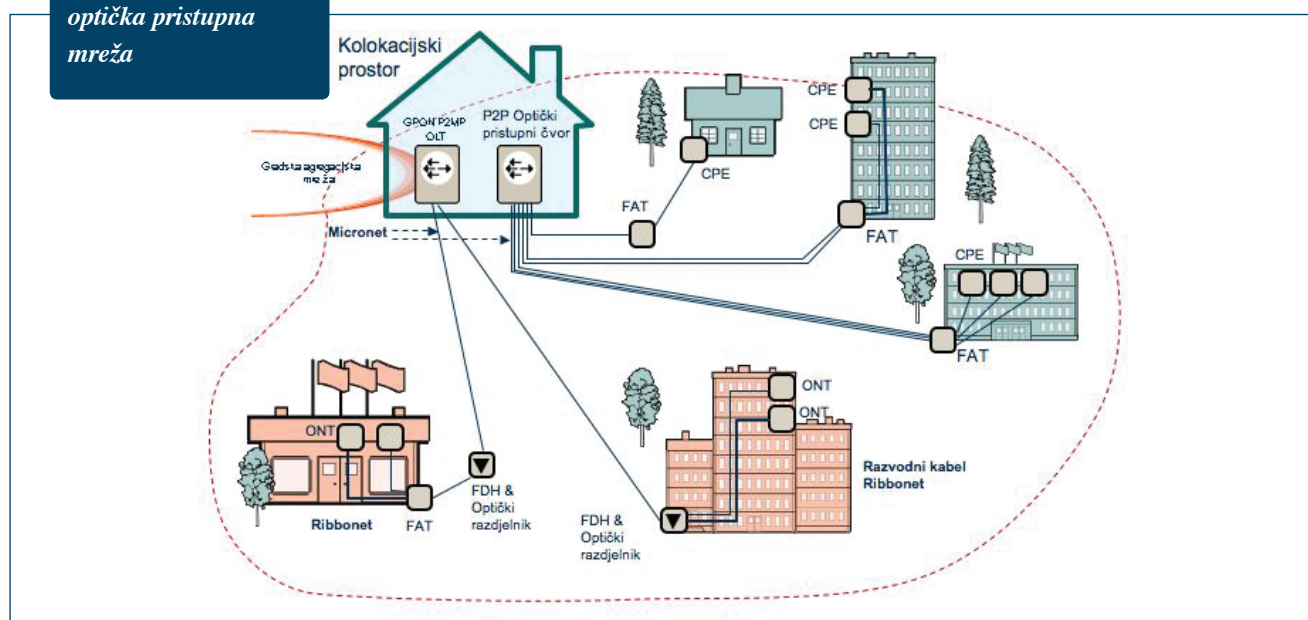
### 5.1.1 Mrežna infrastruktura naselja

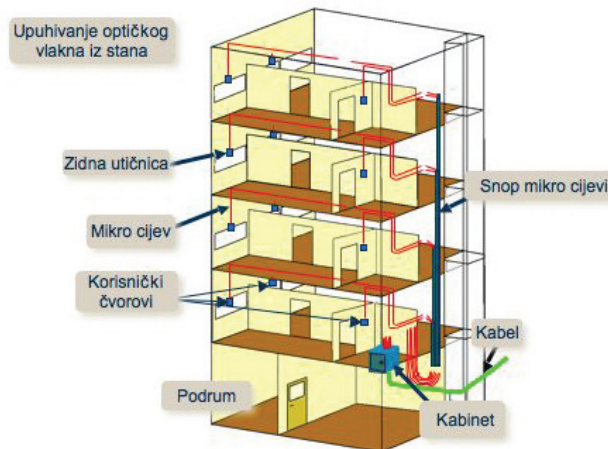
Lokalni pristupni čvor se smješta u središte naselja (zajednički kolokacijski prostor), gdje se svaka zgrada ili kuća spaja s optičkim kabelom. Za ovaj slučaj pristupne mreže koristi se tehnologija mikro kabela, a obično se dodaju rezervne mikro cijevi u kojima se broj optičkih vlakana može jednostavno naknadno proširiti (*Slika 14.,15. i 16.*).

**Slika 14: Kabinet za spajanje optičkih vlakana**



**Slika 15: FTTH optička pristupna mreža**





Slika 16: Optička mreža u zgradi

## 5.2 Aktivna mrežna infrastruktura

Komunikacijski operator treba pouzdanu mrežu velikoga kapaciteta koju može jednostavno implementirati i održavati s niskim kapitalnim i operativnim troškovima kako bi osigurao siguran prihod od davatelja usluga.

