

# Ali je nov standard Digitalnega mobilnega radia DMR konkurenca Prizemnega snopovnega radia TETRA

Boštjan Tavčar, Ministrstvo za obrambo, Uprava RS za zaščito in reševanje

**Povzetek** — V članku je opisana primerjava med novim standardom Digitalnega mobilnega radia DMR in standardom Prizemnega snopovnega radia TETRA. V primerjavi je poudarek na tistih tehničnih parametrih, ki neposredno vplivajo na prenos podatkov. Napravljena je tudi primerjava možnosti prenosa podatkov. Bistvena ugotovitev je, da sta si standarda na tem področju konkurenčna. Konkurenčna prednost DMR omrežij je tehnična skladnost z obstoječo terminalno opremo in občutno nižja cena baznih postaj v primerjavi z omrežji TETRA. V splošnem standarda ne dohajata vse večjih potreb po prenosu podatkov. Bodočnost je zato v standardu tretje generacije profesionalnih radijskih zvez MESA.

**Ključne besede** — TETRA, DMR, MESA, profesionalna radijska omrežja, prenos podatkov

**Abstract** — The article describes a comparison between new standard of Digital mobile radio DMR and Terrestrial trunk radio TETRA. Stress on those technical parameters is in comparison that they directly influence data transfer. Also comparison of possibility of data transfer is made. Finding is essential, that self standard on this field are competitive. Competitive advantage of DMR networks is technical conformity with existent radio terminals and perceptibly lower price of DMR base stations on comparison of TETRA base stations. Generally both standards are not sufficient for all larger needs of data transfer. Future is in standard third of generation of professional radio systems MESA.

**Keywords** — TETRA, DMR, MESA, professional radio networks, data transfer

## I. UVOD

V letošnjem letu mineva 18 let od začetka standardizacije »Prizemnega snopovnega radia«, s kratico TETRA, takrat imenovanega še »Mobilni digitalni snopovni radijski sistem«. Zelo ambiciozen in za tiste čase napreden standard je pomenil velik premik v filozofiji profesionalnih radijskih zvez. V okviru novih funkcij in storitev je predvidel tudi možnost prenosa podatkov, kar obstoječi analogni sistemi radijskih zvez niso omogočali, vsaj ne z omembo vrednimi hitrostmi. Hitrosti prenosa podatkov 7.2 kbit/s na enem časovnem slotu in 28.8 kbit/s na štirih časovnih slotih so se v tistem času zdele visoke. Standard je predvidel dva načina prenosa podatkov, vodovni način in paketni način. Vodovni način prenosa podatkov je pomenil nadaljevanje filozofije prenosa podatkov poznane že iz analognih sistemov radijskih zvez vendar z precej višjimi hitrostmi. Paketni način pa je bil nekaj povem novega. Prvi sistemi TETRA so začeli delovati v letu 1997, osem let po začetku

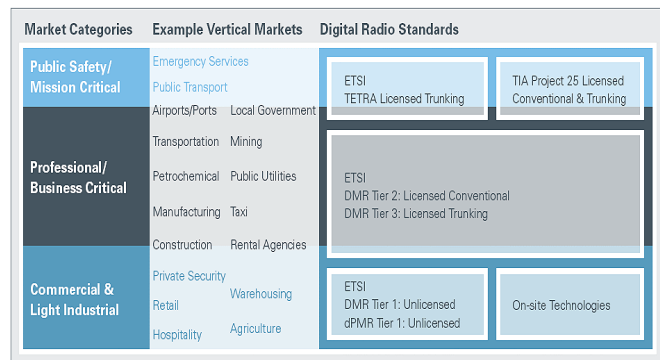
standardizacije. Pri tem je potrebno poudariti, da so storitve prenosa podatkov v sistemih TETRA v primerjavi z govornimi storitvami zapostavljene. Na začetku so bile te praviloma omejene na prenos manjših količin podatkov prek SDS sporočil. Prenos večjih količin podatkov prek enega ali celo štirih časovnih slotov se v večini sistemov ne uporablja, če pa že pa v precej omejenem obsegu. Razlogov za to je več, naj na tem mestu omenim le dva. Prvi je tehničen, saj je pri prenosu podatkov domet celice manjši, hkrati pa je večja tudi njena prometna obremenitev. Drugi razlog je ekonomski, saj mora mreža za prenos podatkov, za enako pokritost terena kot pri govornih komunikacijah, imeti od 1,5 do 2 krat večje število baznih postaj. S stališča prometne zmogljivosti morajo imeti bazne postaje tudi večje število kanalov.

