

H.264/AVC standard u vojnim WiFi i WiMAX telekomunikacionim sistemima

Zoran Miličević, Žarko Novičić, Zoran Bojković

Sadržaj — Primena “Taktičkog Interneta” i namenskih “Triple Play” servisa, kao i savremenih komercijalnih bežičnih tehnologija i video kodnih standarda u Komandno-informacionim sistemima (KIS) postaje osnova na kojoj se realizuju sve savremene taktičke mreže. U radu je predstavljeno nekoliko rešenja za korišćenje bežičnih komunikacionih tehnologija WiFi i WiMAX u vojnim taktičkim mrežama, kao i mogućnost primene H.264/AVC standarda u WiFi i WiMAX mrežama za procesiranje video servisa.

Ključne reči — H.264/AVC, KIS, WiFi, WiMAX.

I. UVOD

Klasične komunikacione mreže ne zadovoljavaju u potpunosti zahteve savremenih Komandno-infomacionih sistema (KIS) kao što su mobilnost i funkcionalnost u okruženju bez fiksne telekomunikacione infrastrukture, mogućnost rekonfigurisanja komunikacione mreže u skladu sa trenutnim potrebama i drugo. Ovakva situacija utiče na razvoj i analizu mogućnosti primene novih rešenja. U vojnim sistemima na početku XXI. veka savremene misije zahtevaju primenu “Taktičkog Interneta” i namenskih “Triple Play” servisa: prenos govora, svih vrsta podataka i video striming primenom IP protokola preko Etherneta.

Primena “Taktičkog Interneta” i savremenih komercijalnih bežičnih tehnologija u KIS postaje osnova na kojoj se realizuju sve savremene taktičke mreže u skladu sa specifičnim zahtevima. Inače, Komandno-informacioni sistem u tehničkom smislu predstavlja automatizovan sistem za prikupljanje, prenos, obradu, analizu, predviđanje, prikaz, podršku odlučivanju, distribuciju i zaštitu podataka i informacija.

Primarni zahtevi savremene taktičke mreže su specifična robustnost u odnosu na teren i okruženje u kojima se vojne jedinice mogu naći: planinsko zemljiste, ravnice, šume, močvare ili druge vodene površine, urbana sredina, prigradska naselja i slično. Drugi, ne manje bitan zahtev jeste da taktička mreža mora obezbediti

Zoran Miličević, Uprava za telekomunikacije i informatiku GŠ VS, Raška 2, 11000 Beograd, Srbija; (telefon: 064/11-91-125; e-mail: mmilicco@eunet.yu).

Žarko Novičić, Uprava za telekomunikacije i informatiku GŠ VS, Raška 2, 11000 Beograd, Srbija; (telefon: 063/84-67-296; e-mail: zarko.novicic@yahoo.yu).

Zoran Bojković, Univerzitet u Beogradu, 11000 Beograd, Srbija (e-mail: z.bojkovic@yahoo.com).

telekomunikacionu osnovu KIS-u u svim scenarijima primene kao što su mirovne misije, elementarne nepogode ili konflikti visokog intenziteta.

Pri samom izboru bežičnih tehnologija u odnosu na namenu i specifičnost primene moraju se razmotriti sledeći kriterijumi:

- Mogućnost funkcionalnog i dinamičkog konfigurisanja mreže u odnosu na oblast primene,
- Domet i protok koji je neophodan za obezbeđivanje vojnih “Triple Play” servisa,
- “End to end” kašnjenje koje je posebno značajno za aplikacije sa sinhronim prenosom podataka i sisteme za upravljanje vatrom,
- Kvalitet servisa i definisanje adekvatnih korisničkih profila u odnosu na isti,
- Raspoloživi frekvencijski opsezi u skladu sa međunarodnim standardima,
- Mogućnost primene COMSEC (Communication Security) i TRANSEC (Transmission Security) tehnika,
- Mogućnost primene namenski razvijenih alata za mrežno planiranje, frekvencijski menadžment i nadzor i upravljanje u sistemu.

Sama mrežna arhitektura u praksi je korelisana sa izborom tehnologije i određena je karakteristikama primenjenih talasnih oblika i protokola.