Ericsson nudi različite proizvode za optičke pristupne i gradske mreže koji su optimizirani za FTTH i poslovne aplikacije. Rješenje se može optimizirati za potrebe pojedinih korisnika i za različite poslovne modele. U nekim slučajevima je GPON pogodnije rješenje, a u drugima je bolje P2P rješenje.

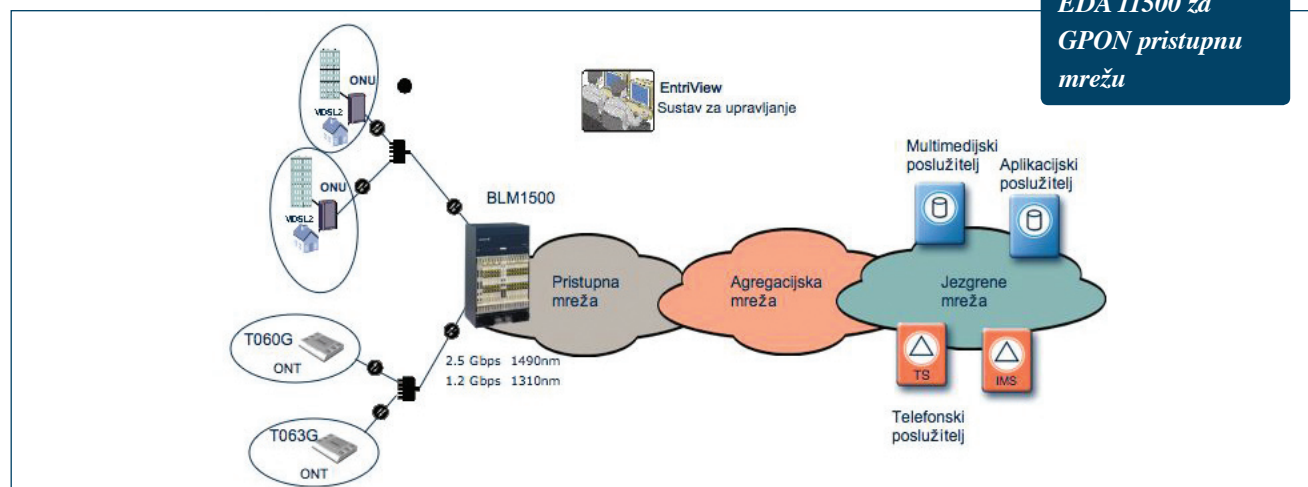
### 5.2.1 Optičke pristupne mreže u izvedbi PON

Ericsson nudi potpuno rješenje za planiranje, izvedbu i rad pristupnih mreža temeljenih na GPON-u. Rješenje sadrži pasivnu optičku infrastrukturu, aktivnu elektroniku (optički linijski terminal, optičke pristupne čvorove, agregacijske komutacije, optičke mrežne terminale i ostalu korisničku opremu), ormare za vanjsku i unutarnju izvedbu, sustave za upravljanje i usluge konzultacija i projektiranja, dizajn mreža, integraciju i implementaciju, *hosting* i upravljane usluge.

Ericssonovo GPON rješenje se temelji na proizvodu EDA 1500 koji podržava aplikacije otvorenog pristupa i poslovni model veleprodaje. EDA 1500 sadrži sve elemente za GPON rješenje (Slika 17.):

- optički linijski terminal BLM 1500 (OLT);
- optički mrežni terminali (ONT) i optičke mrežne jedinice (ONU);
- sustav za upravljanje EntriView EMS.

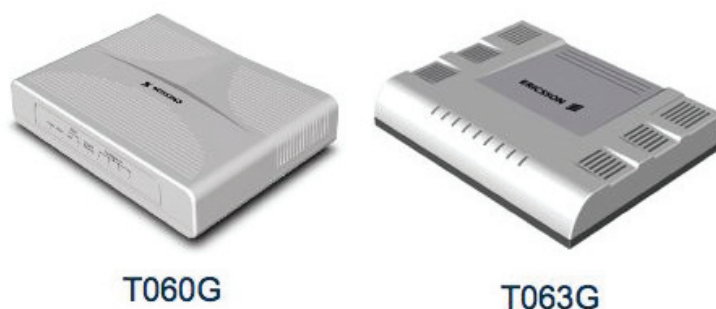
Slika 17: Rješenje EDA 11500 za GPON pristupnu mrežu



