

INTEGRACIJA DIGITALNE RADIO-DIFUZNE MREŽE MOBILNE TELEVIZIJE I ČELIJSKE MREŽE TREĆE GENERACIJE

Milan M. Šunjevarić, RT-RK Istraživačko-razvojni institut,
Novi Sad,
Milorad L. Popović, Nokia Siemens Networks,
Banja Luka, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina,
Branislav M. Todorović, RT-RK Istraživačko-razvojni institut,
Novi Sad

DOI: 10.5937/vojtehg61-1647

OBLAST: telekomunikacije
VRSTA ČLANKA: pregledni članak

Sažetak:

U radu su prikazani rezultati istraživanja mogućnosti za integraciju radio-difuznih mreža za mobilnu televiziju i čelijskih mreža treće generacije (3G). Analizirani su trendovi u pogledu razvoja usluge mobilne televizije, i dosadašnja istraživanja koja imaju za cilj traženje optimalnih načina za integraciju različitih tipova mreža. U radu su analizirane postojeće tehnologije za mobilnu televiziju, s posebnim osvrtom na DVB-H (Digital Video Broadcasting – Handheld) tehnologiju. Analizirani su preduslovi, razlozi i mogućnosti za integraciju DVB-H i 3G mreže UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), a zaključci ovih analiza su potkrepljeni rezultatima praktičnog rada. Na osnovu svih ovih istraživanja donesen je zaključak o opravdanosti realizacije hibridne DVB-H/UMTS mreže.

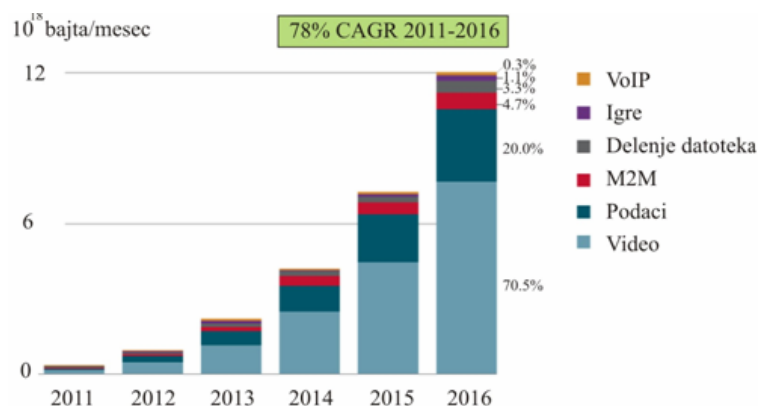
Ključne reči: *DVB-H, mobilna televizija, hibridna mreža, konvergentne mreže.*

Uvod

Istraživanja rađena u poslednje vreme, čiji rezultati su prikazani na slici 1, predviđaju da će se u skoroj budućnosti 70,5% ukupnog paketskog saobraćaja u svetu realizovati u okviru video-servisa, kod kojih mobilna televizija čini značajan deo (Cisco VNI Forecast, 2012).

Mobilna televizija podrazumeva prenos televizijskih programa do bežičnih uređaja, kao što su mobilni telefoni. To je tehnologija koja je projektovana da ispuni vrlo stroge zahteve koji se postavljaju pred mobilni televizijski uređaj, kao što su ograničena snaga baterije i mala veličina ekrana. Veliki broj tehnologija i standarda je razvijen tokom poslednjih godina da bi se omogućila

usluga mobilne televizije, tj. da se omogući gledanje televizije na malim prenosnim uređajima. Rezultati istraživanja pokazuju da će se zahtev korisnika za uslugom mobilne televizije u narednom periodu značajno povećavati i da će ova usluga postati značajan izvor prihoda za operatere, provajdere sadržaja i sve ostale učesnike u lancu pružanja usluge mobilne televizije. Na slici 2 je prikazan očekivani rast prihoda od mobilne televizije u svetu (Juniper research, 2011), (Informa Telecoms & Media, 2013), (Abi Research, 2012).



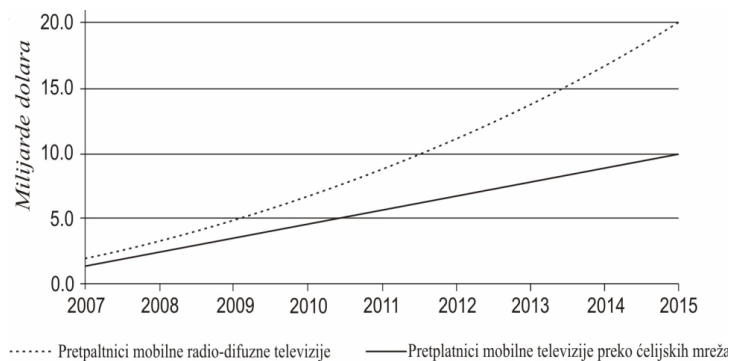
Slika 1 – Predviđanja raspodele ukupnog paketskog saobraćaja po tipu usluge (Cisco VNI Forecast, 2012)

Figure 1 – Prediction of the distribution of overall packet transmission by type 1 service (Cisco VNI Forecast, 2012)

Problem sa distribucijom mobilne televizije preko postojećih 3G mreža je taj što brz razvoj i prihvatanje ove usluge od strane korisnika dovodi do brzog iskorišćenja raspoloživih resursa, dok radio-difuzne mreže predstavljaju odličan izbor za 3G operatere da oslobode kapacitet svojih ćelijskih mreža, a da pri tom nastave da pružaju usluge mobilne televizije, iako su ove mreže veoma ograničene u pogledu interaktivnosti i personalizacije sadržaja. Da bi se preko digitalne radio-difuzne mreže mogle pružiti usluge na zahtev i vršiti njihova naplata neophodno je da se realizuje mreža koja će omogućiti određenu interaktivnost.

Cilj istraživanja čiji rezultati su prikazani u ovom radu bio je da se analiziraju postojeći standardi i tehnologije za pružanje usluga mobilne televizije kao i da se ispituju mogućnosti integracije digitalne radio-difuzne mreže mobilne televizije i ćelijskih mreža treće generacije. Takođe, procenjeni su efekti ovakve integracije kroz analizu i simulacije praktične mreže mobilne televizije bazirane na upotrebi DVB-H i UMTS mreža. Istraženo je i kako da se minimizuju troškovi uspostavljanja mreže mobilne televizije implementacijom hibridne mreže sastavljene od DVB-H radio-difuzne mreže i ćelijske mreže treće generacije. Ovaj rad je organizovan na sledeći način. Nakon uvoda, u drugom poglavlju su analizirana dosadašnja istraživanja. U trećem poglavlju su analizirane tehnologije za pružanje usluga mobilne televizije, a u četvrtom poglavlju je

analiziran DVB-H standard, kao najzastupljeniji u našem okruženju. U petom poglavlju je razmatrana mogućnost za integraciju mobilnih radio-difuznih televizijskih mreža i ćelijskih 3G mreža, a u šestom poglavlju je analizirana opravdanost realizacije hibridne DVB-H/UMTS mreže i ukratko predstavljeni rezultati sopstvenih istraživanja. U poslednjem, šestom poglavlju je dat zaključak.



Slika 2 – Očekivani rast prihoda od mobilne televizije u svetu
Figure 2 – Expected mobile TV profit growth rate worldwide

Dosadašnja istraživanja

Poslednjih godina rađena su brojna istraživanja koja su imala za cilj traženje optimalnog načina za integraciju različitih tipova mreža. Prve test mreže za ispitivanje mogućnosti integracije DVB-H i UMTS datiraju još iz 2004. godine (Hartl, et al, 2005). U (Saragento, et al, 2010) je prezentovana arhitektura koja omogućava multimedijalne i interaktivne usluge u heterogenoj mreži koja uključuje DVB tehnologiju i omogućava preuzimanje prijemnika između čvorova mreže (engl. *handover*) između različitih tehnologija sa podrškom za kvalitet servisa (engl. *Quality of Service – QoS*). Mogućnost integracije UMTS i DVB-H mreže na nivou radio-priступne mreže je analizirana u (Vulic, et al, 2007). Problem preuzimanja između UMTS i DVB-H mreža je analiziran u (Yang, et al, 2006, 2008). U (Tamea, et al, 2009) su predložene strategije za optimizaciju vertikalnog preuzimanja između radio-difuzne DVB-H i MBMS/UMTS (engl. *Multimedia Broadcast Multicast Services*) mreža, a u (Shanker, et al, 2009) je predloženo rešenje problema kontinualnosti usluge pri preuzimanju između DVB-H i naprednih paketskih mreža (engl. *Evolved Packet System – EPS*). U (Miloucheva, et al, 2007) je predloženo unapređenje verzije 6 mobilnog IP protokola (engl. *Internet Protocol version 6-IPv6*) da bi se podržale interaktivne multimedijalne usluge sa zahtevanim kvalitetom u hibridnom radio-difuznom i mobilnom IPv6 okruženju. U (Baraquero, et al, 2010), autori su pokazali da efikasnost distribucije paketa podataka u DVB-H mreži koja obezbeđuje delimičnu pokrivenost područja, može biti

značajno poboljšana korišćenjem 3G ćelijskih mreža za distribuciju paketa u područjima sa slabim DVB-H signalom. U (Heuck, 2010) analizirane su performanse hibridne DVB-H i UMTS mreže za distribuciju datoteka. Ovde je pokazano da hibridna mreža značajno poboljšava prosečni odziv mreže u poređenju sa svakom od ovih mreža pojedinačno. Takođe su razvijene analitičke metode za analizu performansi hibridnog sistema (Heuck, 2010), (Unger, Kurner, 2009). Pod okriljem IEEE 802.21 grupe proces standardizacije procesa preuzimanja između različitih tehnologija sa DVB-H mrežama je u toku, kroz projekte koji uključuju glavne proizvođače opreme i operatere u Evropi (Buburuzan, et al, 2007). Uticaj parametara i zahtevanog kapaciteta na karakteristike DVB-H mreže za urbano gradsko područje je analiziran u (Popović, et al, 2009), dok su u (Popović, et al, 2011) analizirani i procenjeni efekti integracije DVB-H i 3G ćelijskih mreža, koji su gotovo u celosti predstavljeni u ovom radu.

