

# Bežični mjerni sustavi

---

**Stranić, Sergio**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies, Rijeka / Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:359164>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-17**



**Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**  
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET**

**SERGIO STRANIĆ**

**BEŽIČNI MJERNI SUSTAVI**

**ZAVRŠNI RAD**

Rijeka, 2022.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET**

**BEŽIČNI MJERNI SUSTAVI  
WIRELESS MEASUREMENT SYSTEMS**

**ZAVRŠNI RAD**

Kolegij: Električna mjerenja i instrumentacija

Mentor: Izv. prof. dr. sc. Irena Jurdana

Komentor: Antonio Škrobonja mag. ing. el.

Student: Sergio Stranić

Studijski smjer: Elektroničke i informatičke tehnologije u pomorstvu

JMBAG: 0112077227

Rijeka, Kolovoz 2022.

Sergio Stranić

Studijski program: Elektroničke i informatičke tehnologije u pomorstvu

JMBAG: 0112077227

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom

BEŽIČNI MJERNI SUSTAVI

(naslov završnog rada)

izradio/la samostalno pod mentorstvom

izv. prof. dr. sc. Irene Jurdane

(prof. dr. sc. / izv. prof. dr. sc. / doc dr. sc. Ime i Prezime)

te komentorstvom Antonia Škrobonje mag. ing. el.

stručnjaka/stručnjakinje iz tvrtke \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

(naziv tvrtke).

U radu sam primijenio/la metodologiju izrade stručnog/znanstvenog rada i koristio/la literaturu koja je navedena na kraju završnog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo/la u završnom radu na uobičajen, standardan način citirao/la sam i povezao/la s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.



(potpis)

Sergio Stranić

Sergio Stranić

Studijski program: Elektroničke i informatičke tehnologije u pomorstvu

JMBAG: 0112077227

IZJAVA STUDENTA – AUTORA  
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG ZAVRŠNOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor završnog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa završnim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog završnog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

  
\_\_\_\_\_  
(potpis)

Sergio Stranić

## SAŽETAK

U završnom radu obradit će se tema „Bežični mjerni sustavi“. Cilj ovog rada je upoznavanje sa strukturom te tehnologijama koje se upotrebljavaju u mjernim sustavima. Upoznati ćemo načine na koji se prikupljaju mjerni podaci zajedno sa standardima i metodama koje se primjenjuju za slanje podataka. Također, navedene su prednosti i mane određenih metoda slanja podataka te su međusobno uspoređene. Dodatno su pojašnjeni Bluetooth i Infracrveni prijenos podataka kao tehnologija koje se koristi u današnjici. Na samom kraju završnog rada su prikazani mjerni instrumenti koji koriste bežični prijenos podataka.

Ključne riječi: Mjerni sustavi, GSM, prijenos podataka, modemi, irDA, Bluetooth

## SUMMARY

In this final work „Wireless measurement systems“ will be covered. The main goal of this work is to explain the structure and technologies used in measurement systems. We will learn how measurement data is collected along with the standards and methods used to send data. Also, the pros and cons of certain methods of sending data are listed and compared with each other. Bluetooth and Infrared data transfer as a technology used today are furthermore explained. At the very end of the final work, measurement instruments using wireless data transfer are shown.

Keywords: Measurement systems, data transfer, modems, GSM, irDA, Bluetooth

# SADRŽAJ

<b>SAŽETAK</b> .....	<b>III</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>III</b>
<b>SADRŽAJ</b> .....	<b>IV</b>
<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. BEŽIČNI PRIJENOS MJERNIH PODATAKA</b> .....	<b>2</b>
2.1 MJERNI SUSTAVI S PRIJENOSOM PODATAKA PREKO GSM-A .....	3
2.1.1. GSM mreža mobilne telefonije .....	3
2.1.2. Prijenos podataka temeljen na GSM mreži.....	5
2.1.3. Distribuirani mjerni sustavi temeljeni na GSM mreži.....	6
2.1.3.1. <i>Mjerni sustav temeljen na GSM mreži-Tehnološko sveučilište u Poznau</i> ...	7
2.1.4. Mjerni sustavi s prijenosom podataka putem SMS poruka .....	10
2.1.5. UMTS i prijenos mjernih podataka .....	14
2.1.5.1. <i>UMTS – Opće značajke</i> ... ..	14
2.1.5.2. <i>Digitalni prijenos podataka</i> .....	15
2.1.5.3. <i>Pozicioniranje mobilnih stanica u UMTS mreži</i> .....	17
2.2. MJERNI SUSTAVI TEMELJENI NA RADIO MODEMIMA .....	18
2.2.1. Radio modemi i radio kanali .....	18
2.2.2. Radio modemi u mjernim sustavima.....	19
2.2.3. Distribuirani mjerni sustavi s radio prijenosom temeljeni na GSM mreži u odnosu na radio modeme.....	21
2.3. BEŽIČNI MJERNI SUSTAVI S PRIJENOSOM PODATAKA NA KRATKE UDALJENOSI .....	23
2.3.1. IrDa infracrvena veza.....	23
2.3.1.1 <i>Prednosti i mane infracrvene tehnologije</i> .....	25
2.3.2. Bežični prijenosni sustavi kratkih udaljenosti u razvoju.....	26
2.3.3. Bluetooth visoko radio frekventna veza.....	28
2.3.3.1 <i>Prednosti i mane Bluetooth tehnologije</i> .....	29
2.3.4. Primjena Bluetooth tehnologije u mjernim instrumentima.....	30
<b>3. ZAKLJUČAK</b> .....	<b>34</b>
<b>LITERATURA</b> .....	<b>35</b>
<b>KAZALO KRATICA</b> .....	<b>36</b>
<b>POPIS SLIKA</b> .....	<b>39</b>

**POPIS TABLICA ..... 41**



## 1. UVOD

U današnjem svijetu tehnologija brzo napreduje i potrebna su stalna unapređenja postojećih tehnoloških rješenja s aspekta pouzdanosti mjernih sustava kao i prijenosa izmjerenih rezultata. Analogni instrumenti se sve manje upotrebljavaju te se u zamjenu koriste digitalni koji u sebi imaju niz sučelja koje olakšavaju korisniku interpretaciju mjernih rezultata te njihovu pohranu i prijenos. Mjerenja se provode svuda oko nas i bitan su čimbenik u raznim sustavima. Razvoj i implementacija tehnologija bežičnog prijenosa podataka u mjerne sustave omogućuje jednostavniji i bolji nadzor instrumenata za mjerenje kao i sustava u koje su ugrađeni. Završni rad obuhvaća vrste bežičnih mjernih sustava s načinima prijenosa mjernih podataka koji su objašnjeni u nastavku.

