

UVOD

Ubrzani tempo razvoja savremenog društva, složenost i brzina promena u ekonomskoj sferi, sve veće potrebe za komunikacijom među ljudima, zahtevaju brz i dinamičan razvoj IKT (informaciono komunikacionih tehnologija). One više nisu jednostavan kontaktni medijum, već su od izuzetnog značaja za normalno funkcionisanje država i društva u celini.

Međutim, ovaj razvoj nije dovoljno posmatrati samo na nacionalnom nivou, već je potrebno insistirati na međusobnom radu i kompatibilnosti za primenu opštih standarda i pravljenja dugoročne vizije i strategije razvoja IKT. Dakle, potrebno je naprviti globalni pristup ovoj problematici.

Gotovo svi analitičari društvenog razvoja su saglasni da se svet nalazi u punom zamahu informatičke revolucije koja, poput nekada industrijske revolucije, ima dalekosežne posledice na ukupan razvoj društva.

Evidentno je da informatička revolucija po širini zahteva svih ljudskih delatnosti, brzini odvijanja, uticaja na ljudsku populaciju nezavisno od uzrasta, umnogome prevazilazi sve ranije velike društveno privredne promene u razvoju čovečanstva.

Širom sveta ljudi su shvatili da su telekomunikacije, računarstvo i masovni mediji ne samo privredne grane sa velikim rastom, već i motor razvoja i prosperiteta i drugih privrednih grana. Mnoge države zbog toga preduzimaju brojne inicijative da unaprede nacionalne informacione strukture i da tako za svoje građane obezbede sve potencijalne koristi od novih tehnologija.

Izuzetno veliki i brz napredak komunikacionih tehnologija se ogleda u:

- daljoj liberalizaciji i potpunoj deregulaciji u oblasti telekomunikacija u svim zemljama,
- konvergenciji fiksno/mobilnih komunikacija,
- konvergenciji informacionih tehnologija,
- uvođenju širokopojasnih interaktivnih servisa i postizanju određenog stepena njihovog kvaliteta.

Razvojem nacionalne komunikacione i informacione infrastrukture, država obezbeđuje uključ enje u globalnu (svetsku) komunikacionu i informacionu infrastrukturu (i globalno informaciono društvo) koja u privređivanju i pružanju usluga bitno smanjuje organičavajući uticaj vremena i prostora i time ključno doprinosi sprovođenju neophodnih reformi. Takođe, značaj se ogleda i u promeni strukture upravljanja, pa samim tim i konkurentnom učešću na tržištu rada i usluga.

Uvođenje raspoloživih širokopojasnih servisa i njihovo korišćenje je smernica sledeće faze razvoja optičkih i bežičnih mreža. Infrastruktura za obezbeđivanje "širokopojasnog za sve" je po svemu prethodnom ključno opredeljenje za dalje umrežavanje.

Istraživanjem problema optičkih i bežičnih mreža sa strateškim ciljem "širokopojasno za sve", razviće se mrežne tehnologije i arhitekture radi generalnog obezbeđenja širokopojasnog pristupa za evropske korisnike, uključujući i one u manje razvijenim regionima.

Definicija širokopojasnog pristupa Internetu nije jednoznačna, tako da danas postoje različita tela koja različito definišu pristupne brzine potrebne za kategorije termina *broadband*-a, brzog i ultra brzog *broadband*-a. U okviru EU, Evropska komisija označava pristupne brzine između 144 Kb/s i 30 Mb/s kao *broadband*, pri čemu gotovo svi priključci pružaju pristup po minimalnoj brzini od 2 Mb/s. Brzim Internetom smatra se pristup od 30-100 Mb/s (*fast broadband*), a ultra-brzim onaj preko 100 Mb/s. U SAD su te granice u nekim slučajevima i više.

Mobilni širokopojasni pristup polako postaje jedna od glavnih funkcija mobilnih bežičnih sistema. Sam prenos govora je stavljen u drugi plan primenom velikog brojem aplikacija koje su bazirane na prenosu podataka širokopojasnim pristupom. S druge strane, razvijen je veliki broj tehnologija bežičnog pristupa Internetu. Sami korisnički uređaji sadrže pored *GSM/UMTS/LTE* modula i veliki broj modula koji imaju funkciju povezivanja na neku od vrsta bežičnih tehnologija, kao što su *WLAN*, *Bluetooth*, itd. Budućnost mreža nove generacije će podrazumevati neometano prebacivanje sa jedne tehnologije na drugu, kako bi bile podržane performanse bežičnog globalnog povezivanja. Do tada, u upotrebi je mobilni širokopojasni pristup kao najzastupljenija tehnologija širokopojasnog pristupa Internetu.

Današnje društvo karakteriše značajan porast obima i prostorne gustine telekomunikacionog saobraćaja u uslovima velikih ulaganja i tehnološkog razvoja u informaciono komunikacione tehnologije. Međunarodna unija za telekomunikacije *International Telecommunication Union (ITU)* je dala “zeleno svetlo” budućem standardu za mobilne komunikacije 5G. Peta generacija (5G) mobilnih tehnologija i njihovo uvođenje u eksploataciju podrazumevaju ispunjenje zahteva, kao što su neograničeni pristup informacijama i podacima na svakom mestu, u bilo koje vreme i za sve korisnike.

Kada je reč o brzinama, 5G kompatibilne mreže treba da obezbede brzinu do 20 Gb/s, što je 20 puta brže od 4G (1Gb/s). Iz ugla korisnika, to znači da će se brzine kretati od 100 do 1000 Mb/s, u zavisnosti od uticaja raznih faktora, što predstavlja povećanje od 10 do 100 puta u odnosu na karakteristične 4G brzine (oko 10Mb/s).