Sistemi TETRA v dosti primerih žal pomenijo le zamenjavo obstoječih, ponavadi že zastarelih analognih sistemov, ne pa njihovo nadgradnjo z novimi storitvami oziroma je ta nadgradnja relativno skromna. Dokaj visoka cena opreme in nezmožnost uporabe obstoječih radijskih postaj, ob zgoraj omenjenem dejstvu, postavlja imetnike manjših radijskih omrežij pred vprašanje kako in ali sploh preiti na sistem TETRA. Z izdajo novega standarda za »Digitalni mobilni radio«, s kratico DMR, se je ta dilema še povečala. Na tem mestu si lahko postavimo vprašanje, ali je DMR konkurenčen TETRI in kako bo vplival na njen nadaljnji razvoj?

## II. PRIMERJANA TEHNOLOGIJ DMR IN TETRA

Primerjava dveh tehnologij je lahko nevhvaležna, saj ima tako ena kot druga svoje prednosti in slabosti. V primerjavi bo poudarek na zmožnosti prenosa podatkov, saj je to osnova novih storitev profesionalnih

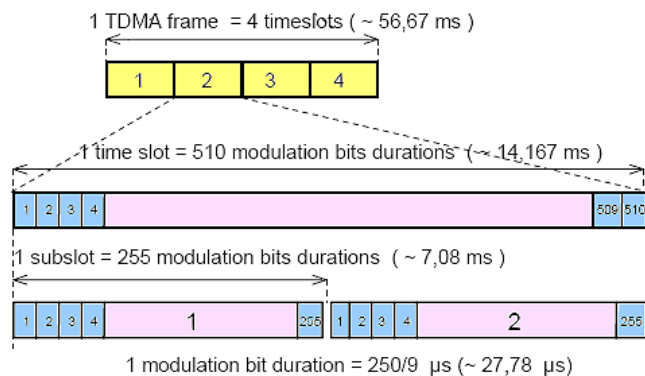
radijskih sistemov. Obe tehnologiji DMR in TETRA sta bili razviti vsaka s svojim namenom. Kljub temu pa je posamezne storitve možno uresničiti tako v eni kot v drugi, zato sta si v določenih segmentih tudi konkurenčni. Ciljne trge posameznih tehnologij prikazuje slika 1.



Slika 1: Ciljni trgi tehnologij (VIR: Motorola)

### A. Možnost prenosa podatkov v sistemih TETRA

Sistemi TETRA delujejo v tehnologiji časovnega sodostopa TDMA na radijskih kanalih pasovne širine 25 kHz. Uporabljena je diferencialna  $\pi/4$  štirinivojska fazna digitalna modulacija  $\pi/4$  – DQPSK. Teoretična najvišja hitrost prenosa podatkov je 50 kbit/s. V praksi je ta hitrost manjša, saj kanala ni mogoče v celoti zasesti. Bruto hitrost prenosa podatkov v sistemu TETRA je tako 36 kbit/s. Če odštejemo signalizacijo, ostane neto hitrost prenosa podatkov 28,8 kbit/s.



Slika 2: TETRA podatkovni paket (VIR: ETSI)

Sistemi TETRA omogočajo v splošnem tri vrste prenosa podatkov:

- Kratka podatkovna sporočila SDS
- Vodovni prenos podatkov
- Paketni prenos podatkov

Kratka podatkovna sporočila se prenašajo v kontrolnem kanalu kot statusna sporočila, kratka tekstovna ali binarna sporočila dolžine do 256 bajtov. Tipična storitev prenosa kratkih podatkovnih sporočil je prenos lokacije.

Vodovni podatkovni prenos omogoča prenos podatkov po enem ali več časovnih slotov. V praksi se največ uporablja prenos podatkov prek enega časovnega slota. Tipične storitve vodovnega prenosa podatkov so prenos fotografij, podatkovnih datotek in počasnega videa.

Tabela 1: Hitrosti prenosa podatkov pri vodovnem načinu

Stopnja zaščite	1 čas. slot	4 čas. sloti
brez	7,2 kbit/s	28,8 kbit/s
nizka	4,8kbit/s	19,2 kbit/s
visoka	2,4 kbit/s	9,6 kbit/s

Paketni prenos podatkov je temelji na brez-povezavno orientiranem prenosu s pomočjo IPv4 protokola. Rešitve so podobne kot pri GPRS prenosu podatkov v omrežjih GSM.

Tabela 2: Hitrosti prenosa podatkov pri paketnem načinu

1 čas. slot	4 čas. sloti
2,5 – 3,5 kbit/s	~9 kbit/s

V praksi se največ uporablja prenos podatkov prek enega časovnega slota. Tipične storitve paketnega prenosa podatkov so WAP in e-pošta ter prenos manjših fotografij in podatkovnih datotek. Pri uporabi štirih časovnih slotov pa poleg omenjenih storitev še prenos počasnega videa.