Optički linijski terminal OLT je smješten u središnjem uredu ili u zajedničkom kolokacijskom prostoru, a predstavlja sučelje prema optičkim mrežnim terminalima na strani korisnika i prema agregacijskoj mreži. Platforma BLM 1500 podržava visoku gustoću sučelja brzine 10 Gbit/s i visoki unutarnji kapacitet do 320 Gbit/s za komercijalne i rezidencijske usluge. Prema korisniku svaki port podržava brzinu do 2,5 Gbit/s u dolaznom smjeru i 1,2 Gbit/s u odlaznom smjeru. EDA 1500 rješenje podržava fleksibilnu konfiguraciju agregacije s odnosom dijeljenja 1:32 za udaljenost do 20 km (oko 75 Mbit/s po korisniku) i 1:64 za manje udaljenosti. EDA 1500 podržava dinamičko dodjeljivanje kapaciteta sa skupom IP funkcija, uključujući kvalitetu usluge, odvajanje prometa, IP *multicast* i mehanizme sigurnosti i integriteta podataka, kao što je 128 bitni standard EAS (*Advanced Encryption Standard*). OLT ima jedinstvenu skalabilnost i može podržavati do 3584 FTTH korisnika ili FTTB/FTTC udaljene čvorove u jednom podokviru.

Optički mrežni terminali (ONT - *Optical Network Terminal*) su optimizirani za različite FTTx aplikacije preko pasivnih optičkih mreža. Rješenje EDA 1500 GPON sadrži razne terminale za

Slika 18: Optički mrežni terminali



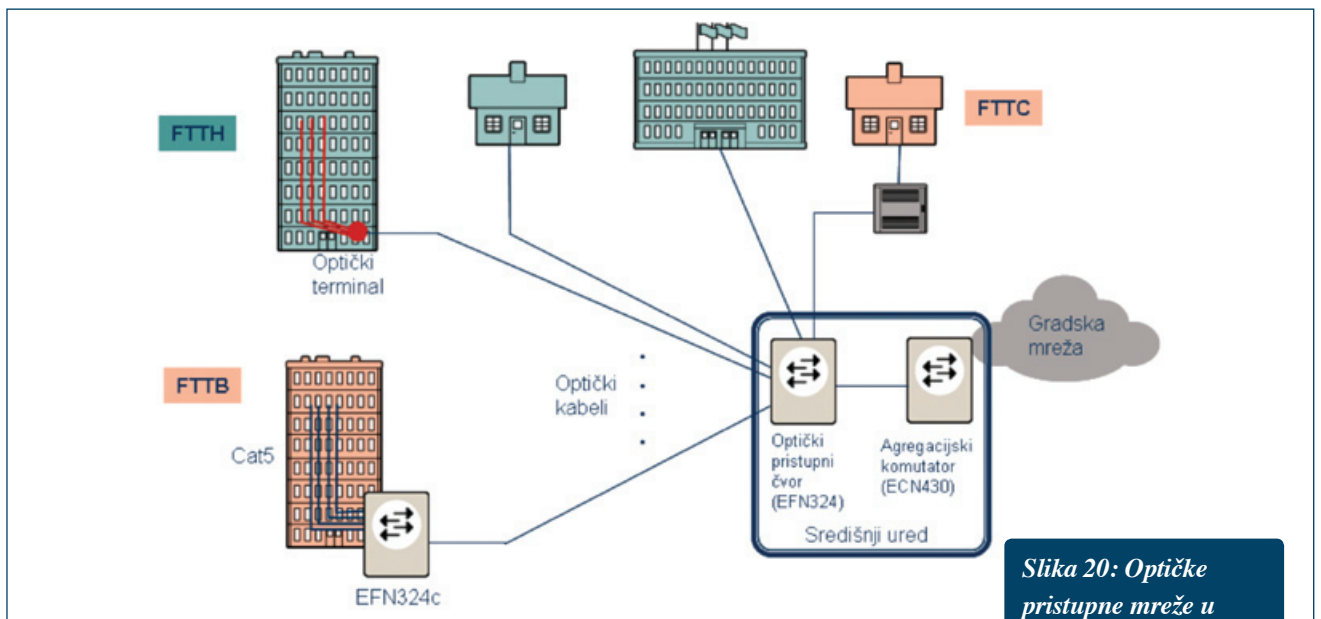
isporuku telefonskih usluga, usluga prijenosa podataka temeljenih na IP protokolu, IPTV video usluga i RF (*Radio Frequency*) video usluga. Na Slici 18. prikazani su modeli optičkih mrežnih terminala T060 G i T063G koji podržavaju usluge IPTV, brzog pristupa Internetu te govorne usluge temeljene na IP protokolu (VoIP). Model T063G sadrži dva telefonska priključka RJ-11 za POTS. Terminali se smještaju kod korisnika i omogućuju *triple play* usluge.