Navedeno povećanje brzine i protoka će omogućiti nesmetano korišćenje video sadržaja veće rezolucije, kao što je *4K*, kao i *holografsku tehnologiju* na mobilnim mrežama. Pored toga, zahteva se uspostavljanje uzajamne konekcije ogromnog broja (reda 100) inteligentnih uređaja.

Takođe, 5G specifikacija zadovoljava sve uslove kada je *Internet of things* tehnologija u pitanju. 5G će morati da obezbedi više od 100Mb/s prosečne brzine prenosa podataka na preko milion *IoT* uređaja u radijusu od oko jednog kilometra.

Razvojni put 5G tehnologija mobilnih mreža karakteriše povećan broj uređaja i kompleksnost servisa. Istovremeno, pojavljuju se zahtevi za pristup novim bežičnim servisima. Osnovne prednosti koje se očekuju od 5G mobilne tehnologije su:

- široki dvosmerni propusni opseg i visoka rezolucija,
- interfejs za tarifiranje sa naprednim karakteristikama,
- nadzorni alati za napredne krajnje korisnike,
- veliki protoci (reda gigabita u sekundi) u emitovanju (*broadcasting*),
- statistika telekomunikacionog saobraćaja sa velikom tačnošću,
- opcija za upravljanje propusnim opsegom sa udaljene lokacije,
- veliki protoci za preuzimanje (*download*) i otpremanje (*upload*) i
- poboljšana i pojačana globalna konektivnost.

Evidentno je da će 5G tehnologija korisnicima doneti mnogobrojne dobrobiti i značajno će promeniti različite grane industrije, kao i društvo u celini.

Zahtevi koji se postavljaju pred komunikacionu mrežu u ovakvim okolnostima su sledeći: velika propusna moć (od više desetina Gb/s do reda Tb/s), skalabilnost, garantovanje kvaliteta servisa (QoS), jednostavnost za realizaciju, pouzdanost, mogućnost razdvajanja servisa.

Ako pogledamo koje su tehnologije danas raspoložive na tržištu, jasno je da se za realizaciju okosnica mreže mogu uzeti u obzir jedino optički sistemi. Međutim, optički kabl kao medijum za prenos informacija, nije dovoljan za realizaciju okosnice mreže. Iz spiska zahteva je jasno da optički kablovi obezbeđuju dovoljan propusni opseg, ali se postavlja pitanje realizacije ostalih zahteva koji se postavljaju pred mrežu. Kad govorimo o kapacitetu jednog para optičkih vlakana, komercijalno su raspoloživi sistemi koji nude protoke do 100 Gb/s. U slučaju da nam je potreban značajno veći kapacitet, prelazi se na sisteme sa multipleksiranjem po talasnim dužinama. U zavisnosti od proizvođača i gustine pakovanja talasnih dužina, na raspolaganju su DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplex*) sistemi sa 320 kanala i 10 Gb/s po kanalu, što u zbiru daje protok od 3.2 Tb/s. Očigledno je da sirovi protok na okosnici više ne predstavlja problem sa stanovišta današnjih tehnologija. Posebno je pitanje načina korišćenja ovih mogućnosti.

Na tržištu su zastupljena dva principa korišćenja mogućnosti optičkih sistema prenosa. Jedan pristup dolazi iz računarskih komunikacija i favorizuje korišćenje ethernet tehnologije za efikasno korišćenje optičkih kablova. Drugi pristup dolazi iz sveta klasičnih telekomunikacija i oslanja se na korišćenje SDH sistema prenosa.

Ethernet tehnologija je nastala u oblasti računarskih komunikacija i optimizovana je za prenos podataka bez bilo kakvog garantovanja kvaliteta servisa. Jednostavnost realizacije je ethernet uređaje dovela do velike popularnosti, tako da je ovaj standard tokom vremena razvijen i dostigao je protok od 10 Gb/s. Ako uporedimo navedeni protok ethernet tehnologije sa nekim drugim tehnologijama, jasno je da je ovde napravljen veliki korak napred. Nažalost, ethernet kao tehnologija i dalje nije rešila neke osnovne probleme koji su bitni kada govorimo o multiservisnim mrežama. Ethernet tehnologija ne sadrži mehanizme za garantovanje QoS-a, niti za multipleksiranje različitih servisa. Delimično rešenje ovog problema je nađeno uvođenjem virtuelnih LAN-ova (VLAN), ali skalabilnost ovakvog rešenja ne zadovoljava potrebe okosnice jedne složene mreže.

Daljim razvojem u ovoj oblasti došlo se do MPLS (*Multi Protocol Label Switching*) tehnologije. Zadatak MPLS-a je bio da obezbedi mehanizme za upravljanje saobraćajem u IP i ethernet mrežama bez značajnog uslozňjavanja mrežnih uređaja. Uvođenjem MPLS-a postalo je moguće na okosnici razdvojiti različite servise i prema njima se odnositi na odgovarajući način.

Dodatni stepen poboljšanja je nastao kada je MPLS tehnologija integrisana sa DWDM sistemima i kada je nastala MPλS (*Multi Protocol λambda Switching*) tehnologija. Suština MPλS tehnologije je ta što je uz nju u proces rutiranja saobraćaja uključeno i prebacivanje između različitih talasnih dužina u samim optičkim čvorištima koji su imali mogućnosti za to.