

UPORABA TETRA ZA DALJINSKO MERJENJE IN KRMILJENJE PRI VAROVANJU PRED NARAVNIMI IN DRUGIMI NESREČAMI

The use of TETRA for telemetry and telecontrol in protection against natural and other disasters

Igor Ozimek *, Miha Smolnikar **, Andrej Hrovat ***, Mihael Mohorčič ****, Gorazd Kandus *****
UDK 621.398:654.924

Povzetek Abstract

Daljinsko merjenje in krmiljenje sta nepogrešljiva v mnogih sistemih, med drugimi tudi v tistih za zaščito in reševanje ob naravnih in drugih nesrečah. Digitalni profesionalni mobilni radijski sistem TETRA predstavlja sodobno in zanesljivo rešitev za prenos podatkov med nadzornim centrom in oddaljenimi napravami. V okviru projekta »Profesionalni sistem mobilnih komunikacij za MORS« smo razvili poskusni sistem, ki preko sistema TETRA prenaša meritve temperature z oddaljene lokacije v nadzorni center, iz nadzornega centra pa proži alarm na oddaljeni lokaciji.

Telemetry and telecontrol are indispensable in many applications; one of the important applications is protection against natural and other disasters. The digital professional mobile radio system TETRA is a modern and reliable solution for transmission of data between a control centre and remote stations. Under the "Professional mobile communication system for MORS" project we developed a pilot system that uses TETRA to transfer temperature measurement data from a remote location to the control centre and to trigger alarms at the remote location from the control centre.

Uvod

Veliko je uporabniških in industrijskih sistemov, ki so prostorsko porazdeljeni na večja območja, nadzorovani in vodeni pa iz centralnega nadzornega mesta. Primeri takih sistemov so daljinski nadzor in meritve pri obračunavanju porabe plina, električne energije in vode, daljinski nadzor dostopa, varovanje in alarmiranje, različni medicinski sistemi itd. Zlasti pomembne sisteme predstavljajo državni sistemi zaščite in reševanja ob naravnih in drugih nesrečah. Ti sistemi so porazdeljeni na velika

geografska območja in zahtevajo zanesljivo komunikacijsko infrastrukturo. Za povezavo oddaljenih naprav se običajno uporabljajo zakupljeni vodi ali druge namenske povezave, vendar je ta rešitev draga in težko uporabna v geografsko oddaljenih območjih brez zgrajene komunikacijske infrastrukture. Za sisteme zaščite in reševanja je posebej pomembna odpornost pri velikih nesrečah, kakor so potresi ali poplave, ki zlahka prekinejo klasične žične ali optične povezave, zato imajo v tem primeru prednost brezžične radijske povezave.

V obstoječih sistemih se za glasovne in podatkovne storitve običajno uporabljajo različni radijski komunikacijski sistemi. Primer na sliki 1 prikazuje radijske komunikacijske sisteme, ki jih uporablja Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje. Predvsem govornim komunikacijam sta namenjena dva sistema PMR (*Professional Mobile Radio*), to sta lastni klasični analogni radijski sistem ter zakupljene zmogljivosti snopovnega radijskega sistema po standardu MPT 1327. Snopovni radio (*trunked radio*) uporablja določeno število radijskih komunikacijskih kanalov, ki jih sproti in po potrebi samodejno dodeljuje različnim uporabnikom, s čimer omogoča, da lahko isto komunikacijsko infrastrukturo neodvisno uporablja večje število uporabnikov. Podatkovnim storitvam so namenjeni trije radijski sistemi. To so sistem osebne klica (*paging*) po standardu

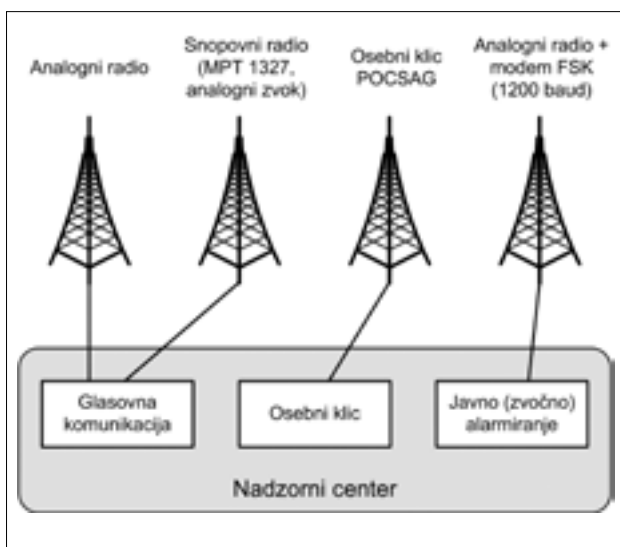
* dr., Institut Jožef Stefan, Jamova 39, Ljubljana, igor.ozimek@ijs.si