Optička zaključna jedinica ONU je Ericssonov proizvod RSC24c namijenjen za FTTB i FTTC aplikacije.

Smješta se što bliže korisniku, a koristi postojeću bakrenu instalaciju (parice) prema krajnjem korisniku primjenom VDSL2 tehnologije. RSC24c podržava do 24 VDSL2 linije, a izvedba je pogodna za vanjsku instalaciju (Slika 19.). Sustav za upravljanje EntriView EMS osigurava upravljanje svim elementima GPON pristupne mreže.

Slika 19: RSC24c za FTTB i FTTC aplikacije





*Slika 20: Optičke pristupne mreže u izvedbi od točke do točke*

## 5.2.2 Optičke pristupne mreže u izvedbi od točke do točke

Jedna od opcija u izgradnji FTTH pristupnih optičkih mreža je u izvedbi od točke do točke (P2P - *Point-to-Point*), Slika 20. Radi se o primjeni aktivne Ethernet tehnologije sve do krajnjeg korisnika. Znači, svaki korisnik ima izdvojenu vezu koja zadovoljava sadašnje i buduće potrebe u pogledu neograničenog kapaciteta i simetričnog prijenosa. P2P je naročito efikasno rješenje za nova urbana područja, gdje su ionako potrebna ulaganja u novu pristupnu infrastrukturu.

Danas je P2P zrela tehnologija koja omogućuje brzine prijenosa od 100 Mbit/s, s mogućnošću nadogradnje na 1 Gbit/s. Osim toga, ova izvedba omogućuje jednostavnu primjenu modela otvorene pristupne mreže.

Instalacija optičkih kabela u stanove unutar zgrade može se izvesti na dva različita načina. Prva opcija je arhitektura FTTB (*Fiber To The Building*) gdje se optički pristupni čvor, koji podržava instalaciju unutar zgrade temeljenu na Ethernet kablama kategorije CAT5, smješta u prostor unutar zgrade. Maksimalni domet kabela kategorije CAT5 je 100 m, a pristupni čvor može posluživati od 20 do 40 stanova. U Ericssonovom rješenju optičkih P2P mreža poznatom pod nazivom EDA 1200, za pristupne optičke čvorove koristi se proizvod EFN324 (Slika 21.). To je Ethernet komutator koji osigurava brzine prijenosa od 100 Mbit/s prema svakom krajnjem korisniku, a postoje izvedbe za različita sučelja (jednomodno optičko vlakno, višemodno optičko vlakno, CAT5). EFN324 je izrazito fleksibilan i skalabilan proizvod koji osigurava visoku kvalitetu usluge. On podržava pouzdan i siguran pristup IP uslugama uključujući telefoniju, brzi pristup Internetu, video i TV distribuciju.

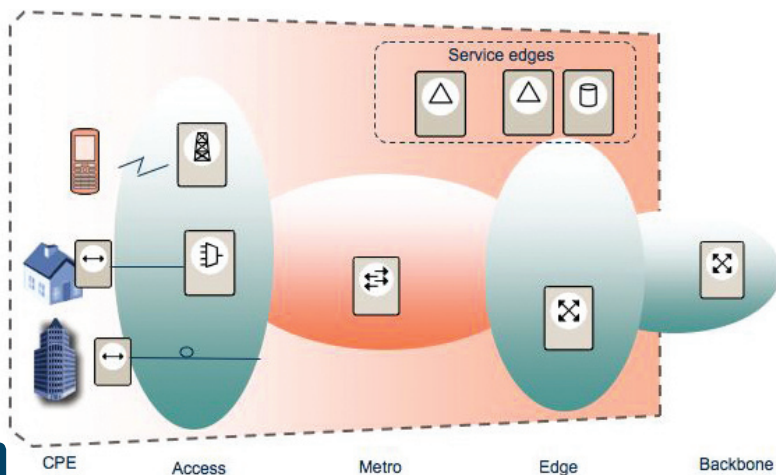
Rješenje za agregaciju prometa u pristupnoj mreži prema gradskoj mreži uključuje agregacijski komutator i kontrolni čvor, ECN430 (Slika 22.). Jedan čvor ECN430 može kontrolirati do 40 pristupnih optičkih čvorova, odnosno može posluživati do 960 krajnjih korisnika.



