

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

SEMINARSKI RAD IZ
SUSTAVA ZA PRAĆENJE I VOĐENJE PROCESA

IEEE 802.3ae 10 Gb Ethernet

Ante Alić
0108028191
Industrijska elektronika

Zagreb, svibanj 2004.

PREGLED

Zbog dokazanih niskih troškova implementacije Etherneta, njegove poznate pouzdanosti te relativno jednostavne instalacije i održavanja popularnost mu je rasla do te mjere da danas gotovo sav promet na Internetu počinje ili završava Ethernet vezom. Nadalje, rastom zahtjeva za što bržim mrežama, Ethernet se prilagođavao kako bi mogao podržati veće brzine i povećanu količinu podataka koja s tim dolazi.

Standard za gigabitni Ethernet se već primjenjuje u velikom broju korporativnih i javnih podatkovnih mreža i počeo je pomicati Ethernet iz područja lokalnih mreža (LAN) u područja metropolitanskih mreža (MAN). U međuvremenu se dovršava standard za još brži, 10 gigabitski Ethernet. Taj standard se ne razvija samo zbog povećanog podatkovnog prometa nego i zbog rasta novih, pojasno-intenzivnih (*bandwidth-intensive*) aplikacija.

Koncept standarda za 10 Gb Ethernet se u nekim dijelovima značajno razlikuje od ranijih standarda za Ethernet, najviše zbog toga što će raditi samo preko optičkog vlakna i samo u *full-duplex* načinu rada što onda znači da su protokoli za detekciju kolizije (*collision detection protocols*) nepotrebni. Takav Ethernet će, dakle, raditi na 10 Gbps, no ipak ostaje Ethernet, uključujući format paketa te mogućnost prijelaza trenutnih mogućnosti na novi koncept standarda.

Nadalje, 10 Gigabit Ethernet ne poništava trenutne investicije u mrežnu infrastrukturu. Radna skupina koja predvodi uvođenje standarda je poduzela korake da osigura interoperabilnost s ostalim mrežnim tehnologijama kao što je SONET. Standard omogućava Ethernet paketima putovanje kroz SONET linkove s jako malo gubitaka.

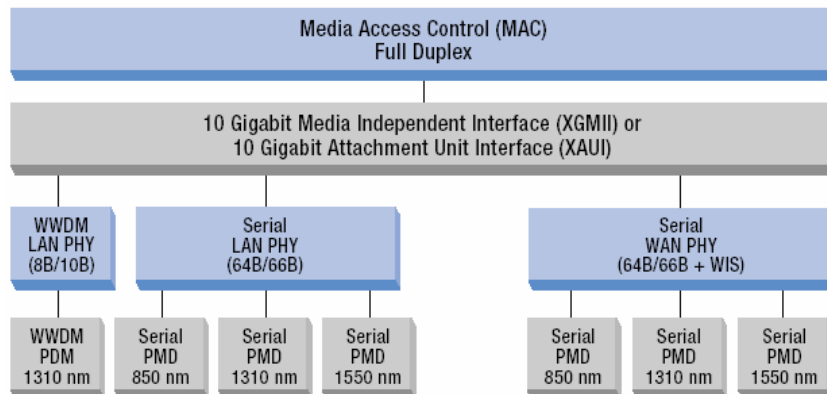
Proširenje Etherneta na MAN-ove se može nastaviti proširenjem i na WAN-ove i to oboje u "skladu" sa SONET-om i *end-to-end Ethernetom*. Očekuje se da će novi standard za 10 Gb Ethernet pomoći konvergiranju između mreža primarno dizajniranih za govor i onih za podatke.

10 GB ETHERNET STANDARD

10 Gb Ethernet standard proširuje IEEE 802.3ae* standardne protokole na brzinu od 10 Gbps i proširuje prostor Ethernet aplikacija kako bi one uključile WAN-kompatibilne linkove. On osigurava značajno povećanje u pojasu i istovremeno zadržava maksimalnu kompatibilnost s instaliranim 802.3 sučeljem, štiti prethodna ulaganja u istraživanje i razvoj te zadržava postojeće principe rada mreža i njihovog upravljanja.

