

Мултимедијална рачуарска мрежа као платформа командно- информационих система

УДК:681.324:623.618

Проф. др Милојко Јевтовић и Десимир Баранац, пуковник

Традиционалне рачуарске мреже су недовољне за потребе садашњих и будућих командно-информационих система (широк пропусни опсег, велике брзине преноса, рад у реалном времену, мултимедијална комуникација, гарантовани квалитет услуга, интеграција различитих информационих система и система веза).

У чланку је описан модел мултимедијалне рачуарске мреже која омогућава интеграцију командно-комуникационих и информационих система.

Објашњени су концепција, техничко решење, функционалне могућности, постигнуте перформансе и резултати провере карактеристика једног реализованог интегрисаног командно-

- комуникационог информационог система. Показано је да рачуарска мрежа може да се користи као телекомуникациона платформа, односно као трансмисиони медијум за пренос у реалном времену: говора, штампаног и писаног текста, података, графичких докумената, видео-слике, и слично.

Увод

У пројектовању и изградњи информационог система Војске, као једног од највећих и најсложенијих таквих система у земљи, треба истовремено и на оптималан начин решити и успоставити функционални однос следећих садржаја:

– организационо-формацијска структура ВЈ, хијерархијски заснована на командном односу;

– груписање, верификација и дистрибуција корисницима информација о непријатељу, сопственим снагама и ресурсима, ситуацији у ваздушном простору, метеоролошкој ситуацији итд.;

– органичења садашњег доминантног начина коришћења телекомуникационе инфраструктуре за телефонски саобраћај (око 90 одсто аналогна мрежа) која се манифестују немогућношћу преноса информација различитим медијумима, као што су пакетски говор, текст, подаци, графика, видео-слика, и друго.

Модел мултимедијалне рачуарске мреже која „дигитализује“ постојећу телекомуникациону инфраструктуру омогућава свим нивоима командовања коришћење ажуриране базе података о непријатељу, сопственим снагама и ресурсима, метеоролошкој ситуацији и другим елементима значајним за доношење одлука у борби.

Традиционалне рачунарске мреже постале су недовољне за задовољење потреба¹ везаних за садашње и будуће информационе системе, као што су: велике брзине преноса, гарантовани квалитет услуга, довољно широк пропусни опсег, рад у реалном времену, мултимедијална комуникација, мултипоинт везе, интеграција различитих информационих система на истој платформи, обједињавање телекомуникационих служби (говор, подаци, факсимил, графичке поруке, видео-слика) с информационим системима итд. Упоредне карактеристике традиционалних и мултимедијалних мрежа приказане су у табели 1.

Табела 1

Поређење карактеристика мултимедијалног саобраћаја и саобраћаја у традиционалним мрежама

Карактеристике саобраћаја	Саобраћај у традиционалним мрежама	Мултимедијални саобраћај
Брзина преноса	мала	велика
Особине саобраћаја	„налетни“	изразито „налетни“
Захтеви за поуздан пренос	без губитака	мали губици
Захтеви за кашњење	нема	мало, нпр. 20–30 ms
Начин комуникације	тачка. тачка	мултипоинт
Временска зависност преноса	нема	синхронизован пренос

Под налетним саобраћајем подразумева се пренос веома велике количине података (пренос датотека, трансакције, дистрибуција података) у кратком временском интервалу, а у дугом периоду мрежа нема захтева за комуникацију. На основу приказаних карактеристика саобраћаја, поред других захтева, процењене су могућности постојеће телекомуникационе инфраструктуре, односно система веза ВЈ, са становишта погодности за реализацију мултимедијалне рачунарске мреже на простору СРЈ (WAN, мрежа повезаних LAN-ова који су хијерархијски структуриране по нивоима командовања). Концепција мултимедијалне мреже приказана је на табели 2, у форми OSI архитектуре.