Bežični LAN (Wireless Local Area Network) - Wi-Fi je tehnologija za komunikacionu opremu koja je u skladu sa različitim verzijama IEEE 802.11 standarda implementiranog u frekvencijskom opsegu 2,4 GHz (nelicencirani opseg) gde se uz korišćenje direktnе sekvencije (Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS) obezbeđenje prenos podataka sa brzinama 1, 2, 5,5 i 11 Mb/s [1]-[4]. WLAN mreže, pored komercijalne namene obezbeđuju i bežičnu konektivnost za različite vojne telekomunikacione sisteme, kao što je na primer Joint Tactical Radio System (JRTS).

WiMAX je bežična širokopojasna tehnologija koja je definisana sa IEEE 802.16 standardom, a koji je izведен iz IEEE 802.11 standarda. Za razliku od WiFi tehnologije, koji pokriva manja rastojanja i ima ograničenja pri primeni u urbanom području zbog prostiranja, WiMAX može da radi u višim frekvencijskim opsezima i da obezbedi pokrivenost na distanci do 50 km, kada se koriste stacionarne konekcije sa optičkom vidljivošću. Mreža podržava brzinu prenosa podataka do 50 Mb/s, sa stabilnom brzinom prenosa korisničkih podataka od 0,5 do 2 Mb/s, obezbeđujući pri tome simultani prenos podataka (uključujući i sliku visoke rezolucije), glas (VoIP) i video.

Takođe, WiMAX tehnologija efikasno obezbeđuje servise na rastojanju od 5 do 8 km za mobilne korisnike (bez direktnе optičke vidljivosti) [5], [6].

Primena „Taktičkog Interneta“ i namenskih „Triple Play“ servisa gde spada i video, neosporno nameće i korišćenje različitih video kodnih standarda, među kojima je i H.264/AVC.

Prvi korak koji se nameće kao ključni kada se razmatra mogućnost korišćenja H.264/AVC standarda je činjenica da je isti usvojen od strane North Atlantic Treaty Organization (NATO) i Motion Imagery Standard Board (MIBS) United States Department of Defence (DoD) kao prioritetan video kodek za korišćenje kod širokog niza vojnih aplikacija i sistema.

Takođe, u razmatranju prednosti primene H.264/AVC standarda u KIS mora se poći i od činjenice da sam standard ima inkorporirane različite alate i metode sa kojima je omogućeno povećanje efikasnosti kodovanja, poboljšanje metoda predikcije, robusnost na gubitke i greške i fleksibilnost, kao i rad u različitim mrežnim okruženjima, pa tako i u vojnim bežičnim telekomunikacionim sistemima, koji se baziraju na WiFi i WiMAX tehnologiji prenosa [7]-[9].

Rad je organizovan na sledeći način. Prvo poglavlje je uvodno. Drugo poglavlje objašnjava način interakcije multimedijalnog H.264/AVC standarda i bežičnih vojnih telekomunikacionih tehnologija. Treće i četvrto poglavlje, detaljno razmatraju načine primene WiFi i WiMAX tehnologije u vojnim telekomunikacionim sistemima. Poslednje poglavlje sadrži zaključna razmatranja.

II. H.264/AVC I BEŽIČNE KOMUNIKACIONE TEHNOLOGIJE

Karakteristike bežičnih komunikacijskih kanala, kao što su senke, prostiranje po više putanja, feding i interferencija još uvek ograničavaju dodeljeni propusni opseg za različite aplikacije. U skladu sa tim tehnike video kompresije su suštinski deo multimedijalnih aplikacija preko bežičnih komunikacionih tehnologija.

H.264/AVC video kodni standard postiže efikasno kodovanje u propusnom opsegu od nekoliko kilobita do nekoliko megabita u sekundi. Prema tome, od prenosa H.264 videa se očekuje da bude važna komponenta mnogih bežičnih multimedijalnih servisa. Takođe, primena „Taktičkog Interneta“ i namenskih „Triple Play“ servisa: prenos govora, svih vrsta podataka i video striming primenom IP protokola preko Etherneta dodatno ukazuju na značaj primene tehnika za kompresiju video sadržaja, kao što je H.264/AVC.

H.264/AVC je definisao mrežni apstraktни nivo (Network Abstraction Layer) za adaptaciju izlaznih podataka sa video kodera prema zahtevima različitim prenosnim tehnologijama, kao što su na primer WiFi i WiMAX [10], [11].