Unutar Open System Interconnection (OSI) modela Ethernet je temeljno protokol prvoga i drugoga sloja. 10 Gb Ethernet zadržava ključnu Ethernet arhitekturu, uključujući MAC protokol, format Ethernet okvira te njegovu najmanju i najveću veličinu. Poput Gigabit Ethernet (1000BASE-X i 1000BASE-T su slijedili standardni Ethernet model) 10 Gb Ethernet nastavlja evoluciju Ethernet u brzini i udaljenostima, zadržavajući Ethernet arhitekturu korištenu u ostalim Ethernet specifikacijama osim jednog detalja. Budući je 10 Gb Ethernet jedino full-duplex, nije mu potreban CSMA/CD protokol korišten u ostalim Ethernet tehnologijama. U svemu se ostalom 10 Gb Ethernet podudara s originalnim Ethernet modelom.

Na fizičkom sloju (sloj 1) uređaj fizičkog sloja Ethernet (PHY) povezuje optički ili bakreni medij s MAC slojem (slika1). Ethernet arhitektura dalje dijeli fizički sloj u tri podsloja: *Physical Medium Dependent (PMD)*, *Physical Medium Attachment (PMA)* i *Physical Coding Sublayer (PCS)*. PMD omogućava fizičku vezu s medijem i signale. Optički *transceiveri* su npr. dio PMD-a. PCS se sastoji od kodiranja (npr. 64B/66B) i *serializera* ili multipleksora. IEEE 802.3ae* standard definira dva PHY tipa: LAN PHY i WAN PHY. Oni osiguravaju istu funkcionalnost osim što WAN PHY dodatno omogućava spajanje sa SONET STS-192c/SHD VC-4-64c mrežama.



Sl.1. Arhitektura 802.3ae standarda

10 Gb ETHERNET NA TRŽIŠTU

Ethernet tehnologija je danas najzastupljenija tehnologija u LAN okolišu visokih performansi. Tvrtke po cijelom svijetu su uložile u kabliranje, opremu, procese i obuku o Ethernetu. Nadalje, sveprisutnost Etherneta održava njegove troškove malima i sa svakom generacijom Ethernet tehnologije troškovi implementacije su opadali. Povećanje svjetskog prometa mrežama zahtijeva brže mrežne tehnologije. 10 Gb Ethernet ima 10 puta bolje performanse od gigabitnog Etherneta danas. Ulaskom 10 Gb Etherneta u obitelj Ethernet tehnologija LAN može doseći veće udaljenosti i podržati još više aplikacija. 10 Gb Ethernet zadovoljava neke kriterije koji ga čine prirodnim izborom za proširenje i nadogradnju postojećih Ethernet mreža:

- Postojeća Ethernet infrastruktura je kompatibilna s 10 Gb Ethernetom. Nova tehnologija naspram trenutne omogućava snižavanje troškova vlasništva koja uključuje kupnju i troškove potpore.
- 10 Gb Ethernet koristi procese, protokole i upravljačke alate koji se već rabe u upravljačkoj infrastrukturi.
- Fleksibilnost u mrežnom dizajnu koristeći server, switch i router.

- Proizvodi raznih isporučitelja opreme utemeljeni na standardu osiguravaju interoperativnost.

Sljedeći korak za pružatelje usluga nakon ulaska Ethernet na tržište je kombinacija višegigabitnog pojasa s inteligentnim uslugama. Prijenos govora i podataka mrežama utemeljenim na Ethernetu postaje vrlo stvaran izbor, a budući TCP/IP uključuje poboljšane usluge i sadržaje poput paketiziranog govora i videa moguć je i njihov prijenos Ethernetom.

Standard za 10 Gb Ethernet ne povećava samo brzinu na 10 Gbps već povećava i međusobno povezivanje i radne udaljenosti na 40 km. Poput gigabitnog Ethernet i 10 Gb Ethernet podržava i jednomodna i višemodna vlakna. Za jednomodna vlakna udaljenost od 5 km kod gigabitnog Ethernet se povećava na 40 km kod 10 Gb Ethernet. Povećane udaljenosti daju kompanijama koje upravljaju vlastitim LAN-ovima mogućnost smještaja njihovih podatkovnih centara na lokacije s nižim troškovima u krugu od 40 km, a omogućavaju i stvaranje kompanija koje će biti smještene u više udaljenih kampusa.

Razvojem tehnologija utemeljenih na 10 Gb Ethernetu znatno će opasti cijene 10 Gb komunikacija. Uspoređivajući 10 Gb Ethernet tehnologiju s 10 Gbps telekomunikacijskim laserima, 10 Gb Ethernet tehnologija će moći, po onom što je definirano u standardu, koristiti jeftiniju, nehlađenu optiku i VCSEL (*vertical cavity surface emitting lasers*). Isto tako proizvođači čipova podupiru industriju stvaranjem visoko integriranih čipova.