*Slika 21: Optički pristupni čvor EFN 324*



*Slika 22: Agregacijski komutator i kontrolni čvor ECN430*



**Slika 23: Metro agregacijska mreža**

Druga opcija je optički kabel do krajnjeg korisnika, tj. arhitektura FTTH. Optički kabeli od svakog korisnika se koncentriraju u optičkom pristupnom terminalu (FAT - *Fiber Access Terminal*), koji je obično smješten u prostoru gdje dolaze cijevi ili optički kabel izvana. Taj prostor može biti podrum unutar zgrade ili vanjski ormar. Za instalaciju unutar zgrade kao i za distribucijsku mrežu, Ericsson nudi tradicionalne optičke kabele kao i optičke sustave Ribbonet® i Micronet™.

### 5.2.3 Ethernet agregacijska i transportna mreža

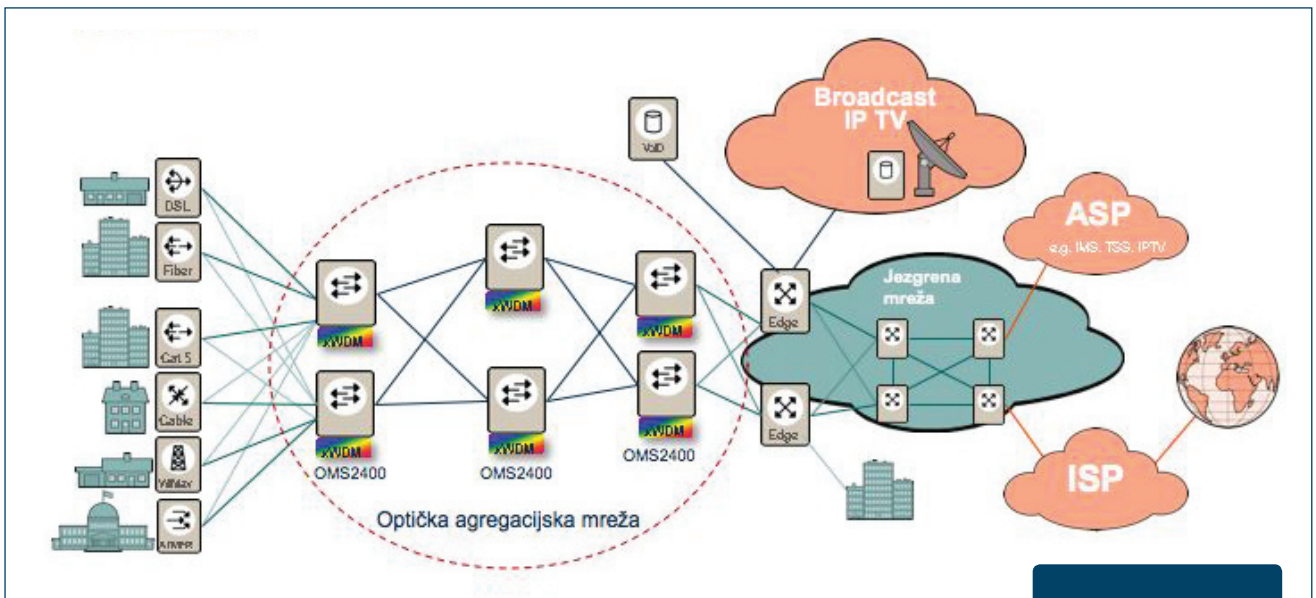
Agregacijske mreže osiguravaju razinu transportnih usluga između čvorova pristupne mreže i rubnih čvorova jezgrene mreže. Agregacijska mreža mora biti fleksibilna za uvođenje novih usluga, proširenja i promjene paketa usluga kod krajnjeg korisnika, a istovremeno podržavaju nekoliko poslovnih modela: agregaciju maloprodajnih usluga, za rezidencijske i poslovne korisnike, veleprodajne usluge ostalim davateljima usluga, usluge međusobnog povezivanja kao i istorazinske usluge (*peer to peer*).

Na Slici 23. prikazano je mjesto agregacijske mreže u širokopopasnoj mreži, koja ima izuzetno važnu ulogu u isporuci širokopopasnih usluga rezidencijskim, poslovnim i mobilnim korisnicima. Uslužni čvorovi se mogu smjestiti bilo gdje, neovisno o transportnoj topologiji. To može biti bliže rubovima jezgrene mreže ili bliže korisniku, što omogućuje smanjenje ukupnih troškova.