** Institut Jožef Stefan, Jamova 39, Ljubljana, miha.smolnikar@ijs.si

*** Institut Jožef Stefan, Jamova 39, Ljubljana, andrej.hrovat@ijs.si

**** doc. dr., Institut Jožef Stefan, Jamova 39, Ljubljana, miha.mohorcic@ijs.si

***** prof. dr., Institut Jožef Stefan, Jamova 39, Ljubljana, gorazd.kandus@ijs.si



Slika 1. Obstoječi sistem brezžičnih radijskih povezav
 Figure 1. Existing wireless communication system

POCSAG, brezžično upravljane oddaljenih siren starega sistema javnega alarmiranja in sistem za upravljanje novih siren sistema javnega alarmiranja. Za upravljanje starih siren se uporabljajo modemi FSK, ki s hitrostjo 1200 baudov komunicirajo preko analognih glasovnih radijskih kanalov. Upravljanje novih siren sistema javnega alarmiranja deluje preko sistema radijskih zvez ZARE DMR po novem evropskem standardu digitalnih radijskih zvez DMR, ki predvideva enake hitrosti paketnega prenosa podatkov kakor TETRA.

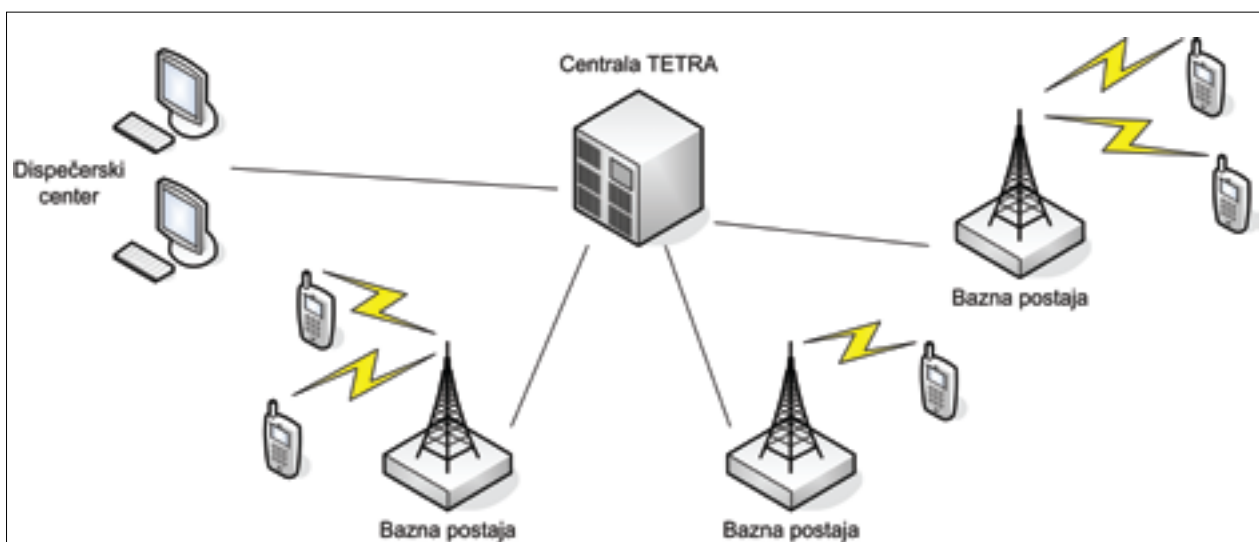
Digitalni PMR in TETRA

V zadnjem času se namesto analognih sistemov PMR vse bolj uveljavljajo digitalni [Dunlop in sod., 1999]. Med obstoječimi rešitvami, še posebej na področju javne varnosti, prevladujeta v svetu dva sistema, evropski

sistem TETRA (*Terrestrial Trunked Radio*) in ameriški sistem Project 25 (P25) oz. APCO-25. Poleg njune razširjenosti je prednost obeh sistemov v primerjavi z drugimi tudi ta, da ne predstavljata lastne rešitve posameznega proizvajalca, ampak temeljita na odprtih standardih, med seboj združljivo opremo pa proizvajaja večje število proizvajalcev.

TETRA temelji na standardih ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*). Sistem je sestavljen iz ene ali več central, baznih postaj in dispečerskih centrov ter določenega števila uporabniških radijskih postaj – terminalov. Ti so lahko ročni ali mobilni (običajno vgrajeni v vozilo). Sistem uporablja obstoječe frekvenčne pasove 400 MHz za sisteme PMR, pri čemer v enem radijskem kanalu širine 25 kHz s časovno porazdeljenim sodostopom (TDMA – *Time Division Multiple Access*) prenaša štiri komunikacijske kanale, od katerih je vsak lahko govorni ali podatkovni. Na voljo je polna dvosmerna komunikacija, ki jo omogoča FDD (*Frequency Division Duplex*). Na sliki 2 je prikazan enostavni sistem TETRA z eno centralo.