APLIKACIJE ZA 10 Gb ETHERNET

Proizvođači i korisnici se slažu da je Ethernet jeftin, dobro razumljiv i široko uporabljiv u današnjim lokalnim mrežama. Danas, paket može napustiti server na optičkom portu za gigabitni Ethernet, putovati zemljom DWDM mrežom (*dense-wave division multiplexing*) i završiti na PC-u spojenom na gigabitni bakreni BNC port bez potrebe za ponovnim uokvirivanjem ili

konverzijom protokola. Ethernet je doslovce posvuda i 10 Gb Ethernet zadržava tu mogućnost kretanja bez diskontinuiteta za bilo koju aplikaciju koju podržava Ethernet.

10 Gb Ethernet kao temeljna međuveza (*fabric interconnect*)

Temeljne međuveze kod *server area networks* ili *storage area networks* su tradicionalno bile namjenske, često vlasničke mreže s malim brojem korisnika naspram Etherneta. Te mreže servera uključuju: InfiniBand, Servernet, Myranet, Wulffit i Quadrics tehnologije i nude odlične performanse glede kašnjenja i širine prijenosnog pojasa za kratke udaljenosti (manje od 20 m). No, s izuzetkom InfiniBanda, radi se o privatnim mrežama koje bi teško bilo primijeniti i održavati zbog malog broja IT stručnjaka upoznatih s tom tehnologijom. Mali broj korisnika rezultira povećanim troškovima za *server adaptere* i *switcheve* i kao što je slučaj sa svim vlasničkim mrežama nisu međuoperativne s ostalim tehnologijama bez valjanih *routera* i *switcheva*.

U *storage area networks* (a to su namjenske mreže koje povezuju poslužitelje sa spremišnim medijima i koje smanjuju prometno opterećenje LAN-ova) nedostatak standarda i problemi s međuoperativnošću su naveli na uporabu *Fibre Channel* tehnologija no i one imaju iste probleme kao i vlasničke u LAN-ovima.

10 Gb Ethernet je u mogućnosti zamijeniti te tehnologije iz više razloga:

- 10 Gb Ethernet nudi potrebnu širinu pojasa
I InfiniBand i FibreChannel će također početi masovno koristiti 10 gigabitnu tehnologiju indicirajući konvergenciju na 10 gigabitnom izlazu.
- 10 Gb Ethernet nudi uštede na račun servera
10 Gb Ethernet omogućava uporabu jednog servera koji zamjenjuje nekoliko servera koji su obavljali različite poslove. Centralizacija upravljanja također pridonosi smanjenju broja servera čime dolazi do

bolje mogućnosti nadziranja, upravljanja i iskorištenja mrežnih resursa.

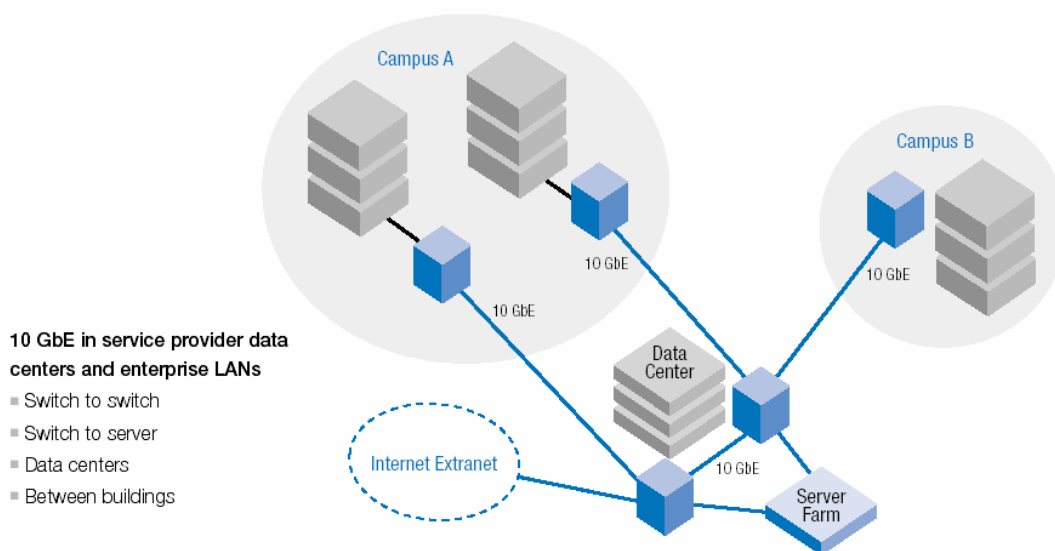
- Planirano poboljšanje značajki 10 Gb Etherneteta

Po prvi puta Ethernet može postati mreža s niskim kašnjenjem zahvaljujući RDMA (*Remote Direct Memory Access*), a ono je ključno u komunikaciji između servera.