Prethodna istraživanja jasno pokazuju da je hibridna konvergentna mreža koja će obezbediti interakciju između digitalne radio-difuzne mreže mobilne televizije i ćelijske mreže treće generacije vrlo dobro rešenje za obezbeđivanje usluge mobilne televizije. DVB-H nudi odličan kvalitet i veliki kapacitet, dok UMTS omogućava interaktivnost i dobru pokrivenost, pa se hibridnom mrežom može obezbediti optimalni multimedijalni servis. Ovi radovi i istraživanja takođe pokazuju tehničku izvodljivost hibridnog DVB-H i UMTS mobilnog radio-difuznog sistema.

Analiza tehnologija za pružanje usluga mobilne televizije

Standardi za digitalnu televiziju koji su razvijeni još 1980-tih i 90-tih godina nisu ispunjavali specifične zahteve koji se postavljaju pred mobilne uređaje, jer nisu uzimali u obzir da ovi uređaji imaju ograničenu snagu baterije, mali ekran, malu antenu sa neznatnim dobitkom i da mogu imati velike brzine kretanja (do 350 km/h u brzim vozovima).

Različite tehnologije su razvijene kako bi se omogućio prijem televizijskog signala na mobilnim uređajima koje pokušavaju na razne načine da reše gore navedene probleme. Mobilnu televiziju možemo distribuirati do krajnjeg korisnika bežičnim mrežama, mobilnim ćelijskim mrežama ili posebno namenjenim radio-difuznim mrežama.

Bežične tehnologije

Bežične lokalne računarske mreže (engl. *Wireless Local Area Networks* – *WLAN* ili *Wireless Fidelity* – *WiFi*), zasnovane na familiji standarda 802.11, omogućavaju velike brzine prenosa. Najpopularniji standard 802.11b (Hills,

2001) podržava brzine do 11 Mb/s, dok noviji standard 802.11g, koji je kompatibilan sa 802.11b, omogućava brzine prenosa do 54 Mb/s. Sa rastućom popularnošću ovih tehnologija, one postaju zanimljive i kao sredstvo za prenos mobilne televizije. Ovo je jeftina tehnologija jer za nju nije potrebna licenca za rad, a relativno je jeftino i da se ovakve mreže realizuju.

Međutim, kod ovih tehnologija postoje problemi koji se moraju rešiti da bi se omogućilo pružanje usluge mobilne televizije preko njih, a to se pre svega odnosi na probleme obezbeđivanja neprimetnog preuzimanja.

WiMAX (engl. *Worldwide Interoperability for Microwave Access*) tehnologija obuhvata dva standarda: fiksni WiMAX 802.16d i mobilni WiMAX 802.16e. Standard WiMAX 802.16d omogućava brzine prenosa podataka od 70 do 100 Mb/s, dok mobilni WiMAX 802.16e obezbeđuje brzine prenosa do 15 Mb/s, opseg pokrivanja do 10 km i brzine kretanja prijemnika do 150 km/h. Ovaj standard omogućava veće brzine i veći opseg pokrivanja od WLAN tehnologija i, za razliku od njih, obezbeđivanje neprimetnog preuzimanja mobilnog aparata između dva susedna predajnika WiMAX mreže i mobilne ćelijske mreže (Gur, et al, 2008). Nedostatak ove tehnologije u odnosu na WiFi mreže je taj što WiMAX tehnologije koriste licencirani opseg frekvencija, a prednost mu je u tome što omogućuje i usmereni (engl. *Unicast*) i radio-difuzni način rada, što ga čini pogodnim za radio-difuzni prenos mobilne televizije, protočni video-prenos, kao i multimedijalne usluge na zahtev.

Tehnologije za usmereni prenos u ćelijskim mrežama

Uvođenjem protokola za prenos podataka bežičnim putem preko GSM ćelijskih mreža (engl. *General Packet Radio Service – GPRS*), omogućeno je da ove mreže prenose protočni video-saobraćaj u vidu kratkih video-sena. Na ovaj način operateri mobilne telefonije su unapredili svoje mreže, koje su osim prenosa govora mogle ponuditi i efikasan prenos podataka. Iako su i pre uvođenja GPRS protokola GSM mreže obezbeđivale prenos podataka ograničene brzine od 9,6 kb/s koristeći tehnologiju komutacije kanala, uvođenjem GPRS protokola i EDGE tehnologije (engl. *Enhanced Data Rates for GSM Evolution – EDGE*) za unapređenje brzina prenosa podataka preko GSM mreža, ove mreže su osposobljene za prenos multimedijalnih usluga. Ovo uključuje protočni video-saobraćaj, protočni audio-saobraćaj i snimanje multimedijalnog sadržaja na mobilnom aparatu. Međutim, kvalitet video-prenosa preko ovih mreža nije bio zadovoljavajući zbog ograničene brzine prenosa i zbog male brzine prenosa paketa podataka – ramova (engl. *Frame rate*) koje su ove mreže obezbeđivale.

Ćelijske mreže treće generacije su projektovane da obezbede velike brzine prenosa koje mogu biti do 384 kb/s i zbog svog velikog propusnog opsega se mogu koristiti za pružanje usluge mobile televizije

U okviru 3GPP projekta (engl. *3rd Generation Partnership Project*) razvijene su nove tehnologije, koje povećavaju mogućnosti mreža treće generacije u pogledu propusnog opsega i raznovrsnosti usluga (Stefanović, 2008). Te nove tehnologije su: tehnologija vrlo brzog prenosa podataka prema mobilnom aparatu (engl. *High Speed Downlink Packet Access – HSDPA*), tehnologija vrlo brzog prenosa podataka od mobilnog aparata ka mreži (engl. *High Speed Uplink Packet Access – HSUPA*), tehnologija vrlo brzog paketskog pristupa (engl. *High Speed Packet Access – HSPA+*) i LTE tehnologija (engl. *Long Term Evolution – LTE*). U normalnim uslovima HSDPA mreže omogućavaju distribuciju usluga brzinom od 384 kb/s za 50 korisnika u jednoj ćeliji (Kumar, 2007). 3GPP projekat je trenutno u fazi standardizacije novih izdanja 11 i 12. U Tabeli 1 su prikazane različite verzije 3GPP standarda.

Tabela 1 – Usporedna analiza različitih verzija 3GPP standarda
Table 1 – Comparative analysis of different versions of 3GPP standards

	3G	3.5G	LTE	4G
Spektar	3G FDD	3G FDD/TDD	3G FDD/TDD	3G FDD
Radio prenos	WCDMA	WCDMA, TD-CDMA	OFDMA, MIMO	OFDMA, MIMO
Opseg	5 MHz	5 MHz	1,25-20 MHz	100 MHz
Brzina prenosa	0,384-2 Mb/s	14,4 Mb/s	30-100 Mb/s	100-1000 Mb/s
Komutacija	Komutacija kola i paketa	Komutacija kola i paketa	Paketska komutacija	Paketska komutacija

Kod novih izdanja 3GPP standarda glavni zahtevi su da se spektralna efikasnost poveća tri do četiri puta u odnosu na spektralnu efikasnost kod izdanja 6 3GPP standarda za usluge usmerenog prenosa i ostvarivanje spektralne efikasnosti od 1 b/s/Hz za radio-difuzne usluge.

Distribucija mobilne televizije putem protočnog prenosa video-signala je opcija koju je izabralo najviše mobilnih operatera. Ona ne zahteva nikakvu dodatnu infrastrukturu, jer se koristi postojeći frekvencijski opseg, a svaki 3G prijemnik može da koristi ovu uslugu. Jedan broj mobilnih operatera ovakav način pružanja usluge vidi kao prvi korak prema mobilnoj televiziji, dok drugi operateri posmatraju ovaj način distribucije kao alternativu radio-difuznim tehnologijama, iako se vrlo često ove tehnologije posmatraju kao komplementarne.

Severna Amerika i zapadna Evropa su najveća tržišta za uslugu protočne televizije, a iza njih odmah sledi i pacifički deo Azije. Da bi protočni prenos video-signala bio ostvariv i imao smisla, ćelijska mreža treba da bude mreža treće generacije. Čak i u tom slučaju, porast broja korisnika mobilne televizije dovešće do toga da distribucija televizijske usluge preko protočnog prenosa više neće biti pogodna i tada će radio-difuzija postati praktičnija. Predviđanja su da se ovo neće desiti pre kraja 2014. godine na većini tržišta (Market Research, RNCOS, 2011). Očekivanja su da će se tržište protočnog prenosa povećavati

za 27% godišnje do 2014. godine (Insight Research Corp). Broj korisnika usluge protočne mobilne televizije će nastaviti da raste, iako manjom brzinom, i nakon tog trenutka, jer će operateri nuditi premijum sadržaje preko mobilnih mreža, dok će slobodne (besplatne) kanale nuditi preko radio-difuzne mreže. Pretplatu na mobilnu televiziju 2007. godine u svetu je imalo 26,3 miliona korisnika (Tele Analytics Mobile TV Tracking Service), a predviđa se da će ovaj broj do 2013. godine biti 180 miliona (Juniper Report). Očekivanja vezana za MBMS su takva da se očekuje da će biti 67 miliona korisnika ove usluge do 2013. godine sa najvećim brojem korisnika u zapadnoj Evropi i Severnoj Americi.