Архитектура мултимедијалне мреже

Архитектура мреже одговара ISO OSI референтном моделу којим је представљена слојевита структура протокола у сложеном процесу комуникације. Реч је о WAN мрежи која је формирана повезивањем више LAN мрежа. Карактеристике физичког слоја одређене су перформансама фрагментарних E1/T1 модема, „Frame relay“ модема,

¹ M. Reha Civanlar, and att. *IP-Networked Multimedia Conferencing*, IEEE Signal Processing Magazine, July 2000.

базног или примарног *ISDN* приступа, *DSL* модема, *MAC* протокола *LAN* мрежа *IEEE 802.3* или *IEEE 802.11.b*). На другом слоју архитектуру мреже користе се *MAC* протоколи локалних рачунарских мрежа, Интернетов протокол *PPP*, протоколи *LAPB*, *LAPD* и други. На трећем слоју је Интернетов протокол *IP V4*, док се на четвртном слоју користе протоколи *RTP*, *UDP RAS* и други којима се подржава комуникација у реалном времену. Пети и четврти слој (сесија и презентација) садрже скуп бројних протокола којима се подржавају групна мултимедијална конференција у реалном времену. То су тзв. кишобран протоколи *H.320*, *H.321*, *H.323* и други, који се по потреби могу активирати зависно од карактеристика телекомуникационе мреже. На седмом слоју су апликације које омогућавају комуникацију корисника с одређеним информационим системима.

Табела 2

Слојеви *OSI* архитектуре

Слој примене (апликације)	<ul style="list-style-type: none"> – Оперативна евиденција борбене готовости (ОЕ б/г) – помоћно материјално књиговодство (ПОМАК), – кадровски информациони систем (КАИС), – организација, мобилизација, регрутовање и кадроввање (ОМОРИКА) – аутоматски приказ података о ваздушној ситуацији (АППВС) – електронска радна карта, – метеоролошка ситуација (текуће стање, прогнозе), – подаци о непријатељу, – подаци о сопственим снагама, – аудио-визуелна комуникација (конференција), и друго. 			
Слој презентације и сесије	Мидлвер (<i>Middleware</i>) групна мултимедијална комуникација			
Транспортни слој	H.323; H.320; H.261; T.120; H.245; H.263; H.324; G.711; G.723.1; G.729; G.728; G.722			
Слој мреже	RAS; RTP; транспортни протокол; RTCP; UDP			
Слој вода података	Међумрежни протоколи IP V.4 (IP V. 6)			
Слој физички слој	Ethernet LAN IEEE 802.3 10/100 Mb/s	Lap B PPP	Wireless LAN IEEE 802.11b 2/5,5/11 Mb/s	
Физички слој	E1/T1 2 Mb/s	„Frame relay“ 2 Mb/s	ISDN 128-384 kb/s	XDSL 2 Mb/s 155-622 Mb/s
			2.048 kb/s	

Мултимедијална мрежа омогућава интеграције у „апликативном софтверу“ подсистема ЈАИС-а, и то: 1) ОЕ б/г – оперативна евиденција борбене готовости, 2) ПОМАК – помоћно материјално књиговодство, 3) КАИС – кадровски информациони систем, 4) ОМОРИКА – организација, мобилизација, регрутовање и кадроввање, 5) АППВС

Мрежа треба да буде широкопојасна, тј. да омогући адекватни пропусни опсег за мултимедијалне апликације (графикон 1). Такође, њома треба да се обезбеде пренос порука стандардних формата и велике битске брзине преноса, потребне при преносу: говора, података, факсимил – порука и видео-сигнала (табела 3).