## 2. BEŽIČNI PRIJENOS MJERNIH PODATAKA

Bežični komunikacijski sustavi su jedni od ključnih elemenata kod prijenosa podataka. Omogućuju prijenos podataka gdje fizičkim putem nije moguće kao npr. vozilo koje se kao mjerni objekt kreće. Također, bežični prijenos podataka se koristi ukoliko je mjerni objekt teško dostupan ili je na velikoj udaljenosti od mjernog centra sustava. Unutar bežičnih mjernih sustava se koristi isključivo serijski prijenos podataka što je ekonomičniji i pogodniji pristup za komunikaciju na velike udaljenosti za razliku od paralelnog prijenosa.

Postoje tri vrste mjernih sustava s bežičnim prijenosom podataka:

- Distribuirani mjerni sustavi s prijenosom podataka putem mobilne radio telefonske mreže
- Distribuirani mjerni sustavi s prijenosom podataka putem namjenskih radio kanala
- Distribuirani mjerni sustavi s bežičnim prijenosom podataka na kratke udaljenosti putem infracrvene ili radio frekvencijske veze.

Distribuirani mjerni sustavi s prijenosom podataka putem mobilne radio telefonske mreže i distribuirani mjerni sustavi s prijenosom podataka putem namjenskih radio kanala raspoređeni su unutar pokrivenosti komunikacijskih sustava, pa njihov domet može biti praktički globalan. Za razliku od sustava temeljenih na mreži mobilnih telefona, uglavnom dizajniranih za prijenos audio signala (uglavnom glasa) i u kojem je prijenos podataka samo jedan od nekoliko funkcija, distribuirani sustavi koji koriste namjenske radio kanale dizajnirani su i izrađeni isključivo za digitalni prijenos podataka. Radio prijenosni sustav sastoji se od odašiljača, prijemnika, skupa radio modema i mjernih jedinica. Osim telemetrijskih, ili daljinskih mjernih funkcija, takvi sustavi često imaju i funkcije daljinskog upravljanja. [4]

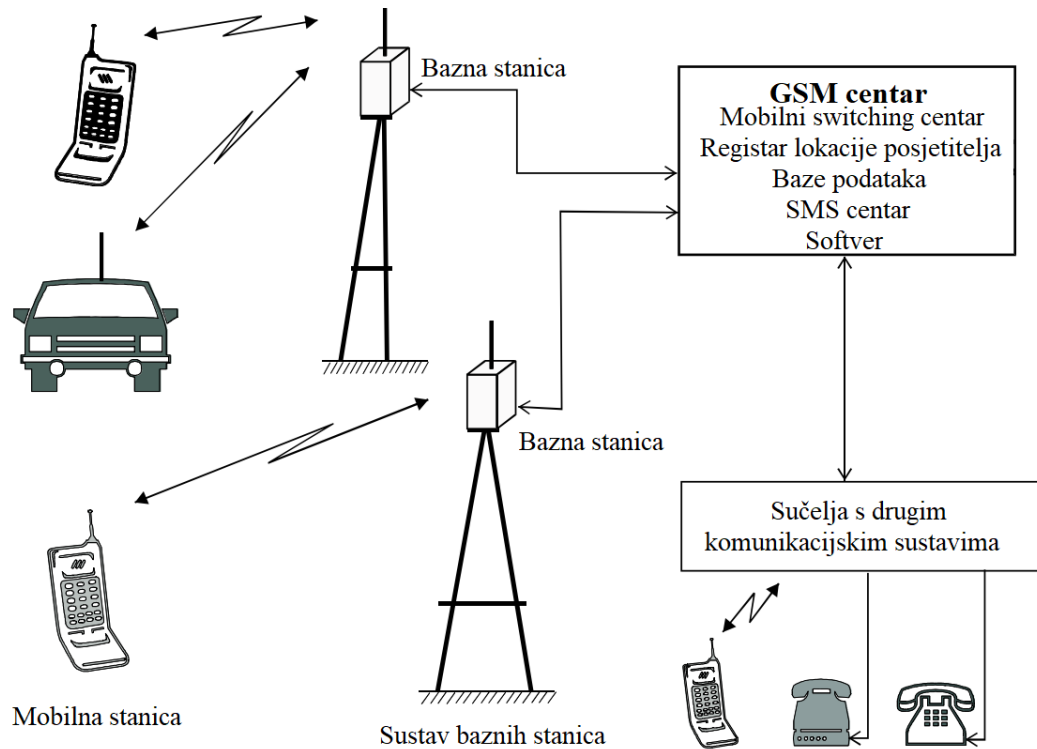
## 2.1 MJERNI SUSTAVI S PRIJENOSOM PODATAKA PREKO GSM-A

### 2.1.1 GSM mreža mobilne telefonije

Glasovni prijenos u prvim sustavima mobilne telefonije, navedene kao sustavi prve generacije (1G), bili su (i još uvijek jesu) analogni. Takvi sustavi rade u frekvencijskim pojasevima od 450 MHz ili 900 MHz. Neki od primjera 1G mobilnih sustava: *Advanced Mobile Phone System (AMPS)*, koji je još uvijek u funkciji u Sjedinjenim Američkim Državama; i *Nordic Mobile Telephone (NMT)*, koji se koristi u Skandinaviji i ostalim državama.