Troškove će dodatno smanjiti i uporaba TOE (TCP/IP Offload Engine) tehnologija u adapterima za 10 Gb Ethernet.

10 Gb Ethernet u LAN-ovima

Ethernet tehnologija je već najzastupljenija tehnologija za LAN okruženja visokih performansi. Dolaskom 10 Gb Etherneteta moguće je poduprijeti širokopojasne aplikacije i doseći veće udaljenosti. 10 Gb Ethernet kao i gigabitni podržava jednomodna i višemodna vlakna.



SI. 2. Uporaba 10 Gb Etherneteta u proširenom LAN okruženju

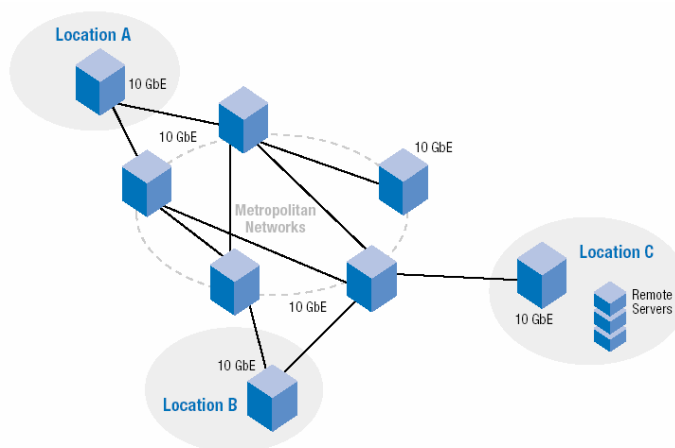
S linkovima dugim do 40 km 10 Gb Ethernet omogućava kompanijama s vlastitim upravljanim LAN-ovima strateško odabiranje mjesta za podatkovni centar koji može biti i do 40 km udaljen od njihovog osnovnog kampusa. Unutar podatkovnih centara za *switch-to-switch* i *switch-to-server* aplikacije mogu se koristiti isplativija, višemodna vlakna kratkog dosega kako bi se kreirala 10 Gb Ethernet okosnica koja podržava zahtjevne aplikacije.

Uporabom 10 Gb Ethernet kompanije mogu lako ostvariti gigabitnu vezu s radnim stanicama i stolnim računalima omogućavajući tako zahtjevne aplikacije kao što su: *streaming video*, *medical imaging*, *centralized applications*, *high-end graphics*.

10 Gb Ethernet također poboljšava mrežno kašnjenje zahvaljujući brzini veze i širini prijenosnog pojasa.

Širina pojasa koju osigurava 10 Gb Ethernet omogućava uporabu mrežnih aplikacija sljedeće generacije čime svakodnevna stvarnost postaju: telemedicina, *telecommuting*, *distance learning*, interaktivne digitalne videokonferencije, HDTV, *video-on-demand*, *Internet gaming*.

10 Gb Ethernet u MAN-ovima i SAN-ovima



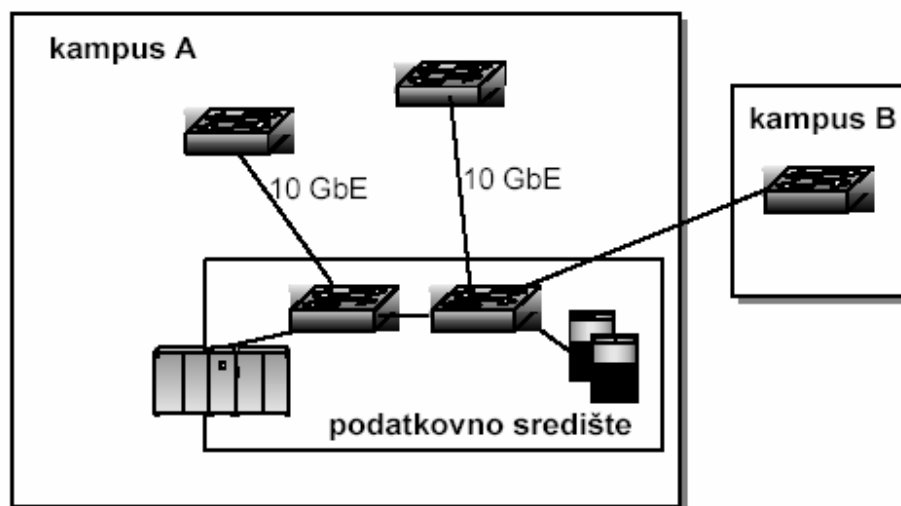
Sl. 3. Primjer uporabe 10 Gb Ethernet u MAN-u