Međutim, iako su telefoni koji su sposobni za prijem video-signalna sve rasprostranjeniji, porast broja korisnika plaćenih televizijskih usluga se ne kreće u skladu sa predviđanjima. Kombinacija ekonomske krize, lošeg pokrivanja 3G mreža za protočne video-servise i visokih cena ovih usluga, dovela je do sporijeg rasta pretplatničke baze mobilnih televizijskih servisa od očekivanog. Iako se očekuje da će konačno u jednom trenutku broj korisnika početi naglo da raste, ne očekuje se da će i prihodi od mobilne televizije pratiti taj rast broja korisnika.

Radio-difuzne tehnologije u ćelijskim mrežama

Multimedijalna MBMS tehnologija (engl. *Multimedia Broadcast Multicast Services*) podržava i radio-difuzni i grupni (engl. *Multicast*) način distribucije usluga unutar jedne 3G mreže. MBMS omogućava UMTS operaterima da emituju sadržaj preko svojih mobilnih ćelijskih mreža ili radio-difuzno ili samo do određene grupe korisnika, bez potrebe za novom radio-difuznom infrastrukturom. MBMS ima ograničen kapacitet, ali takođe ne zahteva dodatne troškove pri projektovanju ćelijske mreže. Mobilni terminal koji podržava MBMS tehnologiju ima brzine protoka od 64, 128 i 256 kb/s (Parkvall, et al, 2006).

Ćelijska multimedijalna radio-difuzija (engl. *Cell Multimedia Broadcast – CMB*) predstavlja kinesku varijantu ćelijske mobilne radio-difuzne tehnologije i predstavlja pojednostavljenu verziju MBMS tehnologije. Ova tehnologija koristi postojeći prenosni kanal IP protokola u širokopojasnim WCDMA (engl. *Wideband Code Division Multiple Access*) mrežama za radio-difuzni prenos protočnog saobraćaja IP podataka do ograničenog broja korisnika unutar svake 3G ćelije. Kineski proizvođači opreme tvrde da su dovoljne samo male promene u softveru mobilnog terminala i jednog dela mreže (kontrolera radio-mreže), a da se sva ostala postojeća infrastruktura i platforma za protočni saobraćaj i servise može koristiti za ovu novu radio-difuznu tehnologiju.

Radio-difuzni i grupni servis (engl. *Broadcast and Multicast Service – BCMCS*) je tehnologija standardizovana od strane 3GPP2 (engl. *3rd Generation Partnership Project 2*) i namenjena je mrežama koje koriste tehnologiju CDMA2000 1xEv-DO (engl. *Evolution Data Optimized – 1xEv-DO*). Prva verzija ovog servisa podržava brzinu protoka od 614 kb/s, što treba da omo-

gući prenos do četiri televizijska kanala u realnim uslovima. Druga verzija 1xEv-DO standarda omogućava mnogo veće brzine protoka koje se kreću do 1,8 Mb/s i omogućava mnogo veći broj televizijskih kanala koji će moći da se prenese do neograničeno velikog broja korisnika unutar jedne ćelije.

Integrirani mobilni radio-difuzni sistem (engl. *Integrated Mobile Broadcast – IMB*) je uveden u izdanju 8 3GPP standarda. IMB se bazira na WCDMA i MBMS tehnologijama. IMB tehnologija ima široku podršku od strane operatera i proizvođača opreme i podržana je od strane GSM asocijacije. Očekuje se da će IMB tehnologija omogućiti prenos do 20 radio-difuznih kanala u opsegu od 5 MHz brzinama od 300 kb/s po kanalu (Wang, et al, 2010).

Radio-difuzne tehnologije za mobilnu televiziju

Radio-difuzne tehnologije za mobilnu televiziju možemo podeliti u dve grupe: (a) zemaljski digitalni radio-difuzni sistemi i (b) satelitski i zemaljski hibridni sistemi.

Karakteristike ovih tehnologija se u mnogo čemu razlikuju, a odluka o tome koju od njih treba koristiti u mnogome zavisi od regije u kojoj se operater nalazi.

(a) Zemaljski digitalni radio-difuzni sistemi

Zemaljska radio-difuzija digitalnog video-signalna (engl. *Digital Video Broadcasting-Terrestrial – DVB-T*) je kao standard razvijena u okviru DVB projekta i definisana evropskim standardom EN 300 744 novembra 2004. godine (DVB, 2004). DVB-T sistem za zemaljsku digitalnu televiziju je složen sistem koji je namenjen da se koristi pri različitim vrstama smetnji, u različitim frekvencijskim opsezima i raznim okruženjima. DVB-T je projektovan da bude vrlo fleksibilan sistem. Standardizovane su dve modulacije [QPSK i QAM (16QAM i 64QAM)], pet različitih kodnih odnosa zaštitnog kodovanja, četiri vrednosti zaštitnog intervala, dva načina rada (2k, 8k) i mogućnost rada u frekvencijskim kanalima širine od 6, 7 i 8 MHz. Ovaj sistem koristi OFDM modulaciju, gde se svaki simbol prenosi na više frekvencija i to: 1705 podnosilaca u 2k načinu rada, i 6817 podnosilaca u 8k načinu rada DVB-T sistema. Način rada sa 8k podnosilaca obezbeđuje bolju zaštitu od smetnji usled višeputnog prostiranja signala, dok je 2k način rada manje osetljiv na Doplerov efekat kada se prijemnik kreće. OFDM modulaciona tehnika je robusna u uslovima višestrukog prostiranja. DVB-T standard definiše i hijerarhijsku modulaciju, koja omogućava da se dva potpuno različita toka podataka modulišu u isti DVB-T signal, pri čemu je tok podataka višeg prioriteta utisnut u tok podataka nižeg prioriteta. Radio-difuzni predajnici na ovaj način mogu da opslužuju dva različita tipa prijemnika sa dva potpuno različita servisa. Na primer,

mobilni televizijski servis (DVB-H) optimizovan za teže uslove prijema može biti postavljen u tok podataka višeg prioriteta, a servis televizije visoke rezolucije namenjen za fiksni prijem u tok podataka nižeg prioriteta.

Iako originalno nije zamišljen kao standard koji će omogućavati mobilni televizijski prijem, kasnija istraživanja i ispitivanja karakteristika DVB-T sistema su pokazala da se ovaj sistem može koristiti za pružanje usluge mobilne televizije pod određenim uslovima, a pokrenuti su čak i neki komercijalni projekti (Project). Međutim, ovo rešenje ipak nije optimalno za uređaje koji se napajaju pomoću baterija i za prijem u ekstremnim uslovima kao što je na primer prijem u brzim vozovima, automobilima i slično.

Noviji standard DVB-T2 koji je odobren u junu 2008. godine donosi neka poboljšanja u odnosu na DVB-T, kao što su QAM modulacija sa većim brojem konstelacionih nivoa (256QAM), diverziti predaja, a uvodi i različit broj nosilaca i pilot signala. DVB-T2 značajno unapređuje otpornost signala na smetnje uvođenjem novog načina kodovanja. DVB-T2 standard zajedno sa standardom MPEG-4 v.10 (H.264/AVC) za kompresiju video signala je izabran kao standard za digitalno emitovanje TV programa u Republici Srbiji (Ministarstvo za telek. i inf. društvo, 2008). Detaljan prikaz razvoja i glavnih karakteristika ovog standarda sa analizom osnovnih razlika u odnosu na DVB-T standard dat je u (Reljin, Sugaris, 2009).

Digitalna radio-difuzija integrisanih servisa (engl. *Integrated Services Digital Broadcasting – ISDB*) je japanski standard za digitalnu televiziju i digitalni radio. Ovaj standard predstavlja modifikovanu verziju evropskog Eureka standarda za digitalnu radio difuziju audio-signala (engl. *Eureka 147 Digital Audio Broadcasting – DAB*), a koristi H.264 video-standard i standard naprednog audio-kodovanja na bazi MPEG-2 (*Moving Picture Expert Group – MPEG*) transportnog toka podataka, sa najvećom brzinom protoka od 128 kb/s pri rezoluciji od 320x240 piksela. Prvi komercijalni servis je pokrenut u Japanu 2006. godine.

Termin ISDB (engl. *Integrated Services Digital Broadcasting*) pokriva nekoliko standarda, i to ISDB-S (satelitska televizija), ISDB-T (zemaljska televizija), ISDB-C (kablovska televizija), ISDB-TSB (radio-difuzija zvuka, engl. *Sound Broadcasting – SB*) i mobilni radio-difuzni standard u opsegu 2,6 GHz (Furth, Ahson, 2008). Svaki od ovih standarda omogućava prenos televizijske slike visoke rezolucije (engl. *High Definition Television – HDTV*), a razlikuju se uglavnom u korišćenoj modulaciji. ISDB-T standard je razvijen za rad u opsegu nekorišćenih televizijskih kanala, i trebalo bi da omogući prijem televizijske slike visoke rezolucije u automobilima pri brzini kretanja od 100 km/h, iako ovo još uvek nije i dokazano u realnom okruženju.

Da ovaj standard nije ograničen samo na Japan dokazuje i to što je ISDB-T standard u junu 2006. godine izabran od strane Brazila za nacionalni standard za digitalnu televiziju, kao najfleksibilniji za obezbeđivanje mobilnog i prenosnog prijema.