Trenutno je glavni sustav mobilne telefonije *Global System of Mobile Communications (GSM)*, sustav druge generacije (2G) u potpuno digitalnom obliku. Radi u frekvencijskim pojasevima od 900 MHz ili 1800 MHz. Iako je unutar samoga naziva sustava riječ "global", GSM se koristi samo u Europi. Neki od sustava koji se koriste u ostalim državama, s malim razlikama, a temeljene na istoj tehnologiji su: *Digital (AMPS)* u Sjedinjenim Američkim Državama i *Japanese Digital Cellular (JDC)* sustav u Japanu i Aziji. Američka mreža mobilne telefonije koristi frekvencijski pojas od 1900 MHz za razliku od Europskog GSM sustava koji koristi frekvencijski pojas od 1800 MHz. U GSM sustavima, digitalni prijenos podataka (uključujući mjerenje prijenosa podataka) samo je jedna od nekoliko funkcija mobilne telefonije dok je glavna funkcija glasovni prijenos. U razvoju mobilnih telekomunikacija korak naprijed je bila implementacija *General Packet Radio Service (GPRS)* u GSM. Značajna nadogradnja osnovnih GSM mreža bila je potrebna za pokretanje novih podatkovnih usluga prijenosa. Također, u nove mobilne uređaje trebala je biti implementirana nova tehnologija kako bi podržavali GPRS. GSM mreže s GPRS-om nazivaju se 2.5G mobilni komunikacijski sustavi. Implementacija sustava treće generacije (3G) koji se naziva *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)*, koji radi u frekvencijskim pojasevima od 1950 MHz i 2150 Mhz je važan napredak u bežičnom prijenosu podataka. Sustav treće generacije (3G) odlikuje visoka vrijednost brzine prijenosa podataka (do 2Mbps), globalni pristup (osim kod pokrivenosti mreže mobilne telefonije, sustav mora biti dostupan preko satelita), mogućnost međudjelovanja s *Public Switched Telephone Networks (PSTN)*, uključujući mrežu *Broadband-Integrated Services Digital Network (BISDN)*. Iako se GSM može koristiti za prijenos podataka, maksimalna brzina

prijenosa je ograničena parametrima radio sučelja, koja obično ne prelazi 9,6 kbps s jednim korištenim kanalom. Prijenos podataka i struktura GSM sustava prikazana je na slici 2.1. [4]



Slika 1. GSM struktura sustava

Sustav se sastoji od mobilnih stanica, bazne stanice s kontrolerima, *switching* sustava, operacijski i sustav podrške te sučelje s drugim telekomunikacijskim sustavima.

Mobilne stanice (MS), poznate kao mobilni uređaji, su u radio komunikaciji s baznim stanicama. Primarna funkcija mobilne stanice je ista kao i kod klasičnog telefona, ali sa sve više i više funkcija kao što su mogućnost procesuiranja podataka(kalkulator) te prijenosa putem telefonske mreže. Mobilna stanica sastoji se od dvije osnovne komponente: *Mobile Terminal (MT)* i *Subscriber Identity Module (SIM)*. Svaki mobilni terminal ima jedinstveni broj, koji se naziva *International Mobile Equipment Identity (IMEI)*, koji omogućuje identifikaciju mobilnog telefona u globalnoj mreži. SIM je zamjenjiva pametna kartica.

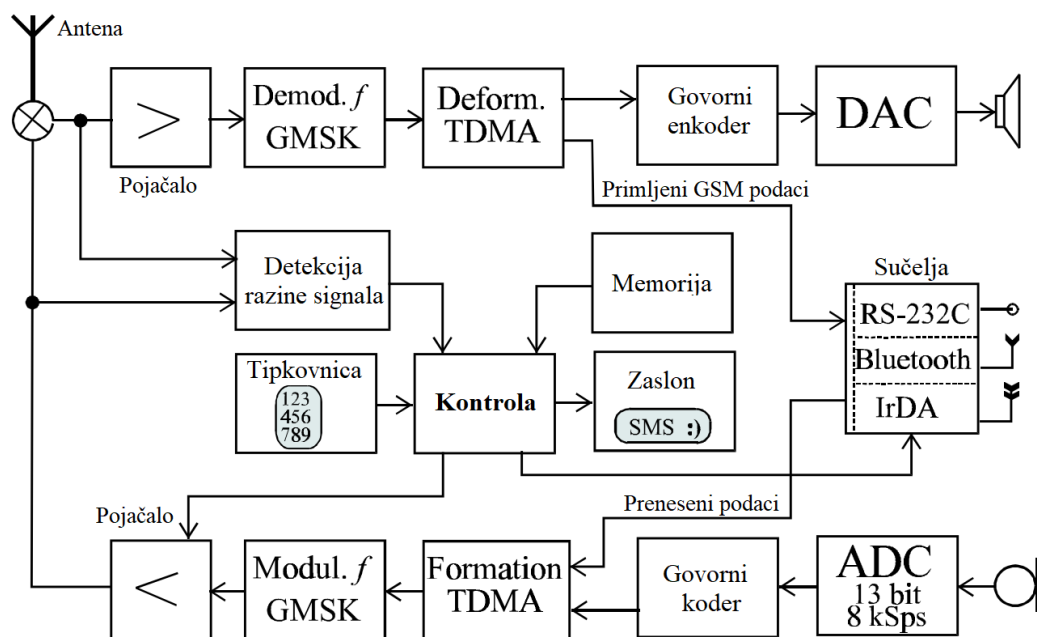
*Base Station System (BSS)* je sustav baznih stanica koji se sastoji od niza instaliranih baznih stanica na stupovima ili tornjevima i kontrolera bazne stanice. Bazne stanice rade u frekvencijskim pojasevima od 900, 1800 ili 1900 MHz. Svaka bazna stanica opremljena je antenom, radiovalnim prijemnikom i odašiljačem te radio signalne procesorske jedinice.

Svaki kontroler bazne stanice povezan je s nekoliko baznih stanica (obično putem električnog kabela ili optičkog vlakna, iako se može koristiti i radio veza). Kontroler mijenja kanale za svaku stanicu, kontrolira snagu mobilne stanice i odašilje signale u oba smjera između baznih stanica i centra mobilnog sustava.

*Switching System* sastoji se od mobilnog sklopnog centra (MSC) i baze podataka, kao i hardvera i softvera koji su potrebni za komunikaciju mobilne mreže s drugim sustavima mobilnih telefona. Baza podataka sadrži informacije o lokalizaciji mobilnog uređaja kao i podatke potrebne za autorizaciju i identifikaciju korisnika. Prijenos u GSM sustavu izvodi se duplex načinom rada, koji uključuje dvostrani (duplex) prijenosni kanal.