Gigabitni Ethernet se već koristi kao *backbone* tehnologija u *dark fiber* MAN-ovima. S odgovarajućim 10 Gb Ethernet sučeljima, optičkim *transceiverima* i jednomodnim vlaknima, mrežni i Internet davatelji usluga će moći graditi *linkove* duge 40 km i više(slika 3.) okružujući metropolitanska područja mrežama.

10 Gb Ethernet sada omogućava isplative i brze infrastrukture za NAS (Network Attached Storage - orijentiran na pohranu informacija u obliku datoteka,direktno se povezuje s LAN-om kojim se prenosi promet koji se odnosi na pohranu podataka) i SAN (Storage Area Networks). Za njih "stari" Ethernet nije bio dovoljan.

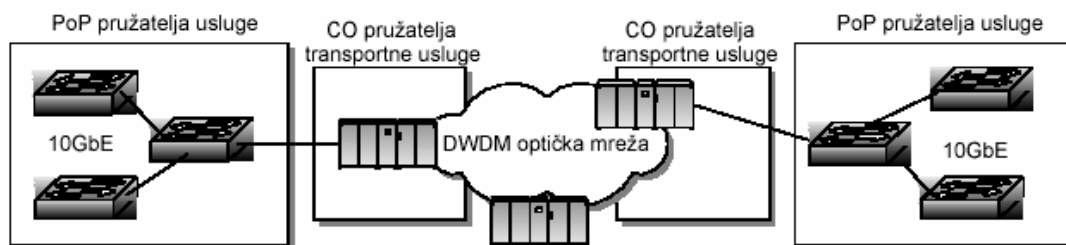
10 Gb Ethernet može sada ponuditi veće prijenosne kapacitete s kašnjenjima sličnim mnogim tehnologijama za mrežno skladištenje poput: Fiber Channel, Ultra160 ili 320 SCSI, ATM OC-3, OC-12, OC-192, i HIPPI (High-Performance Parallel Interface). Takvi uređaji za gigabitni Ethernet već postoje. Neke od aplikacija koje će se koristiti 10 Gb Ethernetom su:

- _ *Business continuance/disaster recovery*
- _ *Remote back-up*
- _ *Storage on demand*
- _ *Streaming media.*



Sl. 4. 10 Gb Ethernet u SAN-u

10 Gb Ethernet u WAN-ovima



Sl. 5. 10 Gb Ethernet u WAN-u

10 Gb Ethernet omogućava NSP-ovima i ISP-ovima kreiranje vrlo brzih i jeftinih linkova od *switcheva i routera* do optičke opreme direktno povezane sa SONET/SDH sustavima. On također omogućava pomoću WAN PHY konstrukciju WAN-ova koji povezuju geografski razbacane WAN-ove između kampusa ili POP-ova preko postojećih SONET/SDH/TDM mreža. 10 Gb Ethernet link između *switcha* davatelja usluge i DWDM uređaja ili LTE (*line termination equipment*) može biti jako kratak - kraći od 300m.

UPOTREBA OPTIČKIH NITI U 10 Gb ETHERNETU

The Physical-Media-Dependent Devices (PMDs)

IEEE 802.3ae standard osigurava fizički sloj koji podržava određene udaljenosti ovisno o vrsti optičke niti. Kako bi se dosegle zadane udaljenosti izabrana su četiri PMD-a (*physical media dependent device*):

- 1310 nm serijski PMD za jednomodno vlakno maksimalne udaljenosti od 10 km
- 1550 nm serijski PMD za jednomodno vlakno maksimalne udaljenosti od 40 km

- 850 nm serijski PMD za višemodno vlakno maksimalne udaljenosti od 300m
- 1310 nm *wide wave division multiplexing* (WWDM) PMD za jednomodno vlakno maksimalne udaljenosti od 10 km, te za višemodno maksimalne udaljenosti 300 m.