Bistvena prednost paketnega načina prenosa podatkov pred vodovnim je ve tem, da uporabnik pri prenosu podatkov ne zaseda podatkovnega kanala in s tem kapacitete sistema samo zase. Druga prednost je da omogoča neposreden dostop do spletnih, večinoma wap aplikacij.

### B. Možnosti prenosa podatkov v sistemih DMR

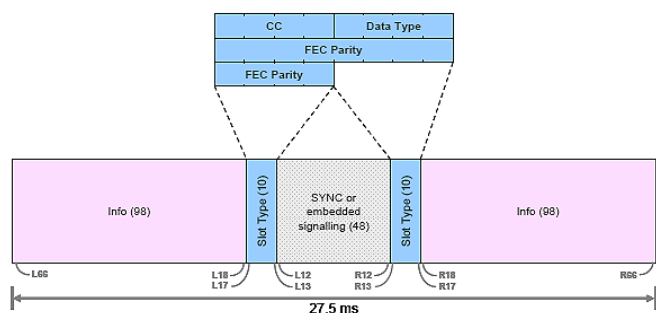
Sistemi DMR uporabljajo tako kot sistemi TETRA tehnologijo časovnega sodostopa TDMA, na radijskih kanalih pasovne širine 12,5 kHz. Uporabljena je štirinivojska fazna digitalna modulacija 4FSK. Teoretična najvišja hitrost prenosa podatkov je 25 kbit/s. V praksi je ta hitrost manjša, saj kanala ni mogoče v celoti zasesti. Bruto hitrost prenosa podatkov v sistemu DMR je tako 19,2 kbit/s. Če odštejemo signalizacijo, ostane neto hitrost prenosa podatkov 14,3 kbit/s.

Sistemi DMR omogočajo v splošnem dve vrsti prenosa podatkov:

- Kratka podatkovna sporočila SDS
- Paketni prenos podatkov

Kratka podatkovna sporočila se prenašajo kot statusna sporočila, kratka tekstovna ali binarna sporočila dolžine do 1130 bajtov. Tipična storitev

prenosa kratkih podatkovnih sporočil je prenos lokacije.



Slika 3: DMR podatkovni paket (VIR: ETSI)

Paketni prenos podatkov temelji na IPv4 ali IPv6 protokolu. Možni sta dve hitrosti prenosa podatkov odvisno od števila uporabljenih časovnih slotov.

Tabela 2: Hitrosti prenosa podatkov pri paketnem načinu

1 čas. slot	4 čas. sloti
~2 kbit/s	~4 kbit/s

Hitrost ~2 kbit/s velja pri visoki stopnji zaščite podatkov. Pri nižjih stopnjah zaščite je hitrost lahko tudi višja.

Tipične storitve paketnega prenosa podatkov so WAP in e-pošta ter prenos manjših fotografij in podatkovnih datotek.

### C. Primerjava omrežij TETRA in DMR

Radijski vmesnik TETRA podpira le digitalen prenos s tehnologijo TDMA na kanalih pasovne širine 25 kHz. Kanali so razdeljeni na štiri časovne slotove, ki omogočajo štiri medsebojno neodvisne komunikacije. Za hitrejši prenos podatkov je možno združiti vse štiri časovne slotove. Teoretičen doseg radijske zveze v sistemu TETRA je 58 km. Pri neposredni radijski zvezi DMO med dvema radijskima postajama je teoretični doseg radijske zveze, upoštevajoč občutljivost obeh radijskih postaj in izhodno moč prikazan v tabeli 3. Pri izračunu moči je upoštevan model Okumura-Hata za podeželska območja.

Tabela 3: Teoretični doseg pri neposrednih radijskih zvezah v sistemih TETRA in DMR

	1W	3W
<b>TETRA</b>		
400 MHz	7,3 km	9,3 km
<b>DMR</b>		
400 MHz	8,7 km	11,9 km
173 MHz	13,1 km	17,9 km

To je hkrati tudi teoretično največji polmer celice bazne postaje, če ne upoštevamo dobitka sprejemne antene in prostorske raznolikosti sprejema.

Občutljivosti radijskih postaj TETRA so 0,45  $\mu$ V statično in 1,2  $\mu$ V dinamično. Tipične oddajne moči so 0,56; 1 in 3W. Istokanalno izolacijsko razmerje C/Ic je 19 dB.