TETRA ima pred obstoječim sistemom javne mobilne telefonije GSM veliko prednosti tako glede zanesljivosti delovanja, saj je lahko delovanje sistema GSM ob večjih nesrečah ogroženo že samo zaradi preobremenitve s klici, kakor tudi glede posebnih lastnosti in funkcij, ki so pomembne pri profesionalni uporabi in jih podpirajo vsi sodobni digitalni sistemi PMR. Za vzpostavitev klicne povezave potrebuje TETRA zgolj 0,3 sekunde. Komunikacija je zaščitena z overjanjem (avtentikacijo) in šifriranjem govora in podatkov na radijskem vmesniku, po potrebi pa tudi med končnima točkama. Omogoča pogovore točka–točka in skupinske pogovore z različnimi stopnjami prednosti, vključno z nujnimi prednostnimi klici. Podpira delovanje dispečerskega centra, saj je glavna uporaba sistemov PMR prav komunikacija med oddaljenim uporabnikom ali skupino uporabnikov



Slika 2. Enostavni sistem TETRA z eno centralo
 Figure 2. A simple TETRA system with one switch

ter dispečerjem v dispečerskem centru. Terminali TETRA lahko ob okvari ali nedosegljivosti bazne postaje komunicirajo med seboj tudi neposredno v načinu DMO (*Direct Mode Operation*), seveda če so v medsebojnem dosegu. Bazna radijska postaja lahko ob okvari centrale ali prekinitvi povezave z njo deluje v samostojnem načinu in tako zagotavlja medsebojno komunikacijo med uporabniki na področju njenega radijskega pokrivanja. Terminal TETRA lahko deluje v načinu ponavljalnika kot posrednik med bazno postajo in oddaljenim terminalom, ki ni v neposrednem dosegu bazne postaje.

TETRA in podatkovni prenos

Kakor vsi sodobni sistemi tudi TETRA omogoča prenos podatkov, vključno s podporo komunikacijskega protokola IP. V ta namen je v standardu določen vmesnik PEI (*Peripheral Equipment Interface*) za povezavo med terminalom TETRA in podatkovno opremo. To je standardni asinhroni serijski vmesnik, neposredno povezljiv s serijskimi vrati COM osebnega računalnika. Razpoložljive hitrosti prenosa podatkov so sorazmerno skromne in so povzete v preglednici 1. Ob uporabi enega komunikacijskega kanala, srednje stopnje

| Raven zaščite pred napakami | Hitrost prenosa podatkov [kb/s] |
|-----------------------------|---------------------------------|
| Brez zaščite | 7,2 |
| Normalen | 4,8 |
| Visok | 2,4 |

Preglednica 1. Hitrosti podatkovnega prenosa v sistemu TETRA za en komunikacijski kanal

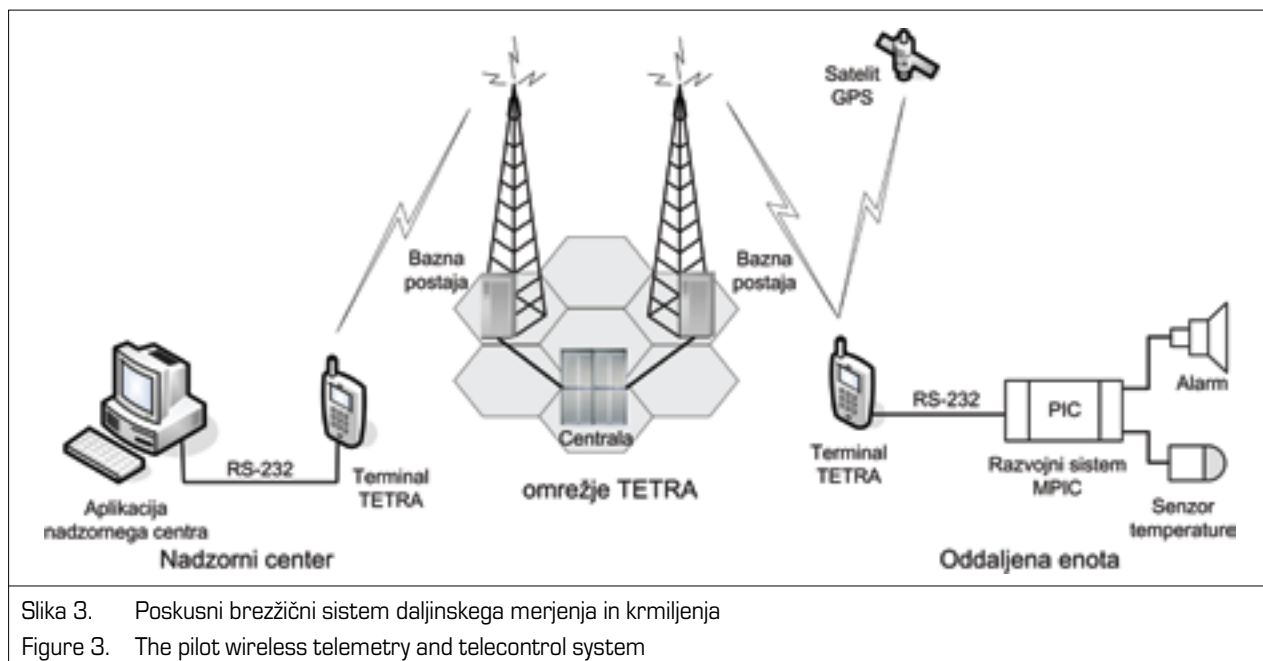
Table 1. TETRA data transmission speed for a single communication channel