Device	8B/10B PCS	64B/66B PCS	WIS	850 nm Serial	1310 nm WWDM	1310 nm Serial	1550 nm Serial
10GBASE-SR		■		■			
10GBASE-SW		■	■	■			
10GBASE-LX4	■				■		
10GBASE-LR		■				■	
10GBASE-LW		■	■			■	
10GBASE-ER		■					■
10GBASE-ER		■	■				■

Tab. 1. PMD-ovi u 802.3ae standardu

Optičke niti

Postoje dva tipa optičkih niti koja se trenutno koriste u telekomunikacijskim i mrežnim aplikacijama, višemodne i jednomodne. 10 Gb Ethernet tehnologija, kao što je definirano IEEE 802.3ae standardom podržava oba tipa. No udaljenost koja se ostvaruje varira ovisno o tipu niti i valnoj duljini (nm). U aplikacijama s jednomodnim optičkim nitima IEEE 802.3ae standard podržava 10 km udaljenosti s 1310 nm optičkim prijenosom i 40 km s 1550 nm prijenosom. Kod višemodnih niti udaljenosti nije lako definirati zbog različitosti niti i načina na koji su definirane. Višemodna nit se obično definira pomoću promjera jezgre i omotača. Npr. nit s promjerom jezgre 62.5 μm i promjerom omotača 125 μm se obično označava kao 62.5/125 μm nit. Prihvatanje višemodnih niti u današnjim mrežama datira iz 1980-ih uvođenjem 62.5/125 μm niti u FDDI standard (*Fiber Distribution Data Interface*). Druga karakteristika koja utječe na ostvarive udaljenosti kod višemodnih niti je kapacitet prijenosa informacija (mjereno u MHz-km), koji određuje udaljenost i brzinu prijenosa na kojoj sustav može raditi (npr. 1 Gbps ili 10 Gbps). Udaljenost na koju se signala može slati jako opada kako

brzina prijenosa raste (tablica 2.). Za aplikacije u 10 Gb Ethernetu je razumijevanje ostavrih udaljenosti jako bitno.

Multimode Fiber	62.5 MMF			50 MMF	
MHz*km	160	200	400	500	2000
850 nm Serial	26m	33m	66m	82m	300m
1310 nm LX4	300m @ 500MHz*km		240m	300m	

Tab. 2. Višemodne optičke niti kako je definirano u IEEE 802.3ae standardu

BUDUĆNOST 10 Gb ETHERNETA

Hoće li biti bakrenih vodiča?

IEEE 802.3 je nedavno oformio novu znanstvenu grupu za istraživanje 10 Gb Etherneta bakrenim vodičima. 10GBASE-CX4 grupa razvija standard za slanje i primanje XAUI signala preko *4-pair twinax* kabela često nazivanog 4X InfiniBand kabl. Znanstvena grupa 10GBASE-T razvija standard za slanje i primanje 10 Gb Etherneta preko kategorije 5 ili UTP (Unshielded Twisted Pair) bakrenog voda do 100 m udaljenosti.

ZAKLJUČAK

Ethernet je izdržao vremenski test za postajanje najprimjenjivnije mrežne tehnologije na svijetu. S povećanom uporabom mreža i povećanim brojem zahtjevnih aplikacija pružatelji usluga traže nova, jednostavna i jeftina mrežna rješenja većih kapaciteta istovremeno zadržavajući visoku razinu pouzdanosti. 10 Gb Ethernet standard se pokazuje dobrim za takve zahtjeve. On je prirodni nastavak dobro utemeljenog IEEE 802.3 standarda u brzini i

udaljenostima. Time se Ethernet proširuje na MAN i WAN mreže omogućavajući:

- Potencijalno najniže troškove vlasništva (infrastruktura/funkcioniranje/ljudski kapital)
- pomak k višim razinama performansi
- međuoperativnost različitih proizvođača (*Plug and Play*)
- uhodano i poznato mrežno upravljanje.

Literatura:

- [1] 10 Gigabit Ethernet Technology Overview, www.intel.com
- [2] 10 Gigabit Ethernet Technology Overview White Paper, www.10gea.org
- [3] 10 Gigabit Ethernet, predavanja, doc. dr. sc. Alen Bažant, www.fer.hr