V sistemih DMR so podatki še ugodnejši. Radijski vmesnik DMR podpira digitalen in analogen prenos. S stališča prenosa podatkov je aktualen samo digitalni prenos. Kanali so pasovne širine 12,5 kHz, razdeljeni na dva časovna slotova, ki omogočata dve medsebojno neodvisni komunikaciji. Za hitrejši prenos podatkov je možno združiti oba časovna slotova. Teoretični doseg radijske zveze v DMR je 150 km. Pri neposredni radijski zvezi med dvema radijskima postajama je teoretični doseg radijske zveze, upoštevajoč občutljivost obeh radijskih postaj in izhodno moč prikazan v tabeli 3. Pri izračunu moči je upoštevan model Okumura-Hata za podeželska območja.

Občutljivosti radijskih postaj DMR so 0,3  $\mu$ V pri analognih in digitalnih zvezah. Tipične oddajne moči so 1 in 4W. Istokanalno izolacijsko razmerje C/Ic je 15 dB.

DMR sistemi ne omogočajo prenosa podatkov prek štirih časovnih slotov, vendar se v praksi ta v sistemih TETRA tudi redko uporablja. V ostalih pogledih sta sistema primerljiva, glede možnosti paketnega prenosa podatkov. Primerjava tehničnih karakteristik obeh sistemov je v prid sistema DMR. V splošnem je prednost sistemov DMR v skladnosti s starimi analognimi sistemi in v nižji ceni opreme.

### III. BODOČNOST JE MESA

Sistemi zvez TETRA in DMR v splošnem ne dohajajo podatkovno vse bolj potratnih storitev. V sistemih TETRA rešujejo ta problem s spremembo radijskega vmesnika. Sistemi TETRA 2 naj bi namesto kanalov pasovne širine 25 kHz uporabljali kanale pasovne širine do 150 kHz. Z uporabo različnih digitalnih modulacij bo možno doseči hitrosti, kot so prikazane v tabeli 4.

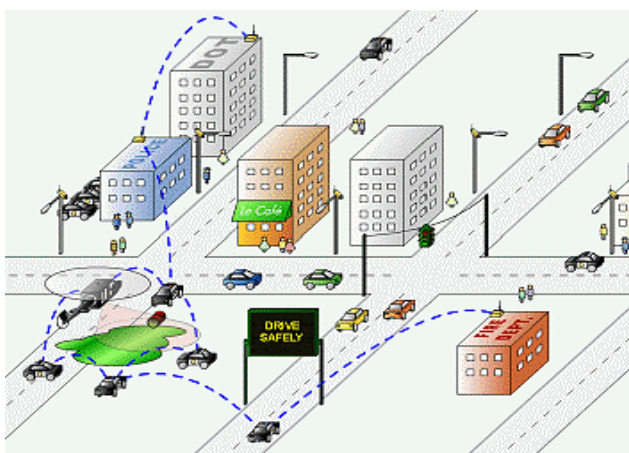
Tabela 4: Bruto hitrosti prenosa podatkov pri različnih širinah kanalov in modulacijah

	25 kHz	50 kHz	100 kHz	150 kHz
$\pi/4$ DQPSK	36 kbit/s	-	-	-
$\pi/8$ D8PSK	54 kbit/s	-	-	-
4 – QAM	38 kbit/s	77 kbit/s	154 kbit/s	230 kbit/s
16 – QAM	77 kbit/s	154 kbit/s	307 kbit/s	461 kbit/s
64 – QAM	115 kbit/s	230 kbit/s	461 kbit/s	691 kbit/s

V tabeli 4 so prikazane možne bruto hitrosti na radijskem vmesniku sistema TETRA 2. Boljši je teoretični doseg radijske zveze, ki je tja do 83 km.

Izolacijsko razmerje  $C/I_c$  je praviloma slabše in v najslabšem primeru doseže vrednost 29 dB.

V pripravi je standard tretje generacije profesionalnih radijskih zvez MESA, ki naj bi omogočil občutno višje hitrosti prenosa podatkov. Omrežja MESA bodo zasnovana kot zankasta omrežja. Standard je še v nastajanju, zato tehnologija še ni v celoti izbrana. Upoštevajoč spektralno učinkovitost obstoječih primernih tehnologij, lahko predpostavimo, da bo ta pri sistemu MESA okoli 1,5 Mbit/s/MHz/celico. To pomeni, da lahko pričakujemo prenosne hitrosti do okoli 2 Mbit/s. Seveda bo ta hitrost odvisna od velikosti celice in števila uporabnikov v celici.