### 2.1.2 Prijenos podataka temeljen na GSM mreži

GSM sustav može se koristiti i za digitalni prijenos podataka. To je u potpunosti digitalni sustav mobilnih telefona druge generacije dizajniran za prijenos audio signala (glas) te potpuno digitalni prijenos podataka. Kako bi digitalni prijenos unutar GSM mreže bio moguć, sve komponente sustava, uključujući mobilne stanice (telefone), moraju biti sposobne za prijenos digitalnih podataka. Na slici 2 prikazan je blok dijagram tipičnog mobilnog telefona.

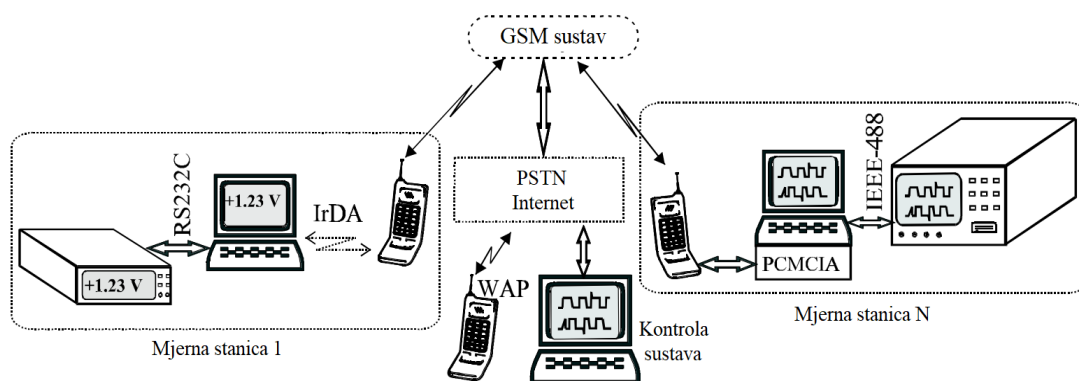


Slika 2. Blok dijagram mobilnog telefona

Telefonski krug uključuje liniju za obradu glasa iz mikrofona do antene i prijemnu liniju od antene do zvučnika. Osim funkcionalne jedinice unutar tih linija, telefonski krug mora sadržavati kontrolni sustav, memoriju, jedinicu za prikaz, ključeve i sučelje za komunikaciju s eksternim digitalnim uređajima, uključujući računala. Prikazana slika 2. ne uključuje pomoćne sklopove koji mobilnom telefonu pružaju dodatne funkcionalnosti kao što su kamera, MP3 uređaj za reprodukciju datoteka, mjerač razine buke,... [4] [7]

### 2.1.3 Distribuirani mjerni sustavi temeljeni na GSM mreži

Mogućnost prijenosa podataka putem GSM mreže može se koristiti u distribuiranim mjernim sustavima. Slika 3. prikazuje opći dijagram takvog sustava temeljenog na GSM mreži, koji se sastoji od niza digitalnih mjernih stanica i samog centra sustava. Svaka mjerna stanica opremljena je digitalnim instrumentom (ili više njih), računalom i mobilnim telefonom. Digitalni instrumenti su povezani s mobilnim telefonom putem računala. Digitalni instrumenti mogu se povezati s mobilnim telefonom izravno, bez računala, ali zahtijeva poseban sustav sučelja. Obično su instrumenti sustava povezani s računalom kroz standardna sučelja, kao što je RS-232C serijsko sučelje za digitalni voltmetar ili paralelno sučelje IEEE-488 za digitalni osciloskop. Neke od prednosti posredničke uloge računala u digitalnom prijenosu podataka iz instrumenta u mobilni telefon je mogućnost obrade mjernih podataka prije prosljeđivanja u centar sustava. [7]

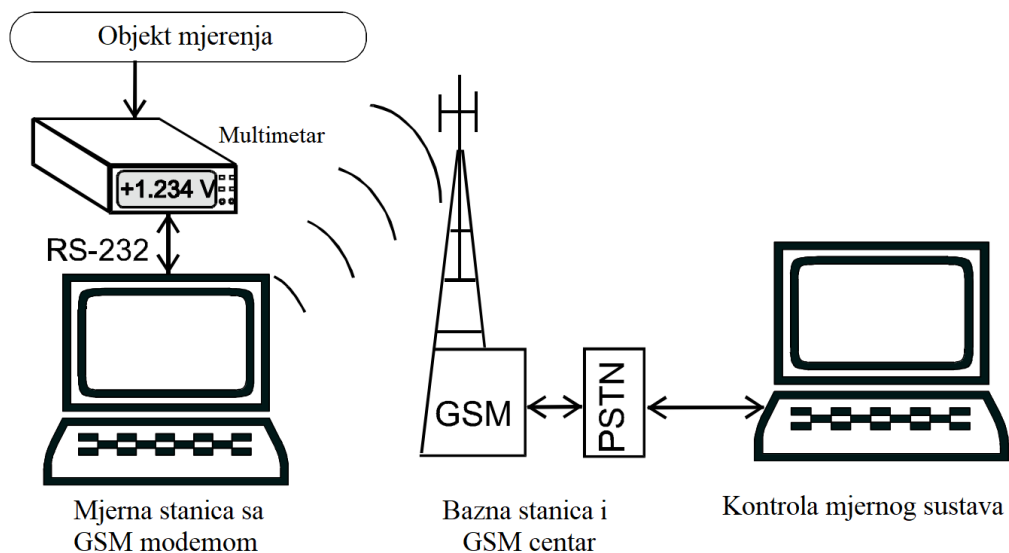


Slika 3. Blok dijagram distribuiranog mjernog sustava s prijenosom podatak putem GSM mreže

Digitalni podaci prenose se na računalo u mjernom centru sustava , bilo putem stacionarne telefonske mreže ili putem Interneta. U drugom slučaju, podaci se mogu primiti i putem mobilnog telefona koji omogućuje pristup Internetu putem WAP protokola. Poseban problem je prijenos podataka između računala i mobilnog telefona unutar mjerne stanice. Električni kabel, irDA veza ili Bluetooth radio veza može se koristiti kao fizički medij za ovaj prijenos.