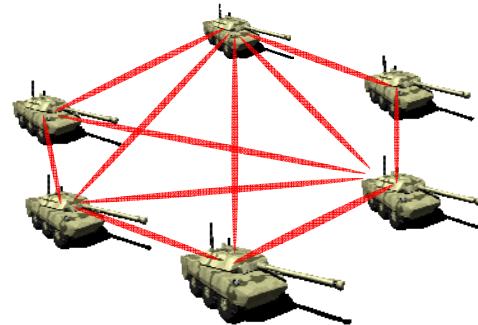
Takođe, H.264/AVC je uveo skup tehnika kao što je struktura bazirana na isećcima, deljenje podataka i fleksibilno raspoređivanje makroblokova koje ga čine otpornim na greške [12]. Korišćenjem tehnike deljenja podataka H.264/AVC koder deli komprimovane podatke u različite jedinice (delove) različite važnosti. Podaci su

izdeljeni prema značaju u toku bita i nakon tогa važni podaci se prenose sa visokim prioritetom. Bazirajući se na zahtevima za kvalitetom servisa ovih različitih jedinica specifični algoritmi na MAC sloju kod WiFi ili WiMAX standarda H.264/AVC jedinice povezuju sa kategorijom pristup na drugom sloju komunikacije. Na taj način, omogućeno je aplikativnom nivou da prosledi sopstveni strim sa zahtevima da bi se zaštitila najvažnija H.264/AVC informacija, sa garantovanom malom degradacijom primljenog H.264/AVC strima.

III. WiFi U VOJNIM KOMUNIKACIJAMA

Za primenu u vojnim taktičkim mrežama je posebno značajna primena bežičnih ad hoc (“meshed”) mreža zasnovanih na IEEE 802.11 standardu.

Komandno – informacioni sistemi (KIS) imaju specifične zahteve koji uslovljavaju drugačiju organizaciju telekomunikacionih sistema u odnosu na javne i druge namenske sisteme. Klasična bežična komunikaciona mreža ne može u svakoj situaciji i u potpunosti zadovoljiti sve komunikacione potrebe KIS. Realna je situacija da KIS, obzirom na svoju namenu, moraju funkcionisati u oblastima gde telekomunikaciona infrastruktura ne postoji. Kao rešenje za obezbeđivanje komunikacija jednog KIS u pojedinim situacijama nameće se bežična ad hoc mreža prikazana slikom broj 1.



Sl. 1. Bežična ad hoc mreža kao telekomunikaciona osnova KIS [13].

Za razliku od bežičnih mreža koje srećemo u upotrebi, u ad hoc mreži svi korisnici «prihvataju» da prime i predaju – proslede sve informacije međusobno. Ad hoc bežične mreže su, po definiciji, mreže dinamičkih, autonomnih mrežnih čvorova koji međusobno komuniciraju formirajući multihop radio mrežu održavajući povezanost u decentralizovanoj strukturi upravljanja. Sa ovakvom, novom fleksibilnošću u bežičnim mrežama, dostupna je i realna mogućnost da se bilo gde i bilo kad, vrši razmena informacija između korisnika, potpuno nezavisno od komunikacione infrastrukture. Obzirom da su bežične ad hoc mreže nezavisne od telekomunikacione infrastrukture, postoji operativni zahtev za održavanjem čvorova u mreži u radnom režimu radi formiranja i realizacije samostalne dinamične mrežne infrastrukture.

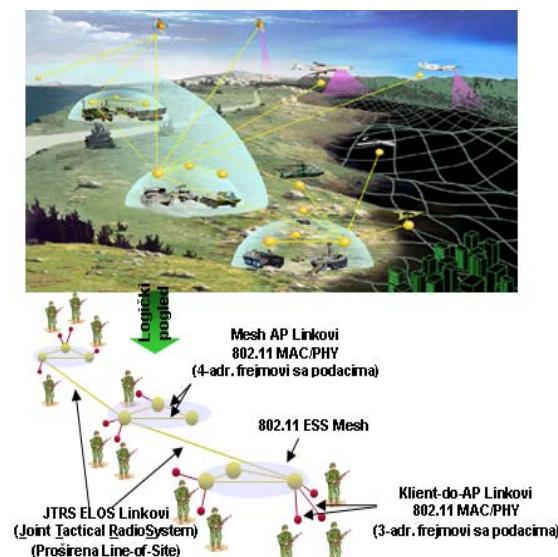
U skladu sa navedenom činjenicom posebno je značajno svesti na najmanju meru ispadanje iz mreže zbog neispravnosti, gubitka energije ili uništenja uređaja.