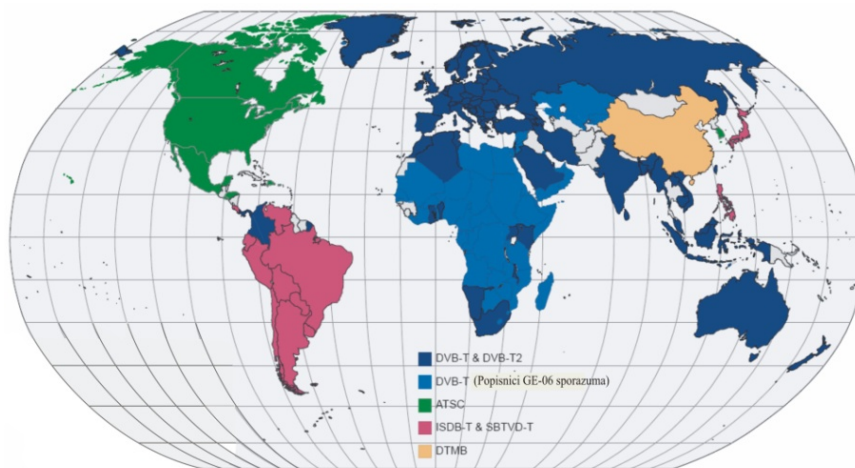
Zemaljska digitalna multimedijalna radio-difuzija (engl. *Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting – T-DMB*) je digitalni mobilni radio-difuzni sistem projektovan u Južnoj Koreji koji se bazira na Eureka 147 DAB sistemu, a preporukom TS 102 428 je standardizovan od strane Evropskog instituta za telekomunikacione standarde (engl. *European Telecommunications Standards Institute – ETSI*). Prva mreža po T-DMB standardu je počela sa radom u Koreji u decembru 2005. godine. T-DMB sistem omogućava radio-difuziju podataka, audio i video-signalu. Programi koji se prenose koriste brzine protoka od 1 do 1,5 Mb/s, korišćenjem frekvencijskih kanala širine 1,536 MHz. T-DMB koristi DAB sistem za prenos, što mu omogućava prenos u širokom opsegu frekvencija, i to od 30 MHz do 3 GHz. Međutim, najčešće korišćeni opsezi su treći deo UHF opsega (174-240 MHz) i L-opseg (1452-1492 MHz). T-DMB tehnologija i proizvođači ove tehnologije imaju podršku od strane vlade Koreje, ali postizanje sličnog uspeha van Koreje je vrlo teško, posebno u regionima gde političku podršku imaju konkurentne tehnologije, kao što je slučaj u Evropi i Kini (Kumar, 2007).

MediaFLO je tehnologija za radio-difuziju mobilne televizije u vlasništvu američke firme *Qualcomm*. Kao standard je preporučen od strane Sektora za radio međunarodne unije za telekomunikacije ITU-R, a takođe je standardizovan i od strane Evropskog instituta za standarde u telekomunikacijama ETSI (*Forward Link Only Air Interface*, 2009). MediaFLO se sastoji od FLO (engl. *Forward Link Only*) tehnologije na radio-interfejsu i medijskog distributivnog sistema. Radio-interfejs FLO sistema je standardizovan 2006. godine od strane Severnoameričkog udruženja telekomunikacione industrije (engl. *Telecommunications Industry Association – TIA*) pod oznakom TIA-1099. Ova tehnologija se bazira na OFDM modulacionoj tehnici prenosa i namenjena je prvenstveno za grupnu distribuciju sadržaja. Ova ćelijska tehnologija za mobilnu televiziju je projektovana kao dopuna ćelijske mobilne mreže, ali u drugom delu radio-frekvencijskog spektra. MediaFLO tehnologija omogućava operaterima da obezbede oko 20 televizijskih kanala rezolucije 320×240 i brzine protoka do 30 ramova u sekundi. MediaFLO se razlikuje od najvećeg broja drugih tehnologija za radio-difuziju u tome što nema mehanizam za ispravljanje grešaka, a koristi se turbo kodovanje da se poboljša otpornost signala na smetnje. FLO tehnologija ne koristi IP protokol za televizijski prenos i video-servise, s tim da ovaj protokol može biti podržan za uslugu prenosa podataka koji se ne prenose u realnom vremenu, kao što su kratki video-zapisi (engl. *Video clips*), tonovi za zvono itd. Sistem može da radi u različitim opsezima (UHF i VHF), a prenos je moguć za širine spektra od 5 MHz, 6 MHz, 7 MHz i 8 MHz. Različite modulacije se mogu birati, a tipične brzine protoka se kreću u opsegu od 0,47 do 1,87 bit/s/Hz. Kako bi se smanjila potrošnja baterije prenosnog uređaja koristi se prenos podataka u grupama paketa i nekontinualan prenos paketa sličan kao kod DVB-H standarda.

U oktobru 2009. godine Američki komitet za napredne televizijske sisteme (engl. *Advanced Television Systems Committee – ATSC*) je odobrio standard za mobilnu digitalnu televiziju ATSC-M/H (engl. *ATSC – Mobile/Handheld – ATSC-M/H*) koji definiše tehničke zahteve neophodne za obezbeđenje novih usluga za mobilne uređaje putem radio-difuzije digitalne televizije. Ukupna raspoloživa brzina protoka koju omogućava ovaj standard je 19,39 Mb/s. Video-signal je komprimovan korišćenjem H.264/MPEG-4 standarda, dok se za audio-signal koristi vrlo efikasno napredno audio-kodovanje (engl. *High-Efficiency Advanced Audio Coding – HE-AACv2*). Video-format ima rezoluciju od 416x240 linija, a podaci se prenose posredstvom IP protokola.

Svaki ATSC-M/H kanal prenosi oko 600 kb/s korisnih podataka i, zavisno od primenjenog kodovanja, svaki od ovih kanala zauzima od 1,5 do 2 Mb/s u ATSC toku podataka. Za razliku od ovog, svaki fiksni televizijski kanal standardne rezolucije zahteva brzinu prenosa od 3 Mb/s do 4 Mb/s, a kanal visoke rezolucije između 12 Mb/s i 15 Mb/s, zavisno od formata i kvaliteta. Operater na osnovu ovoga može da se opredeli za usluge koje će ponuditi krajnjem korisniku, s obzirom na ukupno raspoloživ opseg ATSC toka podataka od 19,93 Mb/s. Maksimalna dozvoljena brzina prenosa rama kod ovog sistema je 30 ramova u sekundi (Lim, Dai Lee, 2010).

Na Slici 3 je prikazano trenutno stanje rasprostranjenosti radio-difuznih tehnologija u svetu.



Slika 3 – Trenutno stanje rasprostranjenosti radio-difuznih tehnologija u svetu
 Figure 3 – Current distribution of broadcast technologies in the world

U tabeli 2 je dat pregled nekih osnovnih parametara različitih tehnologija za radio-difuznu mobilnu televiziju.

Tabela 2 – Osnovni parametri radio-difuznih tehnologija za mobilnu televiziju
 Table 2 – Basic parameters of broadcast technologies for mobile television

	ATSC-M/H	DVB-H	T-DMB	ISDB-T	MediFlo
Država	SAD	Evropa	J.Koreja	Japan	SAD
Frekv. opseg	VVF,UVF	VVF,UVF,L	VVF, UVF, L	VVF, UVF	UVF
Širina opsega	6 MHz	8 MHz	1,5 MHz	6 MHz	6 MHz
Video kodovanje	MPEG-4	MPEG-4	MPEG-4	MPEG-2	MPEG-4
Audio kodovanje	AAC+	AAC+	AAC+/BSAC	AAC+	AAC+

(b) Satelitski i zemaljski hibridni sistemi

Satelitski digitalni multimedijalni radio-difuzni sistem (engl. *Satellite – Digital Multimedia Broadcast – S-DMB*) je prvi sistem za radio-difuziju mobilne televizije baziran na satelitima, i počeo je sa radom 2004. godine. To je hibridni sistem koji pored satelitskog prenosa koristi repetitore na zemlji da obezbedi pokrivanje unutar objekata u urbanim područjima. Ovaj sistem je prvenstveno namenjen za tržište Južne Koreje, ali je takođe implementiran i u Japanu.

S-DMB sistem koristi širinu opsega od 25 MHz u S frekvencijskom opsegu od 2310-2360 MHz i 2535-2655 MHz, a u Evropi 2170-2200 MHz. Korišćenje S opsega omogućava mobilnim uređajima direktan prijem, bez potrebe za posebnom antenom. S-DMB sistem namenjen za korišćenje u Koreji može da prenosi 11 video-kanala, 25 audio-kanala i tri kanala podataka, ali se raspored kanala može menjati (Kumar, 2007). Negativna strana korišćenja S-DMB tehnologije je korišćenje satelita velike izlazne snage, što nije lako za implementaciju.

Kineska mobilna multimedijalna radio-difuzija (engl. *China Mobile Multimedia Broadcasting – CMMB*) je kineski standard za radio-difuziju mobilne televizije koji je propisan od strane Kineske državne uprave za radio, film i televiziju (engl. *State Administration of Radio, Film, and Television – SARFT*). CMMB standard koristi frekvencije u opsegu 2635-2660 MHz (S opseg) za satelitski prenos i repetitore za zemaljski prenos, sa dodatnom zemaljskom radio-difuznom mrežom koja radi u opsegu 470-862 MHz. Opseg kanala može biti 2 MHz i 8 MHz, zavisno od brzine protoka. Ova tehnologija omogućava prenos 30 audio-kanala i 25 video-kanala, i može da obezbedi brzine protoka do 16 Mb/s u opsegu širine 8 MHz, a do 3 Mb/s u opsegu od 2 MHz. Koristi se OFDM modulaciona tehnika prenosa sa 4k načinom rada za 8 MHz opseg i 1k načinom rada za 2 MHz opseg (Zhang, 2009).

Japanski satelitski mobilni radio-difuzni sistem (engl. *Mobile Broadcasting Satellite – MBSAT*) je sistem koji koristi japanska korporacija za mobil-

nu radio-difuziju u svrhu obezbeđivanja digitalnih multimedijalnih sadržaja i usluga mobilnim korisnicima u Japanu. MBSAT radi u S opsegu i koristi MPEG-4 standard za kompresiju video-signala i napredno audio-kodovanje AAC (engl. *Advanced Audio Coding*) za prenos audio-signala. Ovaj sistem obezbeđuje prenos više od 50 audio i video-programa istovremeno.