Табела 3

Карактеристике стандардних формата за говор, мирне слике и видео-сигнале

Тип аудио сигнала	Фреквентни опсег	Брзина одмеравања	Бита по одмерку	Некомпримована битска брзина	Макс. степен компресије
Ускопојасни говор	200–3.200 Hz	8 kHz	16	128 kb/s	30:1
Широкопојасни говор	50–7.000 Hz	16 kHz	16	256 kb/s	15:1
CD аудио	20–2.000 Hz	44.1 kHz	16x2 канала	1.41 Mb/s	22:1

Тип слике	Тачака по раму	Бита по тачки	Некомпримована величина	Максимални степен компресије
FAXIMIL 4	1.700 x 2.200	1	3.74 Мб	100 : 1
VGA	640 x 480	8	2.46 Мб	100 : 1
XVGA	1.024 x 768	24	18.87 Мб	100 : 1

Тип видео-сигнала	Тачака по раму	Рамова у слици	Бита по тачки	Некомпримована брзина	Макс. степен компресије
HDTV	1.920x1.080	30	12	746.5 Mb/s	100:1
NTSC	480x483	30	16	111.2 Mb/s	100:1
PAL	576x576	25	16	132.7 Mb/s	100:1
CIF	352x288	15	12	18.2 Mb/s	100:1
CIF-2	320x240	15	8	9.2 Mb/s	100:1
QCIF	176x144	10	12	3.0 Mb/s	100:1
QCIF-2	176x144	10	8	2.03 Mb/s	100:1

У табели 3 приказани су: фреквентни опсег, брзина одмеравања при дигитализацији аналогних сигнала, битска брзина некомпримованих сигнала и степен компресије који се може постићи компресијом и дигиталним представљањем говора, факсимила и различитих видео-сигнала.

Техничко решење

Мултимедијалне рачунарске (телекомуникационе) мреже, за разлику од традиционалних мономедијалних мрежа, омогућавају кориснику да истовремено комуницира са једним или више учесника рачунарски процесираним порукама у више медија (може да комбинује говор, штампани или писани текст, податке, графичке поруке, аудио-сигнале, мирне слике и документа, видео-сигнале). У тој комуникаци-

ји корисник (ниво командовања) има један канал везе потребног пропусног опсега, капацитета и квалитета, а за комуникацију користи мултимедијални интелигентни терминал. Функције реализоване мултимедијалне рачуарске мреже приказане су на табели 4.

Табела 4

Функције мултимедијалне рачуарске мреже

Врсте порука које се преносе	Тип комуникације у мрежи
Говорне/аудио поруке и видео-слике	веза по правцу два учесника, видео-конференција до четири учесника, пасивно праћење мултипоинт везе;
Штампани текст, E-mail	стандардни пренос електронске поште (наређења, извештаји, обавештења и др.);
Графичке поруке, рад с електронском картом	између учесника у комуникацији омогућен рад на електронској радној карти; пренос графичких симбола;
Документи, цртежи, скице, мирне слике, руком писани текст, и слично	коришћењем документ-камера омогућава се пренос различитих врста докумената, тако да је искључена потреба за коришћењем факсимила;
Метеоролошки подаци	на екрану монитора учесницима у комуникацији доступни су расположиви метеоролошки извештаји и прогнозе времена;
Приказ података о ваздушној ситуацији	подаци о ваздушној ситуацији могу стално да се приказују на екрану (у реалном времену), а над њима се приказују видео-слике учесника или табеле с подацима о стању јединица;
Подаци о стању јединица	у форми табела приказују се подаци о стању јединица, табеле могу on-line ажурирати учесници у вези;
Оперативна евиденција борбене готовости	у току аудио-визуелне везе учесницима су, по жељи, доступни подаци који се односе на ОЕ бг или подаци из система ПОМАК, или/и других информационих система