Za Ethernet agregaciju i IP transport Ericsson nudi veliki izbor Ethernet agregacijskih komutatora, rubne usmjernike kao i optička i mikrovalna rješenja za agregacijsku transportnu mrežu (Slika 24.). Rješenja sadrže komutatore ECN430 za agregaciju prema Metro Ethernet mreži, višeuslužne rubne usmjernike SmartEdge i obitelj OMS 2400 za optičku transportnu mrežu.

### 5.2.4 Poslovni i operacijski sustav podrške – BSS/OSS

Ericsson nudi integrirane sustave za poslovnu podršku (BSS - *Business Support System*) i sustave za operacijsku podršku (OSS - *Operation Support System*) s rješenjima aktivne mreže kako bi osigurali podršku s kraja na kraj za upravljanje i održavanje. Rješenje OSS/BSS je dizajnirano za poslovni model otvorenog pristupa mreži omogućujući komunikacijskom operatoru CO (*Communication Operator*) efikasnije poslovanje s davateljima usluga i mrežnim operatorima koristeći elektronička sučelja te usvajajući fleksibilne poslovne modele.



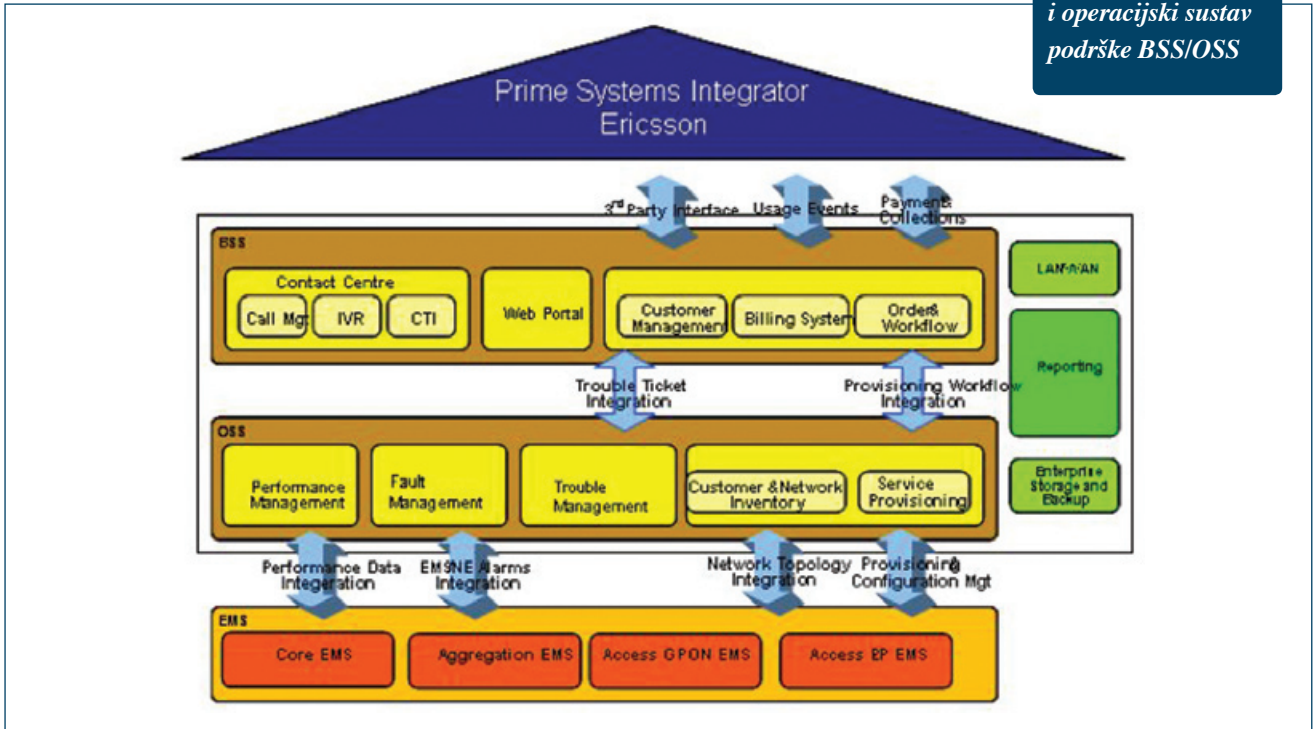
**Slika 24: Optička Metro agregacijska mreža**