#### *2.1.3.1 Mjerni sustav temeljen na GSM mreži – Tehnološko sveučilište u Poznau*

Mjerni sustav s digitalnim prijenosom podataka temeljenim na GSM mreži u HSCSD načinu rada(slika 4.) dizajniran, opremljen softverom i testiran je na Tehnološkom Sveučilištu u Poznau 2001. godine. Mjerni sustav sastoji se od centralnog dijela i mobilne mjerne stanice. Centralni dio sustava je računalo koje je spojeno na stacionarnu telefonsku mrežu pomoću modema. Mjerna stanica opremljena je digitalnim multimetrom spojenim na Toshiba prijenosno računalo putem RS-232 sučelja. Nokia Card Phone 2 koristi se kao mobilni telefon(Slika 5.). Rad mjernog sustava organiziran je s dva algoritma, jedan koji se odnosi na centralni dio sustava, a drugi na mjernu stanicu. Algoritmi pružaju osnovu za upravljački softver koji je napisan u HP VEE 6 programskom jeziku za upravljanje centralnog dijela sustava i mjerne stanice. Standardne AT naredbe se koriste za upravljanje modemom. Nakon što je telefonska veza uspostavljena između računala(vrijeme postavljanja veze je 18 do 40 sekundi), mjerni podaci, kao i upravljačke naredbe mogu se prenositi dvosmjerno u HSCSD načinu rada između centralnog dijela sustava i samog instrumenta. [4]



*Slika 4. Mjerni sustav temeljen na GSM mreži s HSCSD prijenosom podataka, dizajniran na Tehnološkom Sveučilištu u Poznau*



*Slika 5. Nokia Card Phone 2*

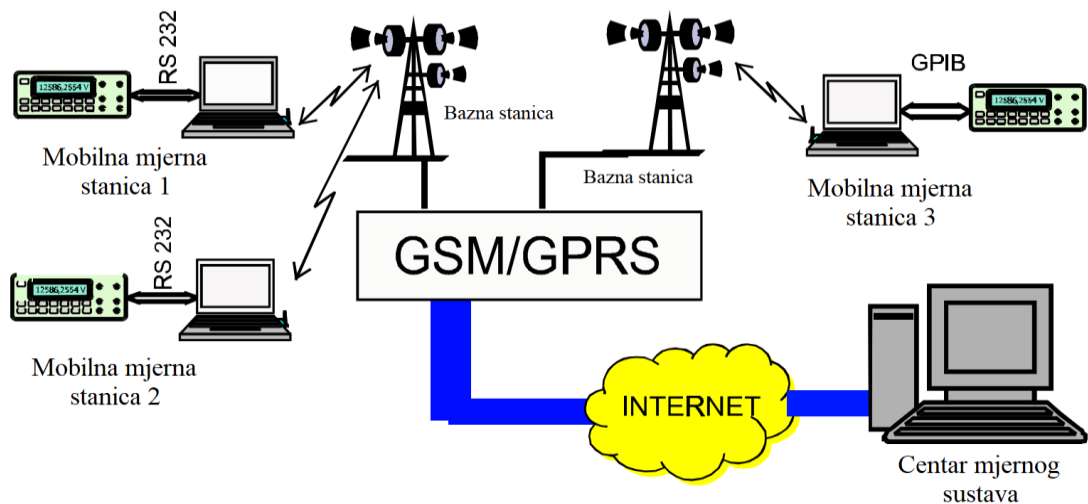
Centralni dio sustava radi u prijenosnom ili promatračkom načinu rada. U prijenosnom načinu rada, centralni dio sustava može povezati mjerne terminale. U komunikaciji s mjernom stanicom, centralni dio postavlja mjerne parametre, kao što su izmjerena količina, broj mjerenja unutar niza i razdoblje ponavljanja. Potrebna mjerenja zatim obavlja mjerna stanica, a rezultate šalje u centralni dio. Prema zadatku unutar HP VEE softvera, mjerne podatke bilježi centralni dio sustava i vizualizira kao vremensku funkciju. Grafički prikaz mjernih podataka izvodi se nakon automatskog prijenosa rezultata u programu MS Excel. [1]



U promatračkom načinu rada, sustav čeka vezu pokrenutu od strane mjerne stanice. Svaka mjerna stanica može poslati zahtjev za prijenos podataka. Prema odgovarajućem upravljačkom algoritmu, mjerna stanica povezuje se sa centralnim dijelom sustava s ciljem prijenosa izmjerenih podataka u dva slučaja:

- a) Kada je prijenos podatka programiran (npr. radnja se izvodi svakih sat vremena)
- b) Kada se prekorači postavljena granična vrijednost izmjerene količine (alarmni način rada)

Mjerne stanice rade u lokalnom ili daljinskom načinu rada. U daljinskom načinu rada, izvršena mjerenja kontrolira centar sustava, a svaki rezultat mjerenja odmah se prenosi u centralni dio. Digitalna brzina prijenosa podataka u PUT mjernom sustavu je 28.8 kbps u oba smjera (u HSCSD načinu rada), koji uključuje korištenje dvaju kanala za prijenos i dva kanala za prijem. Veća stopa podataka (do 43.2 kbps) mogući su u prijenosu putem Interneta ili stanice za prijem podataka povezanu na ISDN (*Integrated Services Digital Network*). U sljedećoj verziji distribuiranog mjernog sustava s prijenosom podataka preko GSM mreže, multimeter je zamijenjen s NI DAQ Card 6024E, a to je PCMCIA mjerna ploča koja se sastoji od ADC-a (*Analog-to-digital converter*) razlučivosti 12 bita i maksimalnim *Sampling rate*-om od 200 kSps. Sustav je korišten za mjerenja signala s audio frekvencijama. Svaki rezultat mjerenja bio je riječ od 2 bajta. On-line prijenos podataka proveden je ispravno i bez kašnjenja za *Sample rate* i do 1.600 Sps. Viši *Sample rate* uzrokuje kašnjenje u prijenosu podataka, zbog ograničene dinamike GSM mreže. U distribuiranom mjernom sustavu temeljenom na GSM mreži može se također koristiti GPRS tehnologija prijenosa. GPRS omogućuje komutaciju paketa putem Interneta umjesto komutacije kanala. Način prijenosa i vrijeme prijenosa nisu određeni. Paket s mjernim podacima može biti isporučen prvo u centar mjernog sustava. Mjerni sustav s GPRS prijenosom je razvijen i testiran na Poznan Sveučilištu Tehnologija. Sustav se sastoji od 3 mobilne mjerne stanice i mjernog centralnog sustava s računalom koji ima pristup Internetu. [5]



Slika 6. Distribuirani mjerni sustav temeljen na GSM mreži i GPRS prijenosom podataka

Mjerne mobilne stanice u sustavu bile su GSM/GPRS modemi s PCMCIA karticom. Prosječna brzina prijenosa u sustavu bila je 15 kbps, a prosječno razdoblje prijenosa podatkovnog paketa s 1000 uzoraka bilo je otprilike 1 sekunda, s maksimalnim razdobljem od 3 sekunde.