Satelitska radio-difuzija digitalnog video-signala za prenosne uređaje (engl. *Digital Video Broadcasting - Satellite services to Handhelds – DVB-SH*) je hibridni satelitski i zemaljski sistem koji koristi dva prenosna puta relativno nezavisna jedan od drugog. DVB-SH koristi OFDM modulacionu tehniku prenosa poput DVB-H i DVB-T sistema. Ovaj sistem koristi satelitsku komunikaciju da obezbedi servis na velikim područjima, a zemaljsku komunikaciju koristi tamo gde direktan prijem satelitskog signala nije moguć. Ovaj standard uvodi korišćenje satelitskog prenosa u S opseg od 2170 do 2200 GHz za pružanje usluge mobilne televizije, a ozvaničen je u februaru 2007. godine. Maksimalni protok DVB-SH sistema je 17,23 Mb/s, dok se trenutno za mobilnu televiziju koristi brzina protoka do oko 4 Mb/s. Postoje dve moguće konfiguracije fizičkog sloja u satelitskoj komponenti DVB-SH sistema, tj. dva načina realizacije DVB-SH mreže, i to SH-A i SH-B.

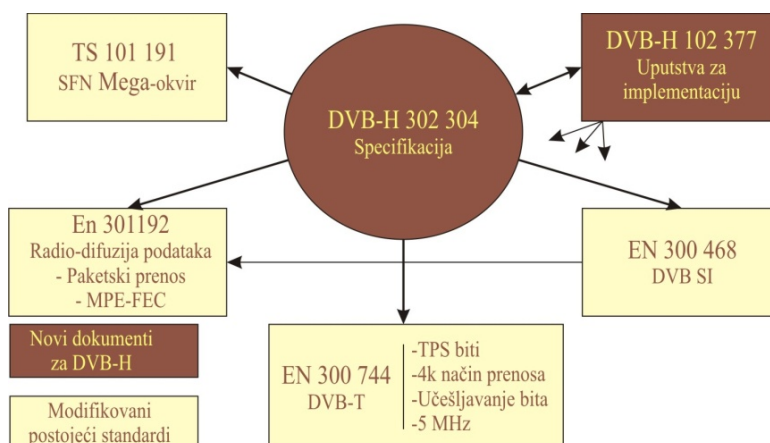
Satelit koji pokriva Evropu je lansiran u aprilu 2009. godine, a prva test mreža je puštena u rad u Francuskoj novembra 2009. godine.

DVB-H standard

DVB-H sistem se može definisati kao prenosni sistem baziran na nekoliko DVB standarda koji ima za cilj efikasnu distribuciju multimedijalnih sadržaja do mobilnih prenosnih uređaja putem zemaljske radio-difuzije signala (Samčović, 2001). Standard ETSI EN 302 304 V1.1.1 (DVB, 2004) objavljen od strane ETSI-a definiše DVB-H sistem kao kombinaciju elemenata fizičkog sloja, sloja veze podataka i servisnih informacija. Glavni standard na kojem se DVB-H sistem bazira je ETSI EN 300 744 koji predstavlja osnovni DVB-T standard, dok specifikacija ETSI EN 301 192 definiše DVB standard za radio-difuzni prenos podataka. Ovaj standard definiše koncepte koje koristi nekoliko DVB standarda, uključujući i DVB-H standard. Specifikacija ETSI EN 300 468 definiše format servisne informacije (engl. *Service information*) u DVB sistemu, uključujući i DVB-H sistem. Pored ovih specifikacija, ETSI tehnički izveštaj (engl. *ETSI Technical Report – TR*), koji daje smernice za implementaciju DVB-H sistema ETSI TR 102 377, daje kompletan pregled karakteristika i osobina DVB-H sistema. Uvođenje DVB-H sistema ima uticaja i na tehničku specifikaciju ETSI TS 101 191 pod nazivom DVB mega-okvir za sinhronizaciju radio-difuzne mreže na jednoj radio-frekvenciji (engl. *Mega-frame for Single Frequency Network (SFN) synchronization*). Na slici 4 prikazan je skup protokola DVB-H standarda sa označenim novinama uvedenim sa DVB-H specifikacijom.

DVB-H standard je preporučen od strane Evropske komisije za implementaciju mreža mobilne televizije (Official Journal of the EU, 2008), a komercijalne mreže mobilne televizije bazirane na DVB-H standardu su već u radu u mnogim državama sveta.

Na fizičkom sloju DVB-H koristi odgovarajuće elemente DVB-T standarda, sa nekoliko proširenja koja ovaj sistem prilagođavaju za prijem na mobilnim prenosnim uređajima. Ova proširenja su uvedena na sloju veze i to nova tehnika koja omogućava smanjenje potrošnje baterije, tako što se prenos ne vrši kontinualno nego u vremenskim intervalima – paketima (engl. *Time slicing*) i dodatno zaštitno kodovanje za detekciju i korekciju grešaka na MPE sloju (engl. *Multi Protocol Encapsulation-Forward Error Corection – MPE-FEC*).



Slika 4 – Familija DVB-H standarda (Kornfgeld, May, 2007)

Figure 4 – Family of DVB-H standards (Kornfgeld, May, 2007)

Nekontinualni prenos signala je način prenosa koji omogućava smanjenje potrošnje snage prijemnika od 90% do 95% i neprimetno preuzimanje. Neprimetno preuzimanje znači da se prelaz iz jedne u drugu mrežu ostvaruje bez gubitka i bez kašnjenja prenošenih podataka. MPE-FEC je metod koji poboljšava karakteristike sistema u pogledu odnosa signal/šum, u odnosu na Doplerov efekat i omogućava bolju otpornost sistema na impulsne smetnje. Korišćenje nekontinualnog prenosa signala je obavezno, dok je korišćenje MPE-FEC zaštitnog kodovanja opciono u DVB-H mrežama.

Da bi se preko MPEG-2 transportnog protokola omogućio prenos saobraćaja IP protokolom (IPv4 i IPv6) postoje dve grupe standarda i to: standardi za prenos podataka posredstvom IP protokola (DVB-IPDC) (Kornfgeld, May, 2007), i standardi objavljeni od strane organizacije za mobilnu radio-difuziju (engl. Open Mobile Alliance Broadcast – OMA-BCAST)

u maju 2007, koji imaju za cilj da obezbede zajednički sloj servisa preko mreža baziranih na IP protokolu, i to DVB-H, MBMS i BCMCS mreža. Ovi standardi mogu biti iskorišćeni za kombinaciju DVB-H mreže sa dvo-smernim mrežama, kao što su ćelijske mreže treće generacije.

Standardi DVB-IPDC i OMA-BCAST upotpunjuju DVB-H standard, tako što definišu nivoe od trećeg do sedmog sloja OSI (engl. *Open Standards Interface*) sistema i prerađuju neke od protokola na drugom OSI sloju, posebno programske specifične informacije i servisne informacije. Pošto ove dve grupe standarda obezbeđuju slične funkcije i funkcije koje se preklapaju, operateri DVB-H mreža mogu da izaberu koji će standard koristiti na osnovu poređenja pojedinih njihovih osobina, kao što su tehnologija, poslovni modeli i troškovi implementacije.

DVB-H sistem je standardizovan za korišćenje u VVF III opsegu (174-230 MHz), UVF opsezima IV i V (470-598 MHz i 598-862 MHz) i u L opsegu frekvencija od 1452 MHz do 1492 MHz (DVB, 2009).

Kako je fizički sloj DVB-T i DVB-H sistema isti, DVB-H mreža mobilne televizije može biti izvedena u tri različite varijante i to: zajednička mreža DVB-T i DVB-H, mreža dodeljena samo za DVB-H i hijerarhijski organizovana mreža.

Zajednička mrežna infrastruktura podrazumeva da mobilni televizijski kanali nakon prolaska kroz sistem za pakovanje IP podataka dele isti multipleks sa drugim DVB-T zemaljskim kanalima. DVB-T kanali mogu pri tome biti kodovani korišćenjem MPEG-2 protokola dok su mobilni televizijski kanali kodovani korišćenjem MPEG-4 protokola.

Pored ovoga DVB-H sistem dozvoljava izvođenje nekoliko različitih mrežnih topologija i to: jednofrekvencijska mreža (eng. *Single Frequency Network – SFN*), višefrekvencijska mreža (eng. *Multi Frequency Network – MFN*) i kombinovana mreža.

Koji tip mreže ćemo odabrati zavisi od područja koje se želi pokriti DVB-H signalom.

Mogućnosti integracije mobilnih radio-difuznih televizijskih mreža i ćelijskih mreža treće generacije

Već od prvih dana razvoja radio-difuznih mreža za mobilnu televiziju uvidelo se da je neohodno da postoji interaktivnost u mreži. Kako su radio-difuzne mreže u svojoj prirodi jednosmerne i ne poseduju povratni prenosni kanal, njihova integracija sa ćelijskim mrežama se nametala kao logično rešenje, gde bi povratni kanal neophodan za interakciju sa radio-difu-

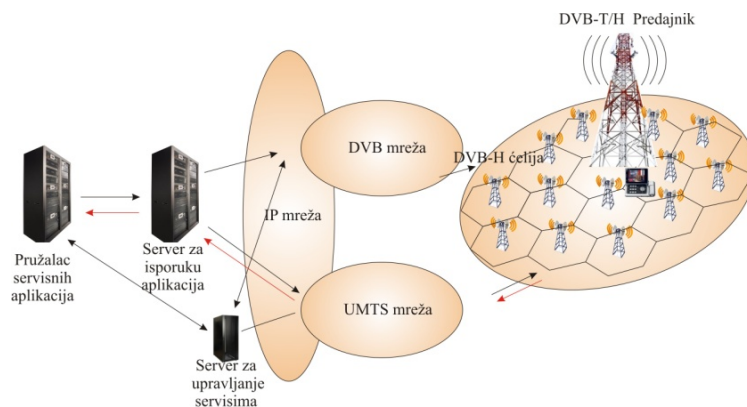
znom mrežom bio ostvaren preko ćelijske mreže druge ili treće generacije. Integracija 3G mreža i DVB-H mreža radi obezbeđivanja povratnog kanala je jedan vid integracije ovih mreža, dok se drugi vid integracije odnosi na integraciju ovih mreža u vidu konvergentne mreže u kojoj bi obe mreže zajedno učestvovala u pružanju usluga mobilne televizije.