Komponente rješenja za OSS/BSS su pažljivo odabrane da podrže složenost i zahtjeve na mreže sljedeće generacije. Rješenja podržavaju različite veličine organizacija komunikacijskih operatora, a u isto vrijeme se mogu usvojiti različiti poslovni modeli: projekt u sklopu kojega Ericsson definira dizajn, instalaciju, integraciju i preuzima potpunu instalaciju kod komunikacijskog operatora ili usluge upravljanja mrežom i njenoga održavanja od strane Ericssona, uključujući Ericssonovo preuzimanje dijelova zadataka za izgradnju i upravljanje mrežom. Slika 25. pokazuje funkcijske blokove tipičnog rješenja za poslovni i operacijski sustav podrške. Ovisno o veličini, složenosti i poslovnom modelu komunikacijskog operatora, odabire se osnovna programska podrška za različite organizacije komunikacijskih operatora.

### 5.3 Gradska mreža

Gradska mreža (MAN - Metropolitan Area Network) je pojam koji označava umrežavanje u gradskim područjima, odnosno, umrežena naseljena središta. Radi se o javnim pristupnim

**Slika 25.: Poslovni i operacijski sustav podrške BSS/OSS**



širokopojasnim mrežama koje su u prošlosti u svojoj izvedbi promijenile nekoliko tehnologija. No u zadnje vrijeme, nakon što je dugo vremena bila neprikosnovena, tehnologija izgradnje privatnih lokalnih mreža - Ethernet tehnologija postala je glavna transportna tehnologija modernih gradskih mreža, ali i mreža koje pokrivaju velika područja (WAN - *Wide Area Network*).

U početku Ethernet tehnologija uslijed svojih nedostataka nije bila pogodna za korištenje kod davatelja usluga. Osnovni nedostatak je proizlazio iz činjenice da je ta tehnologija nastala kao "tehnologija dijeljenog medija" (*shared media*), što je u konačnici sprječavalo njezino korištenje u javnim mrežama uslijed nemogućnosti izoliranja prometa, odnosno, korištenja privatnih krugova (*private circuits*). Ethernet bazirane gradske mreže su postale zanimljive krajem 90-ih nadogradnjama Ethernet standarda (802.3, *untagged* Ethernet), koje su omogućile nove funkcionalnosti poput izoliranja prometa korištenjem virtualnih lokalnih mreža (802.1q). Kombinirano s novim mogućnostima - VLAN *stacking* (poznat i kao *Queue-in-Queue*, 802.1ad), VLAN *translation* (translacija iz jednog VLAN-a u drugi) te VLAN *tunneling* (802.1ah) - postalo je moguće izdvojiti međusobni promet korisnika.

Jedna od najvažnijih prednosti korištenja Ethernet tehnologije je njena rasprostranjenost i cijena koja je bitno povoljnija u odnosu na alternativne tehnologije poput SONET/SDH-a i ATM-a (*Asynchronous Transfer Mode*). Dodatna prednost je mogućnost fine granulacije širine prijenosnog kanala, što nije moguće kod tradicionalnih SDH veza. Pošto je Ethernet već "stara" i dobro prihvaćena prijenosna tehnologija, kompanije pružatelji usluga nemaju problema s timovima za podršku za razliku od uvođenja neke druge širokopojasne tehnologije (npr. ATM). To iziskuje velika ulaganja u školovanje i osposobljavanje cijelog tima stručnjaka. Uvođenje Ethernet tehnologije u urbana područja je dobro prihvaćeno.

Dodatna prednost Metro Ethernet je jednostavnost korištenja i održavanja, za razliku od prethodnih tehnologija poput SONET/SDH-a. Zbog toga što je Ethernet gradska mreža primijenjena preko postojeće Ethernet infrastrukture, mrežna otpornost i zaštita bi trebali biti poboljšani. Vrijeme oporavka nakon pada veze je smanjeno na par sekundi. Iako su u tom pogledu napravljeni veći pomaci, još uvijek nije dostignuta mogućnost SONET/SDH tehnologije kod koje od detekcije pada veze do potpunog oporavka protekne samo 50 ms.

Prednosti Metro Ethernet uvelike nadmašuju njegove nedostatke te upravo zbog toga on s vremenom postaje prevladavajuća transportna tehnologija.