zaščite in ob upoštevanju režije podatkov je za uporabniške podatke največja dosegljiva trenutna hitrost okoli 3 kbit/s, medtem ko povprečna hitrost prenosa podatkov zaradi drugih omejujočih dejavnikov doseže približno polovico te vrednosti (okoli 1,7 kbit/s, Axiotis in sod., 2008). Standard TETRA omogoča povečanje prenosne hitrosti z združevanjem do štirih komunikacijskih kanalov v enem radijskem kanalu, če uporabljena oprema to omogoča. Večje hitrosti (do polne hitrosti 115 kbit/s v enem radijskem kanalu 25 kHz ali ustrezno manj ob upoštevanju režije podatkov) bo v prihodnje omogočil novi standard TEDS (*TETRA Enhanced Data Service*).

Standard TETRA določa tri vrste prenosa podatkov: SDS (*Short Data Service*) ter paketni in vodovno komutirani način.

SDS, podobna storitev kakor SMS v sistemu GSM, omogoča prenos kratkih sporočil. Sporočila SDS vrste 1, 2 in 3 so namenjena prenosu podatkov dolžine 2, 4 ali 8 zlogov (*bytov*), tipa 4 pa prenosu sporočil spremenljive dolžine do približno 256 zlogov. SDS se uporablja za prenos sporočil na zaslon terminala, v primeru priključitve računalnika ali druge podatkovne opreme na terminal pa lahko tudi za prenašanje manjše količine podatkov. Prenos podatkov med terminalom TETRA in podatkovno opremo poteka z enostavnimi ukazi AT in brez uporabe protokola IP, kar predstavlja določeno prednost pri priključitvi enostavnih podatkovnih naprav.

Za polno podatkovno povezljivost z uporabo protokola IP je primeren paketni način prenosa podatkov. Povezava z osebnim računalnikom je standardna, enaka kakor s klasičnimi klicnimi (*dial-up*) modemi in v okolju Windows ne potrebuje dodatnih gonilnikov, terminal TETRA priključimo kot standarden modem 9600 baud preko serijske povezave.



Slika 3. Poskusni brezžični sistem daljinskega merjenja in krmiljenja
Figure 3. The pilot wireless telemetry and telecontrol system