Pošto DVB-H standard definiše samo slojeve ispod sloja IP protokola, druge specifikacije definišu slojeve iznad kako bi DVB-H bio sposoban za prenos video-signala baziranih na IP protokolu. Ove specifikacije su neophodne za opis, signalizaciju, distribuciju i zaštitu aplikacija baziranih na IP protokolu koje se prenose preko DVB-H mreže.

Serija istraživanja provedenih u poslednje vreme ukazuje da su hibridne mreže opravdane i da bi njihova primena imala za rezultat poboljšanje efikasnosti prenosa i zadovoljstva krajnjeg korisnika (Ahmavaara, et al, 2003), (Heuck, 2010). Korišćenjem dobro odabranog načina za balansiranje opterećenja u hibridnom načinu rada DVB-H i UMTS mreže saobraćaj može biti deljiv svako od ovih mreža. Sve mreže mobilne televizije bazirane na DVB-H danas u svetu koriste, za obezbeđivanje povratnog kanala, 3G ćelijsku mrežu ukoliko je dostupna i na ovaj način obezbeđuju interakciju korisnika sa DVB-H mrežom (Barquero, et al, 2007).

Principijska šema hibridne mreže je prikazana na slici 5.

Izborom pogodnog mehanizma za upravljanje opterećenjima DVB-H i UMTS mreža koje čine hibridnu mrežu mobilne televizije, obe ove mreže se mogu efikasnije iskoristiti. U hibridnoj mreži ćelijska mreža treće generacije može biti iskorišćena i za ispravljanje grešaka u radio-difuznom prenosu podataka (Barquero, et al, 2010).



Slika 5 – Principijska šema hibridne mreže
Figure 5 – Diagram of the hybrid network principle

Razvoj novih mobilnih servisa i servisa za upravljanje QoS-om za kombinovanu radio-difuznu i mobilnu mrežu korišćenjem IPv6 platforme je u fokusu projekta DAIDALOS (*engl. Designing Advance network Inter-*

faces for the Delivery and Administration of Location independent Optimized personal Services) pokrenutog od strane Evropske komisije. Mobilni IPv6 protokol sa svojim dodatkom za brzo preuzimanje je standardizovan od strane IETF organizacije (engl. *Internet Engineering Task Force*) da bi se obezbedilo neprimetno preuzimanje prijemnika od strane čvorova mobilne mreže.

U konvergentnoj DVB-H i UMTS mreži preuzimanje unutar sistema je neophodno da se obezbedi optimalno dodeljivanje radio resursa, što će za posledicu imati efikasniji rad mreže i obezbeđivanje zahtevanog kvaliteta usluge.

Da bi se omogućila konvergencija mreža baziranih na različitim tehnologijama i unapredile usluge koje se pružaju korisnicima omogućavajući preuzimanje između različitih tehnologija i pri tom obezbedio kontinuitet usluge, IEEE (engl. *Institute of Electrical and Electronics Engineers – IEEE*) je razvio novi standard IEEE 802.21 (De La Olivia, 2008). Osnovni cilj ovog standarda je da omogući preuzimanje između mreža koje potpadaju pod grupu standarda IEEE802 i 3G mreža.

Analiza opravdanosti realizacije hibridne DVB-H/UMTS mreže

Da bi analizirali efekte integracije radio-difuzne DVB-H mreže i mobilne mreže treće generacije u hibridnu mrežu mobilne televizije, sprovedeno je istraživanje (Popović, et al, 2009, 2011). Cilj istraživanja je bio da se utvrdi da li i kakve prednosti ima hibridna mreža u odnosu na svaku od ovih mreža pojedinačno. Analizirano je kako da se minimizuju troškovi uspostavljanja mreže mobilne televizije implementacijom hibridne mreže na praktičnom primeru. Karakteristike ove hibridne mreže su u radu upoređene sa DVB-H i UMTS mrežama pojedinačno i procenjen dobitak koji hibridna mreža ima u odnosu na DVB-H mrežu. Analiza i simulacije su provedene za područje regije severozapadne Bosne i Hercegovine – Banjalučka regija.

Kako je na području od interesa UMTS mreža već dostupna i u radu, pretpostavili smo da je dostupnost ove mreže obezbeđena u svakoj tački regije. Da bismo bili u mogućnosti da uradimo ovu analizu u toku rada je urađeno nominalno radio-planiranje DVB-H mreže na čitavom području od interesa, za nekoliko varijanti kapaciteta sistema – broja televizijskih kanala i nakon toga je razrađeno nekoliko kombinacija ove mreže sa postojećom UMTS mrežom i analizirani su efekti integracije ovih mreža.

Da bi DVB-H mreža mogla da obezbedi prenos zadatog broja televizijskih kanala, ona mora da zadovolji određen kapacitet prenosa, odnosno brzinu protoka na fizičkom nivou. Nakon što se odrede kombinacije parametara sistema s obzirom na zahtevani protok, može se pristupiti nominalnom ra-

dio-planiranju DVB-H mreže i određivanju potrebnog broja predajnika, kako bi se obezbedio signal potrebnog kvaliteta na čitavom području od interesa.

Jedan od osnovnih zadataka koji moramo razjasniti na početku procesa planiranja mreže mobilne televizije je da se odredi način implementacije mreže tj. da se odredi da li operater koji implementira hibridnu mrežu mobilne televizije već poseduje određenu infrastrukturu i koju. Da li se radi o postojećem radio-difuznom operateru koji poseduje visoke lokacije sa infrastrukturom na tim lokacijama, da li se radi o mobilnom operateru koji poseduje čelijsku mrežu sa niskim lokacijama, ili se radi o novom operateru koji uopšte ne poseduje infrastrukturu i tek treba da je izgradi. Odgovori na ova pitanja će usloviti potpuno drugačiju konfiguraciju mreže kod sva tri tipa operatera.

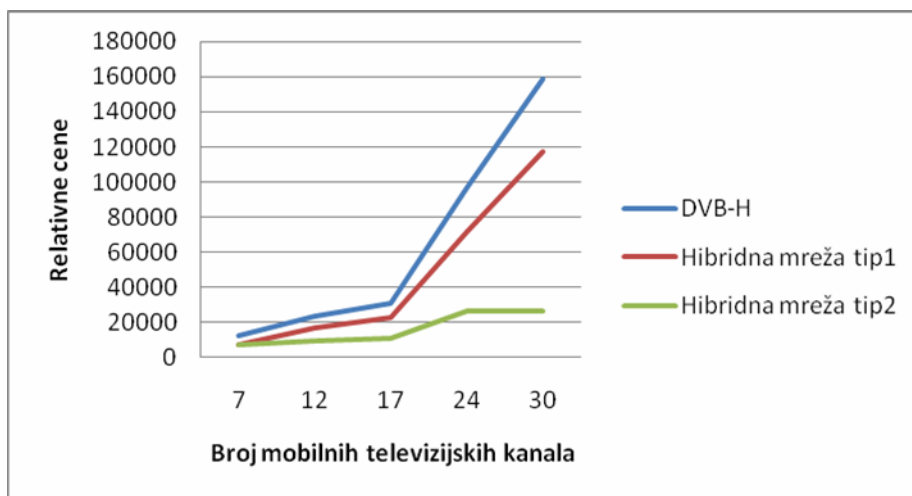
Jedno od glavnih ograničenja pri uspostavi nove DVB-H mreže je velika cena koštanja implementacije ovakve mreže zbog neophodnosti investiranja u infrastrukturu. Problem istraživan u ovom radu je kako da se minimizuju troškovi uspostavljanja mreže mobilne televizije korišćenjem postojeće infrastrukture čelijskih mreža pod pretpostavkom da nam je čelijska mrežna infrastruktura na raspolaganju i da čelijska 3G mreža i DVB-H mreža pokrivaju isto područje. Kombinovanje DVB-H mreže sa 3G mrežom u jednu hibridnu mrežu može nam dati mogućnost postepenog razvoja mreže mobilne televizije prateći korisničke zahteve. Pretpostavljeno je takođe da je centralna infrastruktura za pružanje usluga mobilne televizije zajednička i da je obezbeđen mehanizam za centralno nadziranje performansi hibridne mreže.

Novo tehnologije pored tehničkih unapređenja u smislu protoka i brzine, donose i veće cijene koštanja opreme. Jedan model tehno-ekonomske analize opravdanosti uvođenja različitih DVB sistema je prikazan u (Sugaris, Reljin, 2011).

Investicija u novu infrastrukturu je nešto što će pored troškova same opreme značajno da utiče na troškove implementacije DVB-H mreže (Popović, et al, 2009). Da bi se ovi troškovi smanjili trebalo bi u procesu planiranja mreže razmotriti mogućnost smeštanja DVB-H uređaja na iste lokacije gde se već nalaze postojeći GSM/UMTS sistemi. Pri ovoj kolokaciji DVB-H uređaja sa drugom opremom u gradskim lokacijama potrebno je posebno voditi računa o ukupnoj izračenoj snazi s obzirom na postojeća ograničenja u smislu izloženosti ljudi elektromagnetskom zračenju. Zaključeno je da DVB-H predajnici dovode do značajnog povećanja ukupne izračene snage na lokaciji na kojoj se već nalaze GSM/UMTS uređaji.