Bežične ad hoc mreže predstavljaju efikasno rešenje kada je cilj obezbeđenje relativno velikog dometa i dobre pokrivenosti korišćenjem radio predajnika male snage, uz napomenu da je primjeno rešenje kriptozaštite danas uglavnom zasnovano na komercijalnom algoritmu AES 128 ili u najboljem slučaju AES 256 i specifičnim vojnim rešenjima IPSEC (IP Security) zaštite paketa na trećem sloju. U realizaciji taktičkih ad hoc mreža povećanje dometa može se ostvariti i primenom:

- antenskih sistema sa prostornim diverzitijem,
- sektorskih antena sa velikim dobiticima i pojačavačem snage ,
- od ne manjeg značaja je i izmeštanje radnih frekvenčijskih opsega u odgovarajuće vojne u skladu sa Planom namene radio frekvenčijskih opsega i međunarodnim standardima i preporukama, gde se primjenjuju radio predajnici sa 10 puta većom snagom i dodatnim pojačavačima snage.

Takođe, oprema koja bazira na IEEE 802.11 standardu našla je primenu u Joint Tactical Radio System (JRTS).

Na slici 2 dat je primer korišćenja WiFi u operativnom borbenom scenariju sa Joint Tactical Radio System ELOS linkovima.



Sl. 2. Korišćenje Wi-Fi u operativnom borbenom scenariju [14].

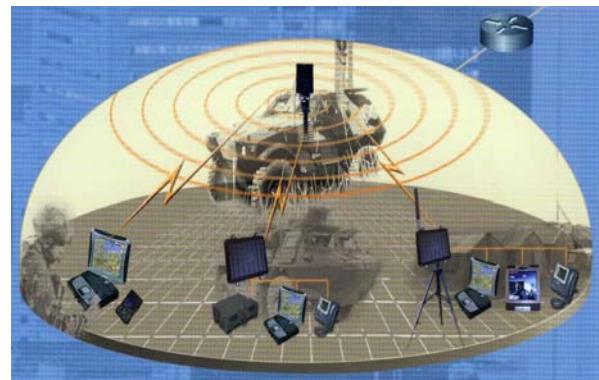
Borbena vozila koja su opremljena pristupnim tačkama (Access Points, APs) su medusobno povezana preko bežičnog distributivnog sistema (Wireless Distribution System, WDS). Jedinice koje se kreću van borbenih vozila nose klijentske stanice (STAs). APs i klijentski STAs predstavljaju krajeve komunikacije. Povremeno STA vrši ulogu komutatora i postaje AP da bi se umanjilo račvanje mesh-a. Prisutna je prevaga multicast aplikacija, tj. praćenje situacija i VoIP konferencijski mod. Koristi se enkripcija. Omogućeno je automatsko konfigurisanje (priključi i koristi – *plug and play*). U ovom scenariju koristi se i Multiple IEEE 802.11 ESS Meshes povezane preko Joint Tactical Radio System ELOS linkova.

IV. WIMAX U VOJNIM KOMUNIKACIJAMA

Druga savremena bežična tehnologija koja nalazi primenu u realizaciji "Taktičkog Interneta" je IEEE 802.16 mobil WiMAX sa protokom do 50 Mb/s. Model zvezde kao rešenje mrežne arhitekture u celularnim mrežama primjenjen je i za formiranje WiMAX ćelije. WiMAX mreža omogućava formiranje linkova sa dometom koji prevazilazi granice optičke vidljivosti. U praksi se kao i u drugim ćelijskim sistemima postavljanjem antena bazne radio stanice na dominantne tačke omogućava domet 30-40 km. U okviru KIS kao jedan od parametara pri planiranju taktičke mreže zasnovane na IEEE 802.16 WiMAX standardu podrazumjeva se raspoloživost 1 Mb/s protoka podataka na udaljenosti 5 km od bazne radio stanice sa omni direkcionim antenskim sistemom [15].