Daljinsko merjenje in krmiljenje

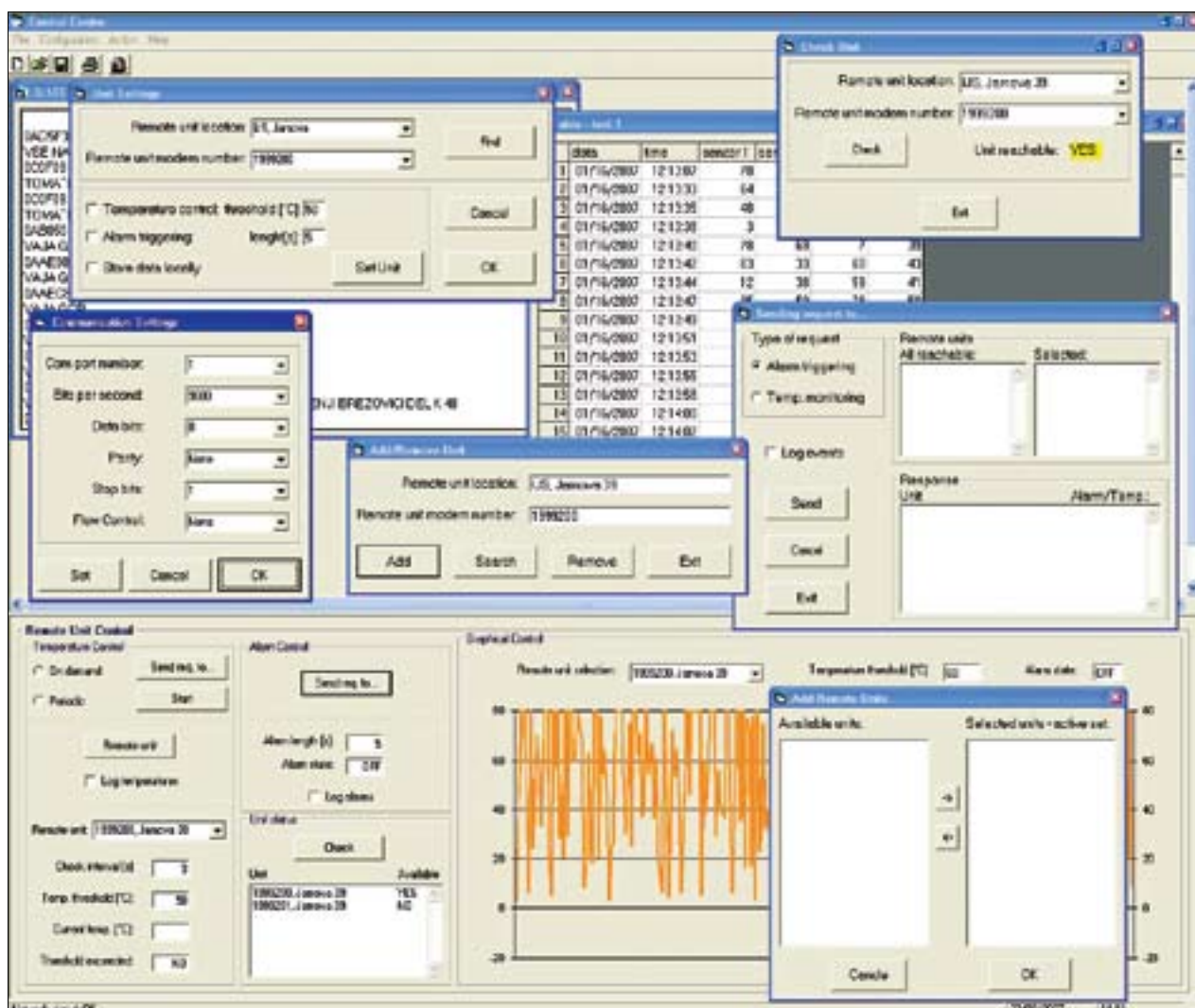
Daljinsko merjenje je postopek, s katerim se na oddaljenih lokacijah zbirajo in obdelajo rezultati samodejnih meritev in/ali drugi podatki ter pošiljajo v center za nadzor, analizo in beleženje. Daljinsko krmiljenje je postopek, s katerim se iz krmilne postaje upravlja naprave na oddaljenih lokacijah.

Daljinsko merjenje in krmiljenje (Carden in sod., 2002) sta nenadomestljiva pri mnogih sistemih, ki delujejo na velikih geografskih območjih in zahtevajo povezavo z oddaljenimi senzori (za temperaturo, tlak, vlažnost, zvok, osvetlitev itd.) in izhodnimi napravami (releji, motorji, ventili, črpalke, luči, alarmi itd.) (Ozimek in Kandus, 2002). Komunikacijska povezava med centrom in oddaljenimi lokacijami je lahko žična ali brezžična (radijska), nadzor in upravljanje se izvajata v centru, naprave na oddaljenih lokacijah pa morajo tudi samodejno delovati ob prekinitvi povezave, kar vključuje beleženje dogodkov in samodejno ukrepanje ob nujnih dogodkih.

Uporaba na področju varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami

Daljinsko merjenje in krmiljenje se uporabljata v mnogih uporabniških, industrijskih, okoljevarstvenih in zdravstvenih sistemih. Pomembno vlogo imata tudi na področju varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami, kjer ju lahko uporabimo za meritve potresne dejavnosti, poplav, kemičnega ali radiološkega onesnaženje, zaznavanje požarov, proženje alarmnih siren ipd. Ker je ob velikih naravnih nesrečah vgrajena žična komunikacijska infrastruktura ogrožena, imajo prednost radijske komunikacije. Sistem TETRA je bil zasnovan prav za profesionalno uporabo v kritičnih razmerah.