У табели 4 наведене су врсте порука које се размењују између учесника у мрежи, као и типови комуникације које мрежа омогућава корисницима. За мултимедијалну комуникацију потребан је канал са широким пропусним опсегом (графикон 1), великим битским брзинама (табела 3) и одговарајућим квалитетом услуга (*QoS-Quality of Service*). За тако постављене захтеве недовољна је аналогна мрежа, односно аналогни канали. Пропусни опсег аналогних канала је веома узак (300 до 3.400 Hz), а битска брзина у условима идеалног квалитета канала није већа од 57.6 kb/s. Због тога је нађено решење „дигитализације“ спојног пута између учесника кроз решавање проблема приступне мреже и даље коришћењем примарног *PCM (Pulse Code Modulation* – импулсна кодна модулација) мултиплекса (E1), који сада постоји као преносни систем у језгру телекомуникационе мреже, односно у стационарном систему веза Војске. Тиме је омогућен пренос битским брзинама од 2 x 64 kb/s до 32 x 64 kb/s, односно до 2.048 kb/s (условљеним нивоом команде у хијерархијској структури командова-

ња). На тај начин је успостављен дигитални преносни пут између учесника који поседују довољну ширину пропусног опсега за мултимедијалну комуникацију.

Квалитет преноса *E1* сигнала провераван је пре почетка формирања мреже дуготрајним мерењима. У табели 5 приказани су: стандарди, односно захтеви за параметре квалитета који су мерени, трасе спојних путева чији је квалитет испитиван и резултати добијени систематским мерењем.

Табела 5

Мерење квалитета преноса сигнала 2,048 Mb/s

Стандари и захтеви	Параметри квалитета у преносу диг. сигнала	Трасе спојних путева/релација	Резултати
G.821 Анализа према G.821	– Број погрешних бита, – вероватноћа грешке по биту – BER – цитер, – секунде с грешком, – % секунди с грешком, – секунде без грешака, – % секунди без грешака, – секунде деградираног преноса, – % секунди деградираног преноса, – секунде нерасположивог преноса.	Бањица – Авала – Бањица Бањица – Земун – Бањица	у границама захтева из стандарда
G.826 Анализа према G.826	– Секунде с грешком, – секунде деградираног преноса, – секунде нерасположивости везе, – вероватноћа секунди с грешком, – вероватноћа секунди деградираног преноса.	Бањица – Ужице – Бањица	у границама захтева из стандарда
M.2100 Анализа према M.2100	– Секунде деградираног преноса, – секунде с грешком, – секунде нерасположивости везе.	Бањица – Подгорица – Бањица	у границама захтева из стандарда
M.2110 Анализа према M.2110	Фреквенцијски офсет сигнала 2,084 Mb/s – секунде деградираног преноса.		у границама захтева из стандарда

Мерење је обављено према методама које су дефинисане стандардима *G.821*, *G.826*, *M. 2100*, *M.2110* ITU-t Међународне уније за те-

декомуникације. Мерења појединих параметара трајала су дуже од 20 дана. Добијени резултати нису увек били у дозвољеним границама, па су за реализацију мреже селектоване трасе задовољавајућег квалитета или су отклањани узроци лошијег квалитета.

Приступна мрежа. У реализацији мултимедијалне мреже посебан проблем је обезбеђење преноса (битска брзина, пропусни опсег, квалитет) у приступној мрежи, односно повезивање LAN мрежа на E1 канале у језгру стационарне мреже. Приступну мрежу чине средства везе, односно канали веза којима се команда повезује на најближе чвориште у систему веза Војске. У процесу реализације мреже анализирана су и практично проверена бројна могућа техничка решења преноса у приступној мрежи. Резултати тих анализа приказани су у табели 6.

На основу резултата властитих испитивања и захтева за битске брзине и ширину пропусног опсега за формирање мреже одабрани су фрагментарни E1/T1 дигитални модеми, који имају уграђене адаптере за директно повезивање на 10/100 Mb/s Ethernet LAN. Компатибилни су са E1 применом PCM мултиплекса (имају уграђен интерфејс V.35 или V.24/28). Фрагментарни E1/T1 модеми, с уграђеним функцијама моста, омогућавају директно повезивање LAN-ова. Уколико су без мостних функција, на LAN мрежу се везују преко рутера. Рачунарска мрежа је реализована повезивањем (преко стационарног система веза В) четири просторно удаљене LAN мреже. У радне станице LAN-ова уграђена је опрема за мултимедијалну комуникацију.² За пренос мултимедијалних сигнала између LAN-ова користи се фрагмент капацитета E1 мултиплекса $n \times 64 \text{ kb/s}$, а преостали капацитет, односно $(32-n) \times 64 \text{ kb/s}$ канала, може да користи за повезивање дигиталних телефонских централа.