#### 2.1.4 Mjerni sustavi s prijenosom podataka putem SMS poruka

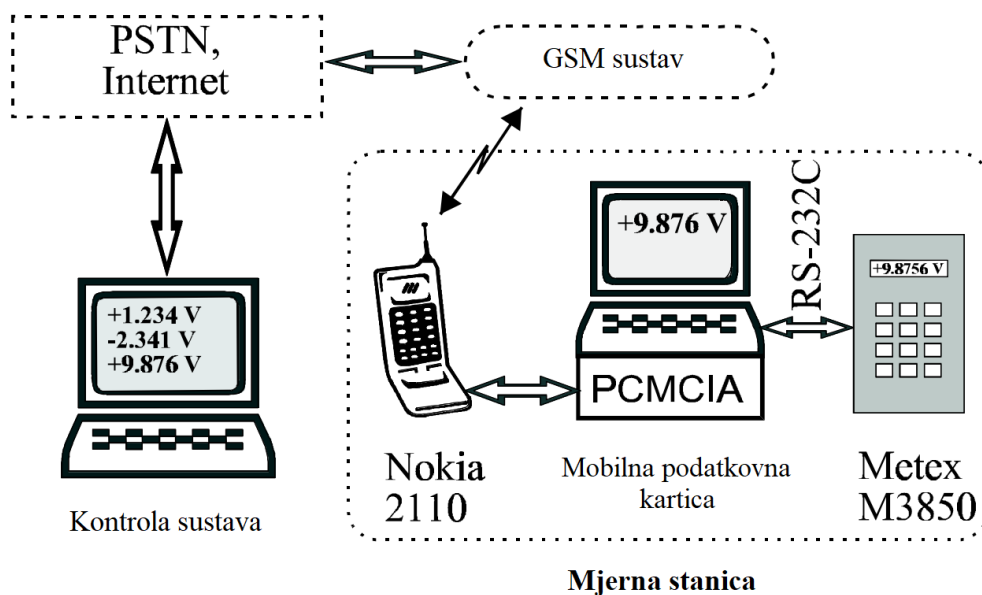
Put SMS poruke od računala u mjernoj stanici do SMS centralnog dijela (ili SMS-C, u GSM centralnom dijelu) može se podijeliti u dvije sekcije s različitim prijenosnim protokolima. Prva ruta je od terminalnog adaptera (računalo) do mobilnog telefona. Budući da ne postoji standardni protokol za prijenos digitalnih podataka između takvih uređaja, postoji mnogo slobode u izboru samog protokola, a proizvođači telefona nisu uvijek spremni otkriti protokole koji se koriste u njihovim modelima mobilnih uređaja. Drugi dio rute poruke je iz mobilnog uređaja u SMS-C. U tome dijelu rute SMS podaci se prenose u *Protocol Data Units (PDU)*. Postoje dvije vrste *Protocol Data Units*:

- SMS-SUBMIT vrsta, prijenos SMS poruke s mobilnog telefona u SMS-C;
- SMS-DELIVER vrsta, prijenos SMS poruke s SMS-C na mobilni telefon.

Oblici obje *Protocol Data Units* vrste su prikazane na slici 7. Siva *User Data(UD)* polja sadrže SMS tekstualnu poruku veličine od 0 bajtova (prazna poruka) do 140 bajtova. Ostali *PDU* formati za prijenos SMS poruka sadrže:

- *PDU* vrsta, navodeći radi li se o *PDU* vrste *DELIVER* ili *SUBMIT*, ovisno o tome da li je prijenos poruke plaćen od strane pošiljatelja ili primatelja poruke i da li je zatraženo izvješće o isporuci;
- *Message Reference (MR)* broj (0 do 255);
- *Destination Address (DA)*, telefonski broj primatelja;
- *Originator Address (OA)*, telefonski broj pošiljatelja;
- *Protocol Identifier (PID)*, određuje vrstu podataka (tekst, teleks ili faks);
- *Data Coding Scheme (DCS)* koja je korištena;
- *Validity Period (VP)*, maksimalno vrijeme pohrane poruka u SMS-C u slučaju neuspješne isporuke;
- *User Data Length (UDL)*, duljina poruke;
- *Service Center Time Stamp (SCTS)*, vrijeme prijema poruke putem SMS-C

Blok dijagram mjernog sustava temeljenog na prijenosu podataka SMS porukama prikazan na slici 7. Digitalni M3850 multimetar unutar mjerne stanice i računalo u daljinskom centralnom dijelu sustava su terminali sustava za mjerenje. Mjerenjima upravlja prijenosno računalo koje je povezano na digitalni multimetar kroz RS-232C sučelje. Parametri RS-232C prijenosa se određuju digitalnim signalom koji dolaze iz multimetra. [2]



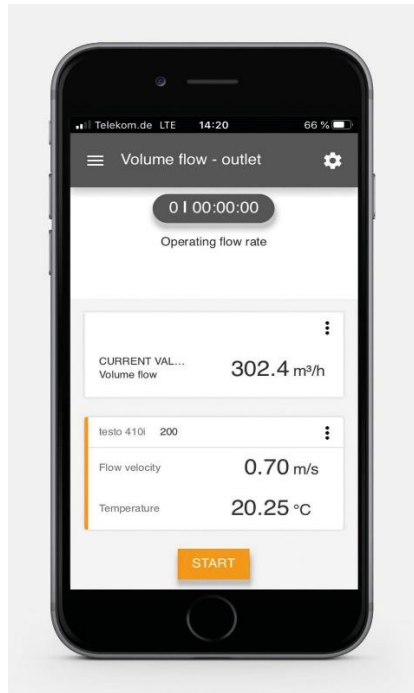
*Slika 7. Blok dijagram distribuiranog mjernog sustava temeljenom na prijenosu podataka preko GSM mreže*

Parametri prijenosa podataka između multimetra Metex M3850 i prijenosnog računala:

- 7-bitni SDU, ASCII znakovlje;
- 2-bitni stop;
- Nema paritetnog bita za kontrolu pogreške;
- Brzina prijenosa podataka od 1.200 bps.