V okviru projekta »Profesionalni sistem mobilnih komunikacij za MORS« iz programa CRP »Znanje za varnost in mir 2004–2010« smo razvili demonstracijski sistem za daljinsko merjenje in krmiljenje. Sestavljata ga kontrolni center in oddaljena enota, ki med seboj komunicirata



Slika 4. Uporabniški vmesnik programa nadzornega centra
Figure 4. User interface of the control centre application



Slika 5. Prototip oddaljene enote
Figure 5. Remote unit prototype

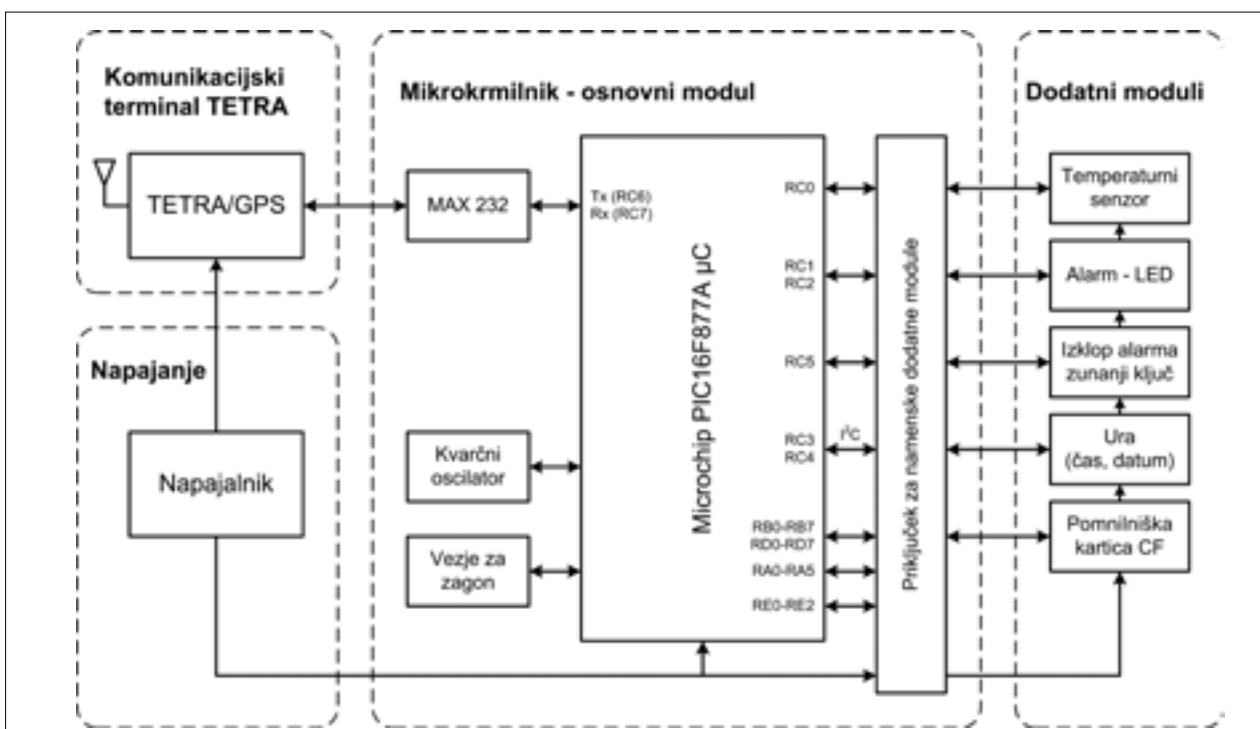
preko sistema TETRA (slika 3). Sistem opravlja naslednje naloge:

- oddaljena enota meri temperaturo in pošilja meritve v kontrolni center, kjer se podatki analizirajo in shranjujejo,
- kontrolni center pošilja v oddaljeno enoto ukaze za proženje alarmne sirene,
- ob prekinitvi povezave oddaljena enota lokalno shranjuje meritve in jih po ponovni vzpostavitvi pošlje v kontrolni center, hkrati pa ob prekoračitvi mejne temperature (ki se predhodno nastavi iz kontrolnega centra) samostojno sproži alarm.