Da bismo izvršili analizu troškova implementacije DVB-H mreže na području od interesa uzeli smo u obzir samo troškove predajnika i odredili relativne odnose kako je opisano u (Popović, et al, 2011). Kombinujući ove vrednosti sa rezultatima dobijenim za potreban broj DVB-H predajnika da bi se obezbedio signal potrebnog kvaliteta na posmatranom području dobijamo relativni odnos cena koštanja DVB-H mreže za sve konfiguracije sistema (Popović, et al, 2009, 2011).

U radu je analizirano kako se kreću troškovi implementacije mreže mobilne televizije za nekoliko scenarija, a detaljna analiza se može naći u (Popović, et al, 2011). Ovde ćemo radi ilustracije navesti rezultate analize implementacije hibridne mreže za dva slučaja hibridne mreže i to: hibridne DVB-H/UMTS mreže (tip 1) koja odgovara scenariju dobijenom pod pretpostavkom da je UMTS mreža u ovom momentu dostupna u svim gradovima za koje je rađena analiza. U analizi je pretpostavljeno da se posredstvom ove UMTS mreže obezbeđuje signal mobilne televizije u objektima, dok se van objekata u gradovima signal mobilne televizije obezbeđuje posredstvom DVB-H mreže, i hibridne DVB-H/UMTS mreže (tip 2) koja odgovara scenariju dobijenom pod pretpostavkom da će u dogledno vreme UMTS mreža postati dostupna u čitavoj regiji, i neće biti ograničena samo na urbana područja. To je hibridna mreža dobijena na način da se instaliraju samo DVB-H predajnici na visokim lokacijama. Signal mobilne televizije bi se na svim područjima gde se ne može obezbediti pomoću ovih DVB-H predajnika obezbeđivao putem UMTS mreže. Sa slike 6 se može videti uticaj tipa hibridne mreže na kompleksnost i cenu implementacije mreže mobilne televizije i uštede koje se mogu postići, a koje idu i do 20%.



Slika 6 – Uticaj načina realizacije hibridne mreže na troškove implementacije mreže mobilne televizije

Figure 6 – Effects of the hybrid network realization mode on the costs of the mobile TV network implementation

U oba ova slučaja hibridne mreže tip 1 i hibridne mreže tip 2 očigledno je koliko hibridna mreža utiče na smanjivanje troškova implementacije u odnosu na mrežu za mobilnu televiziju koja bi bila realizovana samo preko DVB-H mreže.

Hibridnom mrežom ćemo dobiti mogućnost da sve televizijske kanale koje ne prenosimo preko DVB-H imamo u ponudi, s tim da ćemo ove mobilne televizijske kanale nuditi korisnicima preko UMTS mreže. Ovo nam otvara mogućnost praćenja popularnosti određenih kanala i na dinamičkoj bazi određivanja koji kanali treba da se prenose preko DVB-H mreže, a koji preko UMTS mreže.

U početnoj fazi uvođenja mobilne televizije, ćelijska 3G mreža se koristi ne samo da bi se izbegla radio-difuzija televizijskih servisa koje će gledati svega nekoliko korisnika, nego i da se izbegne uvođenje novih DVB-H lokacija u slabo naseljenim područjima, dok to ne bude ekonomski opravdano.

Uštede hibridne mreže u slučaju hibridne mreže tip 2 bile bi enormno velike, međutim, ovakva mreža bi imala smisla za veliki broj mobilnih televizijskih kanala samo u slučaju da ne postoji veliko interesovanje korisnika za servis mobilne televizije.

Zaključak

U radu su prikazani rezultati istraživanja mogućnosti integracije radio-difuznih mreža DVB-H za mobilnu televiziju i ćelijskih mreža treće generacije. Analizirani su trendovi u razvoju usluge mobilne televizije, kao i postojeći standardi za mobilnu televiziju, s posebnim osvrtom na DVB-H. Prikazana su dosadašnja istraživanja koja imaju za cilj traženje optimalnih načina za integraciju različitih tipova mreža. Analizirani su razlozi i mogućnosti za integraciju DVB-H i ćelijske mreže treće generacije UMTS. Prikazana su i analizirana u literaturi dostupna istraživanja iz oblasti hibridnih DVB-H/UMTS mreža. Na praktičnom primeru su istražene mogućnosti i opravdanost realizacije hibridne DVB-H/UMTS mreže i analizirani efekti integracije DVB-H i UMTS mreža.

Analize provedene u ovom radu pokazuju prednosti kombinacije DVB-H mreže i 3G ćelijske mreže UMTS u hibridnu mrežu mobilne televizije DVB-H/UMTS.

Literatura

Ahmavaara, K., Haverinen, H., and Pichna, R., 2003, "Interworking Architecture Between 3GPP and WLAN Systems", *IEEE Commun. Mag.*, vol. 46, no. 11, pp. 74–81, November.

Barquero, D. G., Cardona, N., Bria, A., Zander, J. 2007, "Affordable Mobile TV Services in Hybrid Cellular and DVB-H Systems", *IEEE Network*, vol. 21, no. 2, pp. 34–40, March/April.

Barquero, D.G., Aguilera, A.F., Cardona, N., Bria, A., 2010, "RRM for Filecasting Services in Hybrid DVB-H/3G+ Systems", *Proc. of IEEE WCNC*, pp. 1–6.

Buburuzan, T., May, G., Mödeker, J., 2007, "Integration of Broadcast Technologies with Heterogeneous Networks – An IEEE 802.21 Centric Approach", *Dig. of Tech. Paper, Proc. of IEEE ICCE*, pp. 1–2, Jan.

De La Olivia, A., Banchs, A., Soto, I., 2008, "An overview of IEEE 802.21: Media independent handover services ", *IEEE Wireless Communications*, vol. 15, no. 4, pp. 96–103, August.

Furht, B., Ahson, S., 2008, *Handbook of Mobile Broadcasting: DVB-H, DMB, ISDB-T, AND MEDIAFLO*, CRC Press.

Gur, G., Bayhan, S. and Jamalipour, F. A. A., 2008, "Onn the Use of Wi-MAX as the Terrestrial Segment for DVB-SH Networks", *IEEE Int. Workshop on Satellite and Space Comm., IWSSC 2008*, pp. 326-330.

Hartl, M., Rauch, C., Sattler, C., Baier, A., 2005, "Trial of a Hybrid DVB-H/GSM Mobile Broadcast System", *14th IST'05*, Dresden, 19–23 June, URL: <http://www.eurasip.org/Proceedings/Ext/IST05/papers/521.pdf>

Heuck, C., 2010, "An Analytical Approach for Performance Evaluation of Hybrid (Broadcast/Mobile) Networks", *IEEE Trans. on Broadcasting*, vol. 56, no. 1, pp. 9–18, Mart.

Heuck, C., 2005, "Benefits and limitations of hybrid (broadcast/mobile) networks", *Proc. of 14th IST'05*, Dresden, 19–23 June.

Hills, A., 2001, "Large-Scale Wireless LAN Design", *IEEE Comm. Mag.*, vol. 39, no. 1, pp. 98–107, November.

Kornfeld, M., May, G., 2007, "DVB-H and IP datacast: Broadcast to handheld devices", *IEEE Trans. on Broadcast.*, vol. 53, no. 1, pp. 161–170, March.

Kumar, A., 2007, *Mobile TV:DVB-H, DMB, 3G Systems and Rich Media Applications*, Focal Press.

Lim, C. and Dai Lee, B., 2010, "Development of ATSC-MH Receiver for Mobile Digital TV Services", *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, vol. 56, no. 3, pp. 1304–1310.

Miloucheva, I., Wagner, D., Modeker, J., Pascotto, R., Jonas, K., 2007, "Support of interactive QoS based services in hybrid broadcast and mobile IPv6 environment", *Proc. of 16th IST Mobile and Wireless Comm. Summit*, pp.1–5.

Parkvall, S., Englund, E., Lundevall, M., and Torsner, J., 2006, "Evolving 3G Mobile Systems: Broadband and Broadcast Services in WCDMA", *IEEE Comm. Mag.*, vol. 44, no. 2, pp. 30–36, Februry.

Popović, M.L., Vujasinović, Ž.J., Šunjevarić, M.M., 2009, "Analysis of the influence of parameters and required capacity on characteristics of the DVB-H network", *17th Telecommunications Forum TELFOR 2009*, Belgrade, Serbia, November 24–26.

Popović, M. L., Šunjevarić, M. M., Vujasinović, Ž. J., 2011, "Effects of DVB-H and 3G cellular networks integration", *10th IEEE International Conference – TELSIS 2011*, Niš, Serbia, October 5–8.

Reljin, I., Sugaris, A., 2009, "DVB standards development", in *Proc. Conf. TELSIS 2009*, Vol. 1, pp. 263-272, Nish, Oct. 7–9.

Samčović, A. B., 2011, Tehnološke karakteristike digitalnog standarda DVB-H za difuzni video-prenos kod prenosivih uređaja, *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, Vol. 59, No.3, str. 146–160.

Sargento, S., Gozdecki, J., Wagner, D., 2010, "Mobility with QoS in Broadcast Unidirectional Technologies: Experimental Validation", *Proc. of IEEE Int. Conf. on Communications (ICC)*, May, pp 1–6.

Shanker, U., Aghvami, A.H., Gottscheber, A., 2009, "Service delivery framework for DVB-H and EPS", *Proc. of Int. Conf. on Telecomm.*, pp.184–189.

Stefanovic, R., 2008, Osnovne karakteristike mobilnih sistema treće generacije i trendovi daljeg razvoja, *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, Vol. 56, No.1, str. 39–49.

Sugaris, A., Reljin, I., 2011, "Digital broadcasting techno-economic efficiency simulation model", *Electronics and Electrical Engineering (Elektronika ir Elektrotehnika)*, No. 3(109), pp. 109–114.