Skup podataka koji šalje multimetar sadrži 14 SDU (znakova) i prenosi pojedinačni rezultat mjerenja; 14. znak je CR, završni prijenosni okvir. Model mobilnog uređaja koji se koristi u mjernom sustavu je Nokia 2110 koja je MT1 vrste i stoga zahtijeva terminalni adapter kako bi podržavao prijenos podataka. Parametri prijenosa podataka između mobilnog uređaja (Nokia 2110) i prijenosnog računala su sljedeći:

- 8-bitni SDU, ASCII znakovlje;
- 2-bitni stop;
- Nema paritetnog bita za kontrolu pogreške;
- Brzina prijenosa podataka od 115.2 kbps.



*Slika 8. Primjer pametnog mobilnog uređaja koji se može koristiti u mjernom sustavu*

Mjerenja provedena digitalnim multimetrom kao i prijenos rezultata kontrolira SmsMeter 2000, računalni softver napisan programskim jezikom Visual Basic 6. Tijekom testiranja, sustav se pokazao sposobnim za prikupljanje i prijenos serijskih mjernih podataka sa *Sampling period*-om od najmanje 10 sekundi i tako je mogao nadzirati objekte koji se ne mogu povezati na stacionarnu telefonsku mrežu. Iako digitalni prijenos podataka putem GSM mreže može pružiti osnovu za rad distribuiranog mjernog sustava sljedeća dva ograničenja su nametnuta zbog niske brzine prijenosa podataka (čak i u HSCSD načinu rada):

- Online nadzor rezultata ili daljinsko upravljanje mjerenja zahtijeva umjerenu dinamiku mjernih procesa;
- Rezultati mjerenja ne mogu se prenositi u velikim datotekama, što ograničava izbor instrumenata, kao što su voltmetri ili frekventometri.

## 2.1.5 Univerzalni Mobilni Telekomunikacijski Sustavi i prijenos mjernih podataka

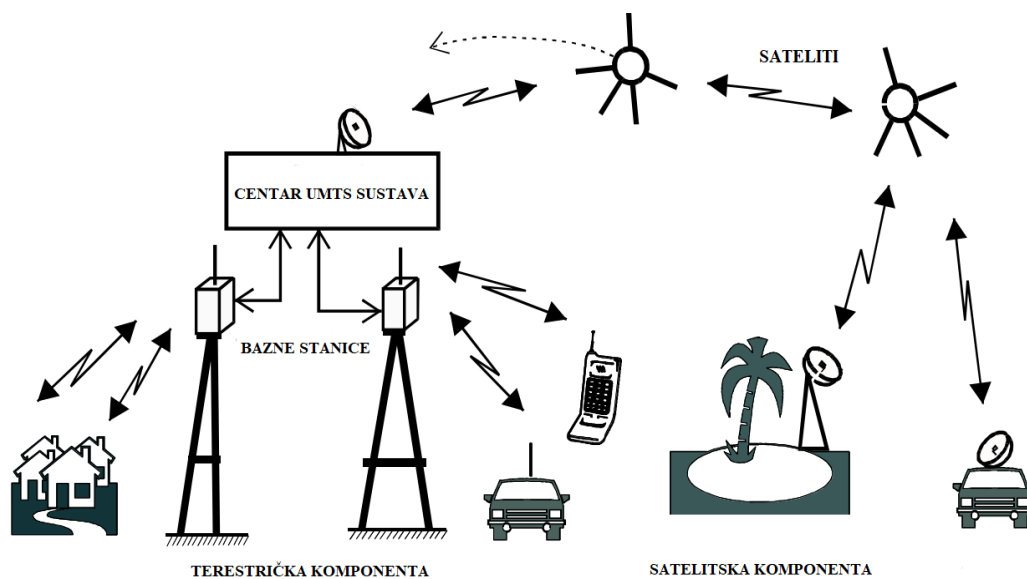
### 2.1.5.1 UMTS – Opće značajke

Karakteristična značajka 1G sustava mobilnih telefona je analogna glasovna obrada; 2G sustavi koriste potpuno digitalne prijenosne linije. Željena karakteristika 3G bežične komunikacijske mreže je da omogući i osigura uvjete za *Personal Communications Network(PCN)*. Značajke PCN mreže:

- Zasebni korisnički broj koji će se koristiti u bilo kojoj telefonskoj mreži;
- Individualna skupina usluga koje se pružaju na bilo kojem mjestu i od strane bilo kojeg operatera;
- Globalni pristup mreži.

Važan korak u razvoju tehnologija bežičnog prijenosa podataka je razvoj novog UMTS sustava, 3G sustava mobilne telefonije koji radi u frekvencijskim pojasevima od 1.950 i 2.150 MHz. UMTS razvija Institut za telekomunikacijske standarde(ETSI). Uz UMTS, paralelni 3G sustav mobilne telefonije pod nazivom *International Mobile Telecommunications 2000(IMT 2000)* razvija Međunarodna telekomunikacijska Unija(ITU).

Struktura UMTS sustava određena je širokom uporabom i globalnim pristupom sustavu. Nenaseljena područja, kao što su pustinje ili oceani, kao i područja u kojima je gustoća naseljenosti poprilično niska, moraju biti pokrivena ćelijama koje su sposobne djelovati na velikom području ili makroćelijama koje koriste sustav satelitske komunikacije organiziran unutar UMTS sustava. U drugim dijelovima svijeta, UMTS se temelji na zemaljskoj komunikacijskoj mreži. Područja sa velikom gustoćom naseljenosti, kao što su poslovne zone ili zračne luke su pokrivena malim baznim stanicama ili mikroćelijama kako bi se osigurala dostupnost sustava svakom potencijalnom korisniku. U regijama sa srednjom gustoćom naseljenosti se koriste srednje velike stanice s područjem djelovanja ovisno o očekivanom telekomunikacijskom prometu. UMTS sustav se sastoji od terestričke i satelitske komponente kao što prikazuje slika 9.