Модули за мултимедијалну комуникацију³ селектовани су на основу полазних тактичко-техничких захтева за мрежу, односно захтева за подршку функција интегрисаног информационо-комуникационог система. Конкретно решење изабрано је након практичне провере модула више различитих произвођача (Intel, Sony, VITEL, VCON итд.). У табели 7 приказане су техничке карактеристике модула за мултимедијалну комуникацију, односно њихове квантитативне вредности.

² М. Јевтовић, и др., *Пројектовање рачунарских мрежа*, Семинар, Електротехнички факултет, Бања Лука, 1997.

³ М. Јевтовић, и др., *Мултимедијалне телекомуникационе мреже*, Семинар, Електротехнички факултет, Бања Лука, 1999.

Преглед техника преноса дигиталних сигнала у приступној равни

Ред. бр.	Техничко решење преноса у приступној мрежи	Карактеристике квалитета		Процена трошкова и техничка сложеност
1.	Модеми V типа (жични каблови, кабловске парнице)	битска брзина	57.6 kb/s	Најмањи трошкови (цена модема од 30 до 150 долара); веома брзо и једноставно инсталирање, програмирање и пуштање у рад. Потребан класични телефонски прикључак.
		пропусни опсег	0–3.4 kHz	
		домет	неограничен	
		утицај шума и сметњи	слабљење, хармонијска изобличења, случајан шум, импулсни шум, временски и фазни цитер	
2.	Дигитални синхрони модеми (жични каблови)	битска брзина	128 kb/s	Мали трошкови (цена модема око 500 долара). Једноставно и брзо инсталирање, програмирање и пуштање у рад. Потребна изнајмљена линија.
		домет	од 2 до 20 km	
		утицај шума и сметњи	импулсно преслушавање, слабљење, рефлексја сигнала	
3.	ISDN дигитал модем базни приступ	битска брзина	128 kb/s	Мали трошкови (цена модема 60–300 долара). Једноставна и брза инсталација и програмирање. Потребна је ISDN базни прикључак.
		домет	2 до 12 km	
		утицај шума и сметњи	импулсно преслушавање, слабљење, рефлексја сигнала	
4.	ISDN рутери примарни приступ (жични каблови)	битска брзина	2 Mb/s	Цена ISDN-PRT рутера од неколико хиљада долара и више, зависно од конфигурације. За конфигуравање, инсталирање и пуштање у рад захтева се специјализован стручни кадар. Потребан ISDN примарни приступ.
		домет	од 2 до 10 km	
		утицај шума и сметњи	импулсни и случајни шум и проблем различитих кашњења V канала	