Tamea, G., Inzerilli, T., Rea, P., Cusani, R., 2009, "Vertical handover among broadcast networks", *Proc. of 6th Int. Symp. on WCS*, pp. 418–422.

Unger, P., Kurner, T., 2009, "Modelling and Performance Analyses of Hybrid Cellular and Broadcasting Networks", *Inter.Journal of Digital Multimedia Broadcast.*, vol. Hindawi Publishing Corporation. URL: <http://www.hindawi.com/journals/ijdmb/2009/329073/ref/>

Vulic, N., De Groot, S.M.H., Niemegeers, I.G.M.M., 2007, "DVB-H - UMTS Integration at Radio Access Level", *Proc. of IEEE 65th Veh.Tech. Conf.*, Spring, pp. 1250–1254.

Wang, Z., Darwood, P., and Anderson, N., 2010, "End-to-End System Performance of IMB", *Proc of IEEE Int. Symp. on Broadband Multimedia System and Broadcasting (BMSB)*, 24–26 March, pp. 1–6.

Zhang, W., Gui, L., Liu, Bo, Xiong, J., Lin, D., 2009, "Services and Trial Test of CMMB System", *Proc. of IEEE Int. Symp. on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB '09)*, 13–15 May, pp. 1–4.

Yang, X., Vare, J., Owens, T.J., 2006, "A survey of handover algorithms in DVB-H", *IEEE Comm. Surv.*, vol. 8, no. 4, pp. 16–29, Fourth Quarter

Yang, X. and Owens, T. J., 2008, "Intersystem Soft Handover for Converged DVB-H and UMTS Networks", *IEEE Trans. on Veh. Tech.*, vol. 57, no.3, pp. 1887–1898.

Abi Research, 2012, *Mobile TV Services Set for Accelerated Adoption After*. URL: <http://www.digitaltvnews.net/content/?p=14988>

Cisco VNI Forecast, 2012, February 14, *Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2011–2016*. URL: http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white_paper_c11-520862.html

Digital Video Broadcasting (DVB), 2004, Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television, ETSI EN 300 744 v1.5.1.

Digital Video Broadcasting (DVB), 2004, Transmission System for Handheld Terminals (DVB-H), ETSI EN 302 304 v1.1.1, October.

Digital Video broadcasting (DVB), 2009, DVB-H implementation guidelines, ETSI TR 102 377 v1.3.1., March.

Forward Link Only Air Interface, 2009, Specification for Terrestrial Mobile; Multimedia Multicast, , ETSI TS 102 589 V1.1.1, February.

Informa Telecoms & Media. *Mobile TV to Hit \$10 Billion by 2013*. URL: <http://www.rcwireless.com/article/20081210/wireless/mobile-tv-to-generate-10b-in-revenues-by-13/>

Insight Research Corp. *Streaming Movies, TV, and Music Industry Will Generate \$78 Billion Over Six Years*. URL: http://news.prnewswire.com/DisplayReleaseContent.aspx?ACCT=ind_focus.story&STORY=/www/story/06-15-2009/0005044130&EDATE=

Juniper research. *Mobile Broadcast TV to Reach Almost 120MM Users by 2011*. URL: <http://www.marketingcharts.com/television/mobile-broadcast-tv-to-reach-almost-120mm-users-by-2012-1827/juniper-mobile-tv-streaming-broadcast-revenue-forecastsjpg/>

Juniper Report. *Dedicated Mobile TV Networks Face Uncertain Future*. URL: <http://www.digitaltvnews.net/content/?p=15676>

Market Research, RNCOS, 2011, August 1, *Global Mobile TV Forecast to 2013*. URL: <http://www.marketresearch.com/RNCOS-v3175/Global-Mobile-TV-Forecast-6478992/>

Ministarstvo za telekomunikacije i informaciono društvo, 2008, *Strategija prelaska sa analognog na digitalno emitovanje radio i televizijskog programa u Republici Srbiji*. URL: http://www.srbija.gov.rs/vesti/dokumenti_sekcija.php?id=45678B. Furht, S. Ahson, *Handbook of Mobile Broadcasting: DVB-H, DMB, ISDB-T, AND MEDIAFLO*, CRC Press,

Official Journal of the European Union, 2008, March 17, *Commission decision (2008/286/EC); Commission decision of 17 March 2008 amending Decision 2007/176/EC as regards the List of standards and/or specifications for electronic communications networks, services and associated facilities and services*. URL: <http://eur-lex.europa.eu/>

Project. *Official Mobile TV website maintained by the DVB Project Office*. URL: <http://www.dvb-h.org>

Tele Analytics Mobile TV Tracking Service (Issue 5). *From 26.3 Million Mobile TV Users in 2007 to 51.6 Million at the End of 2008*. URL: <http://www.digital-tvnews.net/content/?p=3792>

INTEGRATION OF THE DIGITAL BROADCAST MOBILE TELEVISION NETWORK AND THE 3G NETWORK

FIELD: Telecommunications
ARTICLE TYPE: Review Paper

Summary:

The paper presents the results of the research into the opportunities for the integration of mobile broadcast TV networks and cellular 3G networks. We analyzed trends in mobile television services as well as previous studies that aim at finding optimal ways to integrate different types of networks. This paper analyzes the existing mobile television technology, with a special emphasis on the DVB-H technology. We analyzed the conditions, reasons and opportunities for the integration of DVB-H and 3G UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), and the conclusi-

ons of these analyzes are supported with the results in practice. Based on these studies, a conclusion on the feasibility of the realization of DVB-H/UMTS hybrid networks is brought.

Introduction

The aim of the research presented in this paper was to analyze the existing mobile television standards and technologies as well as to explore possibilities for the integration of digital broadcast networks for mobile TV and mobile 3G cellular networks. Also, the effects of such integration are estimated through the analysis and simulation of a practical mobile TV network based on the use of DVB-H and UMTS networks. It is analyzed how to minimize the costs of establishing a mobile television network with the implementation of a hybrid network consisting of DVB-H broadcast networks and third generation cellular networks.

Related works

In recent years, numerous studies have been conducted aiming to find optimal ways of integrating different types of radio networks, including broadcast mobile TV networks and 3G cellular networks. These surveys are related to: possibility of the integration of DVB-H and 3G cellular networks, the network architecture that enables multimedia and interactive services in heterogeneous networks, seamless handover strategies between networks, improving the mobile IPv6 protocol to support interactive multimedia services with the required quality in the hybrid broadcasting and mobile IPv6 environment, the efficiency of the distribution of data packets in the DVB-H network and the impact of the parameters and the required capacity on the characteristics of the DVB-H network in an urban metropolitan area.

Analysis of mobile TV technologies

Different technologies have been developed to allow TV reception on mobile devices that try to solve specific problems in various ways. Mobile TV can be distributed to end-users by the means of wireless networks, mobile cellular networks or broadcast networks. We analyzed here: Wireless Local Area Networks – WLAN or Wireless Fidelity – WiFi, two WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) standards (802.16d – fixed WiMAX and WiMAX 802.16e – mobile WiMAX), GPRS and EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution), 3G cellular networks, MBMS technology (Multimedia Broadcast Multicast Services), Broadcast and Multicast Service (BCMCS) and a hybrid satellite and terrestrial system called Digital Video Broadcasting – Satellite services to Handhelds (DVB-SH).

DVB-H standard

A DVB-H system can be defined as a transmission system based on several DVB standards which aims at an efficient distribution of multimedia content to mobile devices via terrestrial broadcasting. The DVB-H standard is recommended by the European Commission for the implementation of mobile TV networks (Samčović, 2011), and commercial mobile TV networks based on the DVB-H standard are already in operation in many countries.

Possibilities of integration of mobile TV networks and 3G cellular networks

From the first days of development of mobile broadcast TV networks, it was shown that there is a necessity of interaction within a network. Series of surveys conducted recently indicate that hybrid networks are justified and that their use had resulted in improving the efficiency of transmission and end user satisfaction (Kornfeld, May, 2007), (DVB, 2009). In a converged DVB-H and UMTS, handover between these two networks enables the optimal allocation of radio resources, which results in more efficient operation of the hybrid network and provides the required quality of service.

Analysis of the feasibility of the realization of the hybrid DVB-H/UMTS network

To analyze the effects of the integration of broadcast DVB-H networks and 3G mobile networks in a hybrid network for mobile TV, the research shown in (Popović, et al, 2009, 2011) has been conducted. The aim of the research was to determine the benefits of having a hybrid network with respect to each of these networks individually. It was analyzed how to minimize the costs of establishing a mobile TV network by hybrid network implementation on a practical example. The characteristics of this hybrid network were compared with the DVB-H and UMTS networks individually and the gain of the hybrid network compared to the DVB-H network was estimated. The analysis and simulations were performed for the northwest region of Bosnia and Herzegovina – the Banja Luka region. The paper discusses the trends in the implementation costs of the mobile TV network in a few scenarios, and a detailed analysis can be found in (Popović, et al, 2011). Two types of hybrid networks are analyzed: the hybrid DVB-H/UMTS network (type 1) which corresponds to the scenario obtained by assuming that the UMTS network is at the moment available in all cities in the region for which the analysis was done, and the DVB-H/UMTS hybrid network (type 2) which corresponds to the scenario obtained by assuming that in the foreseeable future UMTS networks will become available throughout the region, and will not be limited to urban areas only. In both cases, the hybrid network type 1 and the hybrid network type 2, it is shown how the hybrid network affects the reduction of implementation costs compared to the mobile TV network that would be realized only through the DVB-H network.

Conclusion

The analyses conducted in this paper show the advantages of a combination of the DVB-H network and the 3G UMTS cellular network in the hybrid DVB-H/UMTS network for mobile TV.

Key words: *DVB-H, Mobile TV, hybrid network, convergent network.*

Datum prijema članka/Paper received on: 01. 03. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on: 04. 06. 2012.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 07. 06. 2012.