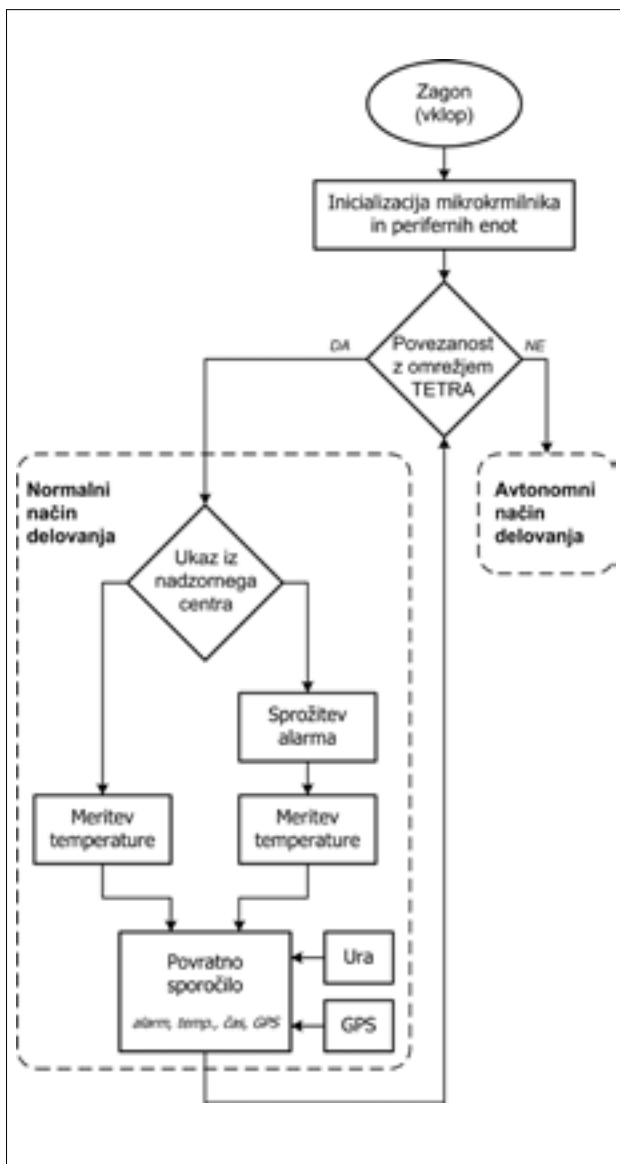
Za prenos podatkov med centrom in oddaljeno postajo se uporabljajo sporočila SDS vrste 4, kar je glede na majhno količino prenesenih podatkov primerno. Prednost je predvsem enostavnost, saj ne zahteva uporabe komunikacijskega protokola IP, kar bistveno poenostavlja programsko opremo oddaljene enote.

Kontrolni center

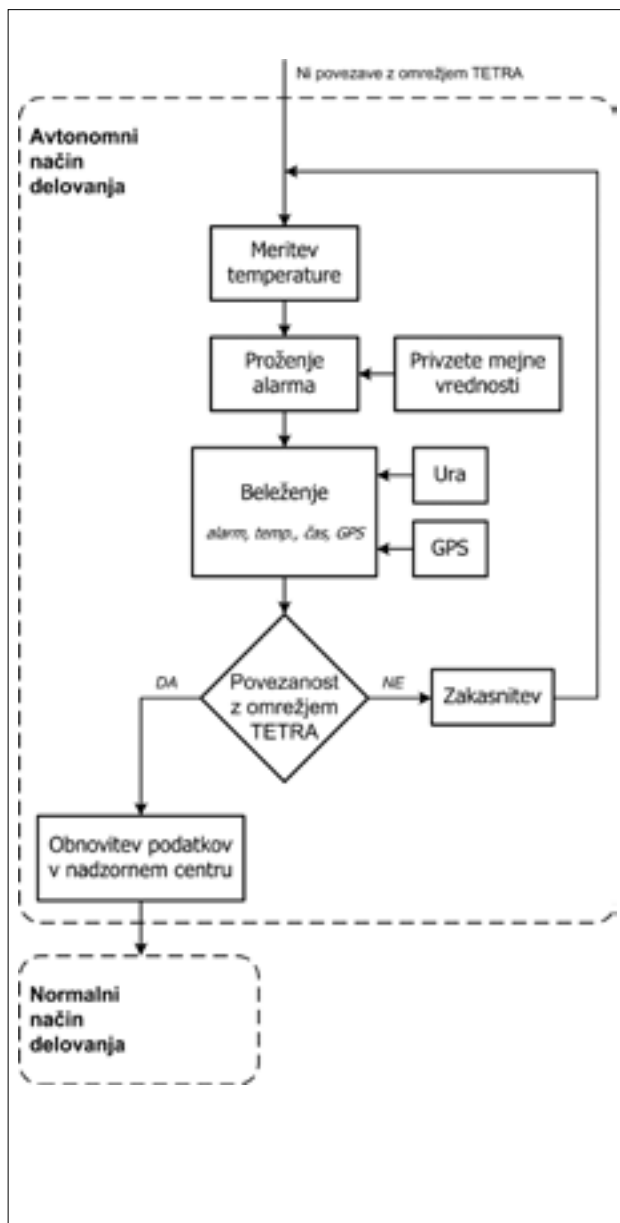
Kontrolni center sestavljata osebni računalnik s programom kontrolnega centra in terminal TETRA, ki je z računalnikom povezan preko serijske povezave RS232 (slika 3). Program, katerega uporabniški vmesnik je prikazan na sliki 4, je funkcionalno razdeljen na dva dela: del za upravljanje in komunikacijo z oddaljeno enoto (*Remote Unit Control*) ter del za analizo podatkov (*Data Analysis*). Prvi omogoča zajemanje meritev temperature in proženje alarma. Meritve temperature so lahko periodične, pri čemer se določi časovni interval pona-



Slika 6. Blokovna shema strojne opreme oddaljene enote
Figure 6. Block scheme for the remote unit hardware



Slika 7. Diagram poteka zagona in normalnega načina delovanja
 Figure 7. Flow chart of the initialisation and normal operation mode



Slika 8. Diagram poteka avtonomnega načina delovanja
 Figure 8. Flow chart of the autonomous operation mode

vljanja meritve, ali se izvedejo na zahtevo operaterja. Pri meritvi temperature se določi tudi zgornjo mejno vrednost, nad katero se v samodejnem načinu sproži alarm. Drugi del programa je namenjen analizi podatkov in omogoča tabelarni in grafični prikaz izmerjenih podatkov ter izdelavo poročila.