Generički komercijalna 802.16d WiMAX tehnologija je posebno značajna i postaje standard u realizaciji savremenih taktičkih mreža. Jedna od glavnih razlika u odnosu na WiFi mreže je definisanje kvaliteta servisa. U IEEE 802.16 mreži postoji mogućnost definisanja sledećih klasa korisničkih profila: *Extended Real Time, Real Time, Non real time i Best effort*.

Zahvaljujući primeni TDMA raspodele u WiMAX tehnologiji rutiranje se vrši na drugom – MAC sloju, a ne na trećem sloju kao u WiFi mrežama. Na ovaj način je u WiMAX tehnologiji omogućen zagarantovan mrežni pristup i kontrola, kao i smenjenje "End to end" kašnjenja. Sama bazna radio stanica u WiMAX sistemu predstavlja fiksnu telekomunikacionu infrastrukturu koja se u taktičkim mrežama realizuje montažom na odgovarajuća terenska vozila kako je prikazano slikom 3.



Sl. 3. Taktička mreža realizovana primenom WiMAX tehnologije [16].

Takođe, sistem omogućava upravljanje "Handover"-om između ćelija, tako da je korisniku omogućeno kretanje u zoni pokrivenosti radio signalom. Medusobno povezivanje baznih stanica se u praksi realizuje primenom vojnih radio relejnih sistema. Primjeno rešenje kriptozaštite WiMAX sistema je uglavnom zasnovano na komercijalnom algoritmu AES 128 odnosno AES 256. U skladu sa specifičnim zahtevima taktičke mreže moguće je primeniti i rešenja "End to end" kriptozaštite i "LAN to LAN" zaštite na trećem sloju.

Primena odgovarajućeg tipa modulacije i korekcije greške u WiMAX sistemu omogućava raspoloživost različitih protoka podataka u odnosu na udaljenost učesnika od bazne radio stанице. Na optimizaciju performansi sistema značajno utiče mogućnost primene adaptivnih antenskih sistema, prostornog diverzitija i STBC (Space Time Block Coding) MIMO (Multiple In Multiple Out) procesiranja signala. Posebno je značajna mogućnost integracije WiMAX sistema sa ostalim IP orijentisanim platformama. "Taktički Internet" i namenski "Triple Play" servisi u taktičkoj mreži realizovanoj prema IEEE 802.16d standardima imaju namenski razvijene i korisnički orijentisane alate za upravljanje mrežom u skladu sa konkretnom misijom uz mogućnosti konfiguracije korisničkih profila, frekvencijski menadžment, nadzor i upravljanje elementima mreže – baznim radio stanicama, terminalnom opremom itd.

Za primenu WIMAX sistema u taktičkim mrežama posebno su značajna specifična rešenja:

- kompantnih kabinet u koje se smeštaju bazne stанице za ugradnju u vozila,
- metoda kompresije zaglavlja paketa podataka radi postizanja većeg protoka i bolje spektralne efikasnosti,
- baznih radio stanic i terminalnih uređaja koji rade u nelicenciranim frekvencijskim opsezima sa malom snagom radio predajnika za kratke domete,
- baznih radio stanic i terminalnih uređaja koji rade u vojnim frekvencijskim opsezima sa većom snagom radio predajnika čime se znatno povećava domet i zona pokrivanja sa raspoloživim servisima,
- adaptivnih antenskih FESA (Fast Electronically Steerable Antenna) sistema sa velikim usmerenjem i dobitkom većim od 15dBi koji značajno utiču na ECCM (Electronic Counter Counter Measures) mogućnosti mreže.

Takođe, integracija WiMAX talasnih formi je već razvijena za budući softverski definisani radio (Software Defined Radios, SRD) i može biti odmah uveden u buduću spiralu JTRS radija. WiMAX može da se koristi za pokrivanje područja gde se izvodi obuka, obezbeđujući pri tome infrastrukturu za realističnu integraciju obuke u realnim uslovima i simulacije ratnih igara. Od WiMAX ili jednog od budućih derivata ovog standarda se očekuje da obezbedi osnovu za buduće Mobile Area Networks (MANET) mesh mreže.