Ред. бр.	Техничко решење преноса у приступној мрежи	Карактеристике квалитета		Процена трошкова и техничка сложеност
5.	Фрагментарни <i>E1/T1</i> модеми (жични каблови)	битска брзина	2 Mb/s	Цена фрагментираниог <i>E1/T1</i> модема је од 1000 долара и више. За инсталирање, програмирање и пуштање у рад потребан стручни кадар. Потребна изнајмљена линија
		домет	од 2 до 8 km	
		утицај шума и сметњи	импулсни и случајни шум, слабљење, рефлексија сигнала	
6.	<i>DSL</i> и <i>HDSL</i> технике преноса (жични каблови)	битска брзина	2 Mb/s	Цена <i>XDSL</i> модема је 800 долара и више. За инсталирање, програмирање и пуштање у рад потребан стручни кадар. Потребна изнајмљена линија.
		домет	од 2 до 4 km	
		утицај шума и сметњи	импулсни и случајни шум, слабљење, рефлексија сигнала	
7.	Бежични пренос по стандарду <i>IEEE 802.11</i> и <i>802.11b</i> (до 11 Mb/s) (бежични пренос <i>FHSS</i> и <i>DSSS</i>)	битска брзина	11 Mb/s	Цена радио <i>LAN</i> од 50.000 долара, и више. Брза и једноставна инсталација и програмирање од стране стручног кадра. Нису потребни никакви ресурси и услуге Телеком оператера.
		домет	од 2 до 4 km	
		утицај шума и сметњи	селективни и широкопојасни фединг, интерференција, рефлексија	
8.	Оптички модеми (оптички кабловск и пренос)	битска брзина	622 Mb/s (до 2.4 Gb/s)	Цена оптичког модема неколико хиљада долара, зависно од брзине преноса. За инсталирање и програмирање посебан стручни кадар. Потребан изнајмљени оптички кабл.
		домет	од 20 до 200 km	
		утицај шума и сметњи	слабљење, повратни губици, рефракција, импулсна рефлексија	

**Техничке карактеристике модула (хардвер, софтвер)
за мултимедијалну комуникацију**

Карактеристике и функције	Квантитативне вредности
Стандардне битске брзине (kb/s)	До 128; до 512; до 1536/1920
Опционе битске брзине (kb/s)	До 384; до 512; до 1536/1920
Номинални број фрејмова видео-сигнала у секунди	15 или 30
Максимални број фрејмова видео-сигнала у секунди	30
Компатибилност са телекомуникационим мрежама	ISDN, ATM, LAN/WAN мреже Интернет, јавне дигит. телеф. мреже
Компатибилност у аудио-визуелним комуник. и подацима	Према стандардима ITU-T H.320; H.323; H.310; T.120 итд.
Хардверско-софтверска платформа	Заснована на препорученој конфигурацији хардвера РС и стандардним оперативним системима (PENTIUM I, II, III и др.) (Windows 95, 98, NT ver 4, 2000, и др).
Број корисника у Мултипоинт мултимедијалној комуникацији	– Десктоп 1 – 3 учесника, – радне групе 3 – 6 учесника, – конференцијске сале 5 – 45 учесника, – обука на даљину 1 – 45 учесника.
Аудио и визуелна презентација	– Управљање димензијама слике, – слика у слици, – интегрисан звук са РС аудио– картицом, подешавање: боје, оштрине, интензитета итд.

Важни критеријуми приликом избора модула били су: осетљивост на промене квалитета преноса у мрежи, квалитет, односно ефикасност мултимедијалне синхронизације, поузданост у дужем раду итд.

Апликативни софтвер. Подаци из постојећих информационих система, као што су: оперативна евиденција, стање јединица, позадинско обезбеђење, метеоролошки подаци итд., интегрисани су тако што је у процесу формирања мреже развијен програмски пакет апликативног софтвера. Њиме су дограђене комуникационе функције које постоје у програмском пакету видеоконференцијског система, односно модула за мултимедијалну комуникацију. Једна од предности тог апликативног софтвера јесте што омогућава „on-line“ ажурирање података у табелама у току мултимедијалне комуникације.

Резултати провере перформанси

Провери функционалних могућности мреже претходило је мерење неких њених перформанси значајних за квалитет. С обзиром на то да мрежа треба да ради у реалном времену, један од основних захтева односи се на величину дозвољеног кашњења у преносу мултимедијалних сигнала кроз мрежу. Кашњење је мерено помоћу софтверских дијагностичких програма (софтверски алати) PING и TRACET на свим

спојним путевима. Резултати су у складу са постављеним захтевима. Наиме, кашњење је веома мало и креће се од 30 ms. Према стандардима, у комуникацији у реалном времену кашњења треба да буде мање од 150 ms. Кашњења од 150 ms до 300 ms ствара приметне паузе у аудио-визуелној комуникацији, а веће од 300 ms доводи до неприхватљиве деградације комуникације у реалном времену.⁴