Oddaljena enota

Oddaljena enota je zgrajena na podlagi mikroprocesorja in zanj razvite vgrajene programske opreme (Smolnikar in Puhan, 2006). Poleg osnovnega modula z mikrokrmilnikom družine PIC ga sestavljajo še dodatni moduli s senzorjem za merjenje temperature, lučkami LED za prikaz sproženega alarma, uro realnega časa in kalendarjem za časovno označevanje meritev ter vmesnikom za zapisovanje meritev na standardno pomnilniško

kartico vrste *Compact Flash* (CF). Temperaturni senzor lahko meri temperaturo v področju od $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$, pri čemer v področju od $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ zagotavlja točnost $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Mikrokrmilnik je preko asinhronne serijske povezave RS232 povezan s terminalom TETRA, s katerim komunicira z uporabo ukazov AT in prenaša podatke z uporabo sporočil SDS vrste 4. Celotni sistem skupaj z napajalnikom mikrokrmilnika je prikazan na sliki 5, njegova blokovna shema pa na sliki 6.

Za delovanje mikrokrmilnika skrbi vgrajena programska oprema, ki lahko deluje v dveh načinih. Normalni način, katerega diagram poteka je prikazan na sliki 7, se uporablja ob delujoči povezavi med oddaljeno enoto in centrom. V tem načinu oddaljena enota v zanki čaka na ukaze (sporočila SDS) iz centra in pošilja povratna sporočila. Ukaz iz centra je lahko zahteva za meritev ali za vklop alarma.

V drugem, avtonomnem načinu, ki je prikazan na diagramu poteka na sliki 8, deluje oddaljena naprava samostojno brez povezave z nadzornim centrom, lokalno shranjuje meritve temperature in ob prekoračitvi mejne vrednosti samodejno sproži alarm. Po ponovni vzpostavitvi povezave najprej pošlje v center shranjene podatke in nato preide v normalni način delovanja.

Sklepne misli

Opisali smo možnost uporabe daljinskega merjenja in krmiljenja v okviru sistema zaščite pred naravnimi in drugimi nesrečami. Zaradi ranljivosti vgrajenih žičnih komunikacijskih povezav imajo v takih primerih prednosti brezžične radijske komunikacije. Opisani poskusni sistem v ta namen uporablja sodoben digitalni sistem profesionalnega radia TETRA, sestavljajo pa ga še osebni računalnik z ustreznim programom in terminalom TETRA v centru ter namenski mikroročunalnik z vgrajeno programsko opremo in terminalom TETRA na oddaljeni lokaciji. Za namen prikaza oddaljena naprava sporoča v center meritve temperature in izvaja iz centra poslani ukaze sproženja alarma. V dejanski uporabi bi bile naloge obsežnejše, oddaljene naprave bi lahko opravljale meritve različnih parametrov pomembnih za varnost, kakor so vremenski podatki, vodostaji rek, kemično ali radiološko

onesnaženje, potresni pojavi, požari itd. Tak sistem bi omogočal samodejno, stalno in zanesljivo opazovanje, merjenje, analizo in zapisovanje pojavov, povezanih z naravnimi in drugimi nesrečami, in omogočal v nujnih primerih hitro in učinkovito ukrepanje.

Viri in literatura

1. Axiotis, D. I., Salkintzis, A. K., Xenikos, D., 2008, IP Transmission over TETRA Packet Data Service: Simulation and Measurement Results, *Wireless Personal Communications*, 47, 523–540.
2. Carden, F., Jedlicka, R., Henry, R., 2002, *Telemetry Systems Engineering*, Artech House Publishers.
3. Dunlop, J., Girma, D., Irvine, J., 1999, *Digital mobile communications and the TETRA system*, John Wiley & Sons.
4. Ozimek, I., Kandus, G., 2002, SCADA system using TETRA communication network, *Recent advances in computers, computing and communications*, WSEAS, 164–166.
5. Smolnikar, M., Puhar, J., 2006, Splošni razvojni sistem za mikrokrmilnike iz družine PIC, Zbornik petnajste mednarodne Elektrotehniške in računalniške konference ERK 2006, Portorož, zv. B, 341–344.