V. ZAKLJUČAK

H.264/AVC video kodni standard zahvaljujući svojim unapredjenim performansama, arhitekturi i skupu specifičnih tehnika omogućava prilagođavanje kodovanog video sadržaja za isporuku preko WiMAX i WiFi bežičnih komunikacijskih tehnologija, koje u okviru "Triple Play" funkcionalnosti omogućavaju da se prenesu različiti video servisi.

WiFi i WiMAX bežične mreže, koji nalaze svoju primenu u realizaciji "Taktičkog Interneta" i namenskih "Triple Play" servisa, mogu u potpunosti zadovoljiti sve

komunikacione potrebe vojnih KIS. U skladu sa tim razvijen je i niz specifičnih rešenja vojnih bežičnih ad hoc mreža i mobilnih WiMAX mreža, kao naprednih komunikacionih platformi za realizaciju različitih KIS.

REFERENCE

- [1] K. R. Rao, Z. S. Bojkovic, D. A. Milovanović, *Wireless Multimedia Communications: Convergence, DSP, QoS and Security*, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 2008.
- [2] <http://www.wi-fi.org>
- [3] <http://www.defense-update.com/products/w/wi-fi.htm>
- [4] C. Chaudet, D. Dhoutaut and I. G. Lassous, "Performance issues with IEEE 802.11 in ad hoc networking", *IEEE Communications Magazine*, pp. 110-116, July 2005.
- [5] <http://www.wimaxforum.org>
- [6] <http://www.defense-update.com/products/w/wimax.htm>
- [7] Iain E. G. Richardson, *H.264 and MPEG-4 video compression video coding for next-generation multimedia*, John Wiley & Sons Ltd., The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO 19 8SQ, England, 2003.
- [8] T. Weigand, G. Sullivan, G. Bjontegaard and A. Luthra, Overview of the H.264/AVC Video Coding Standard, *IEEE Transactions on Circuits and System for Video Technology*, vol.13, no.7, pp. 560-576, July 2003.
- [9] G. S. Kwon, A. Tamhankar, K. R. Rao, Overview of the H.264/MPEG-4 part 10, *Journal of Visual Communication and Image Representation* 17, pp.186-216, April 2006.
- [10] Z. Miličević, D. Milovanović, Z. Bojković "Aplikacija i arhitektura standarda H.264/AVC", *Zbornik radova XII Telekomunikacioni forum TELFOR 2004*, Beograd, 23-25. Novembar 2004.
- [11] T. Stockhammer, M. M. Hannuksela, T. Wiegand, "H.264/AVC in Wireless Environments", *IEEE Transactions on Circuits and Systems*, vol.13, no.7, pp. 657-673, July 2003.
- [12] A. Ksentini, M. Naimi and A. Gueroui, "Toward an improvement of H.264 Video Transmission over 802.11e through a cross-layer architecture", *IEEE Communications Magazine*, pp. 107-114, January 2006.
- [13] J-L Debeuret, "Tweaking emerging wireless technologies WiFi, WiMAX and WCDMA for tactical networks", *Proceedings of DEFCOM INDIA 2008*, New Delhi, May 2008.
- [14] <http://meteor.ieee.org/802.11/file/04/11-04-1006-00-009-802-11s-military-usage-case.ppt>
- [15] K. Wongthavarawat, A. Ganz, "IEEE 802.16 Based Last Mile Broadband Wireless Military Networks With Quality of Service Support", *Proceedings of MILCOM 2003*, IEEE, vol.2, pp. 779-784, October 2003.
- [16] R. Guice, R. Munoz, "IEEE 802.16 Commercial Off the Shelf (COTS) Technologies as a Compliment to Ship to Objective Maneuver (STOM) Communications", Master's Thesis, Naval Postgraduate School, Monterey, California, September 2004.

ABSTRACT

Tactical Internet and „Triple Play“ services usage, as modern commercial wireless technologies and video coding standards in Command-information systems become the base for modern tactical networks. Several solutions for using wireless communication technologies like WiFi and WiMAX in military tactical networks are presented. The H.264/AVC standard application for video signal processing in the WiFi and WiMAX networks is analyzed, too.

H.264/AVC IN MILITARY WiFi AND WiMAX TELECOMMUNICATION SYSTEMS

Zoran Milicevic, Zarko Novicic, Zoran Bojkovic.