Табела 8

Параметри квалитета говорног сигнала

Парметри квалитета	Дефиниција квалитета и захтеви
Средња субјективна оцена (MOS – Mean Opinion Score)	Субјективна мера квалитета добијена тестирањем групе слушалаца. Креће се од оцене 5 (одличан) до 0 (неприхватљиво). Типичне вредности за VoIP крећу се између 3,5 и 4,2.
Перцепцијска мера квалитета говора (PSQM – Perceptual Speech Quality Measure)	Објективна мера за квалитет говорног сигнала. Добија се при преносу говорног тест – сигнала кроз мрежу. Пореде се референтни и примљени тест – сигнали.
Изобличења сигнала при квантовању (QDU – Quantization Distorsion Unit)	Мере изобличења говорног сигнала, које настаје при квантовању и кодовању.
Р-фактор	Користи се за оцењивање квалитета говора при преносу кроз мрежу од уста до уха. Примењује се за процену MOS резултата.
Кашњење говорног сигнала при обради и преносу кроз комуникациону мрежу	<ul style="list-style-type: none"> – од 0 до 25 ms одличан квалитет, – од 25–150 ms добар квалитет, – од 150 до 300 ms задовољава, – од 300 до 450 ms деградиран, – веће од 450 ms неприхватљив квалитет.
Варијација кашњења (xiter)	<ul style="list-style-type: none"> – видео-конференција до 130 ms – говорни сигнал испред видео-сигнала < 20 ms, – говорни сигнал иза видео сигнала < 120 ms – MPEG говорни сигнал < 0,1 ms

Захтеви везани за квалитет преноса говорних сигнала у аудио-визуелној комуникацији приказани су у табели 8. Мерења су показала да реализовани модел мреже задовољава постављене захтеве. Код модемских сигнала мерен је однос сигнал/шум као параметар који се директно одражава на квалитет комуникације. На свим везама у мрежи тај однос је био у границама стандардних вредности. Субјективни квалитет је током испитивања, у непрекидном вишедневном раду мреже, био стално врло добар. Записи видео-сигнала и графичких порука, остварени коришћењем колор-штампача, потврђују веома висок квалитет примљених видео и графичких порука. Провером мул-

⁴ М. Јевтовић и др., *Пројектовање рачунарских мрежа – трендови у развоју и пројектовању*, Семинар, Електротехнички факултет, Бања Лука, 2000.

тимедијалне комуникације (аудио-визуелна комуникација, комуникација подацима) показало се да су успешно остварене захтеване перформансе интегрисаног командно-комуникационог система који подржава мрежу. Функционалност мреже испитивана је током вишемесечног, непрекидног рада. Резултатима испитивања потврђена је исправност концепције мреже, односно показало се да су задовољени постављени технички захтеви.

Закључак

Техничко решење мултимедијалне рачунарске мреже и остварење функционалне перформансе потврђени су резултатима експерименталних испитивања. Према концепцији, мрежа је модерно и перспективно решење, и добра основа за проширење и надградњу на технолошки савремен начин. Као широка платформа може да се примени у решавању бројних проблема потенцијалних корисника (јединствено на свим нивоима командовања) и омогућава стварање услова за стално унапређивање функција и перформанси командно-информационих система. То решење омогућава оптимално коришћење могућности телекомуникационе инфраструктуре у систему веза ВЈ и рачунарске опреме постојећих LAN мрежа. Такође, доказ је да се рачунарска мрежа може користити као мултимедијална платформа за пренос говора, текста, података, графике и видео-слика. Таквим начином комуникације преноси се и добија највећа количина информација (максимално се смањује ентропија система), што омогућава ефикасно командовање. Приликом конципирања, пројектовања и реализације мреже аутори нису имали узор, нити податке о сличним решењима.