Slika 4: Zankasto omrežje (VIR: MOTOROLA)

Tehnologija zankastega omrežja in občutno večja hitrost prenosa podatkov, bo največja prednost omrežij MESA pred dosedanjimi omrežji profesionalnih radijskih zvez. Tehnologija zankastega omrežja bo dobro združila dosedanje ločene omrežne in neposredne zveze med radijskimi postajami. Občutno višje hitrosti prenosa podatkov bodo omogočile prenos večjih količin podatkov in predvsem multimedijskih vsebin.

#### IV. ZAKLJUČEK

Na vprašanje, ki smo si ga zastavili na začetku lahko odgovorimo pritrdilno. Sistemi DMR so konkurenčni sistemom TETRA predvsem pri komercialnih in lokalnih radijskih omrežjih. Bistvena konkurenčna prednost DMR omrežij je tehnična skladnost z obstoječo terminalno opremo in občutno nižja cena baznih postaj v primerjavi z omrežji TETRA. DMR bazne postaje so pri istem številu TDMA kanalov približno petkrat cenejše od baznih postaj TETRA. Konkurenčna prednost DMR omrežij je še toliko bolj izrazita ob dejstvu, da se v praksi v obeh sistemih uporabljajo praktično enake hitrosti prenosa podatkov. V omrežjih TETRA se večinoma ne izrablja vseh funkcij in storitev, ki jih standard predvideva. Razlog

je v tem, da posamezna omrežja tehnično ne premorejo celotne funkcionalnosti oziroma nimajo zadostne prometne zmogljivosti. Težava pa je tudi v pokrivanju terena z radijskim signalom, saj je za prenos podatkov potrebna od 1,5 do 2 krat gostejša mreža baznih postaj. Sistemi DMR imajo celo določene tehnične prednosti, tako v dometu neposredne zveze kot tudi v nižjem istokanalnem izolacijskem razmerju. Boljša je tudi občutljivost radijskih postaj. Zaradi tega sistemi DMR ne potrebujejo tako gostih radijskih omrežij kot sistemi TETRA.

Pomanjkljivost sistemov DMR je predvsem v slabši možnosti upravljanja s prometom v omrežju in slabših standardiziranih varnostnih mehanizmih. Glede same zaščite prenosa podatkov sta si sistema popolnoma enakovredna. Zaščita prenosa podatkov je funkcija terminalne opreme in ne sistema. Pogoje je le, da je sistem transparenten za vse vrste prenosa podatkov, čemur pa je zadoščeno.

Potrebe po vse večjih prenosih podatkov nujno zahtevajo nove profesionalne sisteme radijskih zvez. Prava rešitev je zato predvideni sistem tretje generacije MESA, ki bo poleg večje zmogljivosti prenosa podatkov združil do sedaj ločene omrežne in neposredne zveze med radijskimi postajami. Zaradi tehnologije zankastega omrežja bi moral biti tudi cenejši.

#### LITERATURA

- [1] ETSI, TS 102 361-1 V1.4.1 (2006-8 12), DMR Air Interface (AI) protocol, december 2006
- [2] ETSI, EN 300 392-2 V2.3.2 (2001-29 03), Air Interface (AI), marec 2001
- [3] ETSI, EN 300 394-1, Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Conformance testing specification; Part 1: Radio, januar 2007
- [4] MOTOROLA, TDMA Technology, Bringing Increased Capacity and Functionality to Professional Digital Two-Way Radio, maj 2006
- [5] Project MESA, Service Specification Group - Services and Applications, januar 2005
- [6] Leonard E. Miller, Wireless Technologies and the SAFECOM SoR for Public Safety Communications, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland, 2005

**Boštjan Tavčar** je diplomiral na Fakulteti za elektrotehniko v Ljubljani na univerzitetni smeri telekomunikacij. Od leta 1994 je zaposlen na Ministrstvu za obrambo, na Upravi za zaščito in reševanje. Od leta 2001 vodi Sektor za opazovanje obveščanje in alarmiranje, kjer je zadolžen za strategijo razvoja informacijsko telekomunikacijskih sistemov, sistemov opazovanja, obveščanja in alarmiranja ter delo Centra za obveščanje Republike Slovenije. Je tudi predavatelj na Višji strokovni šoli za telekomunikacije, Šolskega centra za pošto ekonomijo in telekomunikacije. Je član medresorske delovne skupine za uvedbo sistema radijskih zvez druge generacije v Republiki Sloveniji. Boštjan Tavčar je tudi avtor več strokovnih člankov s področja profesionalnih radijskih zvez, med katerimi je potrebno še posebej omeniti članek z naslovom: »Model za izračun oddaljenosti istokanalnih celic v celičnih radijskih omrežjih«.