## 6 Zaključak

Ključne prednosti digitalnog grada su optimiziran prijenos informacija, smanjen digitalni jaz između grada i građana, potenciran gospodarski razvoj i kvaliteta života u većim gradovima. Značajniji rast i masovnost širokopojasnog pristupa predstavlja osnovu za razvoj tržišta naprednih elektroničkih usluga i distribucije digitalnog sadržaja.

Lokalna uprava i samouprava treba preuzeti aktivniju ulogu u razvoju i izgradnji širokopojasne infrastrukture, razvoju aplikacija i sadržaja omogućujući građanima korištenje digitalnih usluga te u uspostavi politike i regulatornih okvira za veće i učinkovitije korištenje primarne infrastrukture na načelima transparentnosti. Ulaganja u naprednu širokopojasnu pristupnu infrastrukturu, temeljenu na svjetlovodnoj prijenosnoj tehnologiji, koja će moći zadovoljiti preduvjete za napredne usluge temeljene na internetskom protokolu (video na zahtjev, HDTV i sl.) su značajna. Stoga je poželjno da nove pristupne mreže budu otvorene za pristup različitim operatorima i davateljima usluga. Ericssonova ponuda sadrži cjelovito rješenje za optičke pristupne mreže, koje se može prilagoditi bilo kojem poslovnom modelu.

## 7 Popis kratica

<b>BPON</b>	Broadband Passive Optical Network Flavor of PON.
<b>BSS</b>	Business Support Systems
<b>CAT5</b>	Category 5 cable
<b>CPE</b>	Customer Premises Equipment
<b>EPON</b>	Ethernet Passive Optical Network
<b>GPON</b>	Gigabit Passive Optical Network
<b>HDTV</b>	High Definition TV
<b>FTTB</b>	Fiber-To-The-Building
<b>FTTC</b>	Fiber-To-The-Curb
<b>FTTH</b>	Fiber-To-The-Home
<b>FTTN</b>	Fiber-To-The-Node

<b>IPTV</b>	Internet Protocol TV
<b>ODF</b>	Optical Distribution Frame
<b>OLT</b>	Optical Line Terminal
<b>ONT</b>	Optical Network Terminal
<b>ONU</b>	Optical network Unit
<b>OSS</b>	Operations Support Systems
<b>PON</b>	Passive Optical Network
<b>P2MP</b>	Point-to-multipoint
<b>P2P</b>	Point-to-point
<b>VDSL2</b>	Very High bit-rate Digital Subscriber Line
<b>WDM</b>	Wavelength Division Multiplexing
<b>WLAN</b>	Wireless LAN (Local Area Network)

## 8 Literatura

- [1] Heavy Reading: FTTH Worldwide market & technology forecast, 2006-2011. June 2006
- [2] Joe Baker, Torbjörn Cagenius, Colin Goodwin, Mats Hansson and Martin Hatas, Deep-fiber broadband access networks, Ericsson Review No. 1, 2007
- [3] A. Bažant, G. Gledec, Ž. Ilić, G. Ježić, M. Kos, M. Kunštić, I. Lovrek, M. Matijašević, B. Mikac, V. Sinković. Osnovne arhitekture mreža, Element, Zagreb, 2004
- [4] Nicos Komninos, The Architecture of Intelligent Cities, Intelligent Environments 06, Institution of Engineering and Technology, pp. 53-61., 2006
- [5] Elmar Trojer, Stefan Dahlfors, David Hood and Hans Mickelsson, Current and next-generation PONs: A technical overview of present and future PON technology, Ericsson Review No. 2, 2008.
- [6] Kramer, R. D., Lopez, A., and Koonen, A. M. (2006). Municipal broadband access networks in the Netherlands - three successful cases, and how New Europe may benefit. In Proceedings of the 1st international Conference on Access Networks (Athens, Greece, September 04 - 06, 2006).
- [7] Antonios Alexiou, Christos Bouras, Dimitrios Primpas, Design aspects of open municipal broadband networks, AccessNets'06, September 4-6, 2006, Athens, Greece
- [8] Csaba A. Szabo, Imrich Chlamatac, Erik Bedo, Design Considerations for Broadband Community Area Networks, Proceedings of the 37<sup>th</sup> Hawaii International Conference on System Science, 2004.

Adresa autora:

**Željko Popović**  
e-mail: [zeljko.popovic@ericsson.com](mailto:zeljko.popovic@ericsson.com)

Ericsson Nikola Tesla d.d.  
Krapinska 45  
p.p. 93  
HR-10002 Zagreb  
Hrvatska

*Uredništvo je primilo rukopis 11. srpnja 2008.*