Slika 9. Slikovni dijagram UMTS 3G bežičnog komunikacijskog sustava

#### 2.1.5.2 Digitalni prijenos podataka

Neke od telefonskih usluga i usluga prijenosa podataka koje se pružaju unutar UMTS sustava je naveden u tablici 1. Vrlo važan čimbenik za tehnologije mjerenja je značajno povećanje brzine prijenosa podataka, s 9.8 kbps (GSM brzina prijenosa), na otprilike 2 Mbps uporabom UMTS sustava.

Usluga	Brzina prijenosa podataka	Stopa pogreška bita
Telefonske usluge	8 do 32 kbps	$10^{-4}$
Usluge video poziva	64 do 384 kbps	$10^{-7}$
Prijenos podataka u audio frekvencijskom pojasu	2.4 do 64 kbps	$10^{-6}$
SMS i pozivi	1.2 do 9.6 kbps	$10^{-6}$
Digitalni prijenos podataka	64 do 1.920 kbps	$10^{-6}$
Pristup bazi podataka	2.4 do 768 kbps	$10^{-6}$

Daljinsko upravljanje	1.2 do 9.6 kbps	$10^{-6}$
--------------------------	-----------------	-----------

*Tablica 1. UMTS usluge prijenosa podataka*

Prednosti 3G bežičnih komunikacijskih sustava:

- Visoke brzine prijenosa podataka ( do 2 Mbps unutar UMTS sustava i do 20 Mbps u IMT-2000);
- Globalni pristup (osim pokrivenosti mrežom mobilnih telefona, sustav je dostupan putem komunikacijskih satelita);
- Mogućnost rada u među djelovanju s fiksnim mrežama, uključujući digitalnu telefonsku tehnologiju (B-ISDN).

Zahvaljujući UMTS sustavu, ograničenja prilikom prijenosa mjernih podataka su znatno smanjena za razliku od prijenosa podataka putem GSM mreže.

Mjerni sustav koji za prijenos mjernih podataka koristi UMTS mrežu omogućuje praćenje dinamičnijih procesa i upotrebljavanje složenijih digitalnih instrumenata koji isporučuju više bitne mjerne rezultate. Budući da UMTS omogućuje mnogo veće brzine prijenosa podataka od onih dostupnih u CSD ili GPRS načinima rada unutar GSM mreže, prijenos velikih mjernih podataka je brži u sustavima za prikupljanje podataka koji koriste UMTS mrežu. Na primjer, usporedimo očekivano minimalno vrijeme potrebno za prijenos datoteke od 1 MB pomoću različitih načina prijenosa:

- 14 minuta u "običnom" CSD načinu prijenosa putem GSM mreže (s brzinom prijenosa podataka od 9.6 kbps);
- 1 minutu i 10 sekundi u GPRS načinu prijenosa podataka u obliku paketa putem GSM mreže (s brzinom prijenosa podataka od 115 kbps);
- 20.8 sekundi u EDGE načinu prijenosa podataka putem nadograđene GSM mreže (s brzinom prijenosa podataka od 384 kbps);
- 4.6 sekundi u UMTS digitalnom prijenosu podataka (s brzinom prijenosa podataka od 1.920 kbps).



Vrijeme prijenosa mjernih podataka često je presudan faktor u odabiru načina prijenosa. Kao eksperiment, sadržaj 8 bitnog zaslona digitalnog osciloskopa je prenesen u bitmap datoteci putem RS-232C standarda na Tehnološkom sveučilištu u Poznanu; s brzinom prijenosa podataka od 19.2 kbps, prijenos je trajao otprilike 3 minute. Tako duga vremena prijenosa su neprihvatljiva u većini online mjernih sustava. Instrumenti koji se koriste u mjernom sustavu temeljenom na UMTS mreži mogu se distribuirati po cijelom svijetu. UMTS mreža može se koristiti prilikom geofizičkih i astroloških pokusa te zapažanja koja uključuju istovremena mjerenja na različitim točkama na Zemlji. Također pruža mogućnost korištenja neprenosive opreme u laboratorijima kojima se upravlja daljinskim putem. Kontrola opreme i prijenos mjernih podataka je moguć zahvaljujući prijenosu digitalnih naredbi i mjernih podataka putem UMTS mreže mobilnih telefona.

#### *2.1.5.3 Pozicioniranje mobilnih stanica u UMTS mreži*

Usvojeni UMTS standardi uključuju mobilnu stanicu (ili mobilni telefon) s funkcijom pozicioniranja. Danas se koristi nekoliko autonomnih sustava za pozicioniranje objekata, najrasprostranjeniji je Globalni sustav pozicioniranja (GPS), Američki globalni satelitski sustav s prostornom razlučivosti od 10 metara diljem svijeta. Sustavi pozicioniranja koriste se za sljedeće svrhe:

- Pomorska i kopnena navigacija;
- Nadzor voznog parka kamiona po transportnim bazama;
- Lociranje skupih automobila (npr. u slučaju krađe);
- Optimizacija kontrole prometa;
- Inženjerski radovi (posebice geodezija).

UMTS pozicioniranje ima dvije osnovne prednosti u odnosu na autonomne sustave pozicioniranja:

- Nema ulaganja u infrastrukturu sustava i nije potrebna zasebna oprema (prijemnici);

- Uz podatke o pozicioniranju mogu se pružiti i dodatne informacije.

Pozicioniranje mobilnih stanica u UMTS mreži može se koristiti za:

- Komercijalne svrhe, kao što je slanje SMS poruka s informacijama o benzinskim pumpama u blizini;
- Namjenske sustave, kao što je prijenos mobilnih stanica (između baznih stanica) ili nadzor količine prometa;
- Svrhe javne sigurnosti (npr. pronalaženje ili praćenje koje su pod sumnjom).

Metode pozicioniranja UMTS mobilnih stanica definirane su standardima sustava. Koriste se tri neovisne metode pozicioniranja:

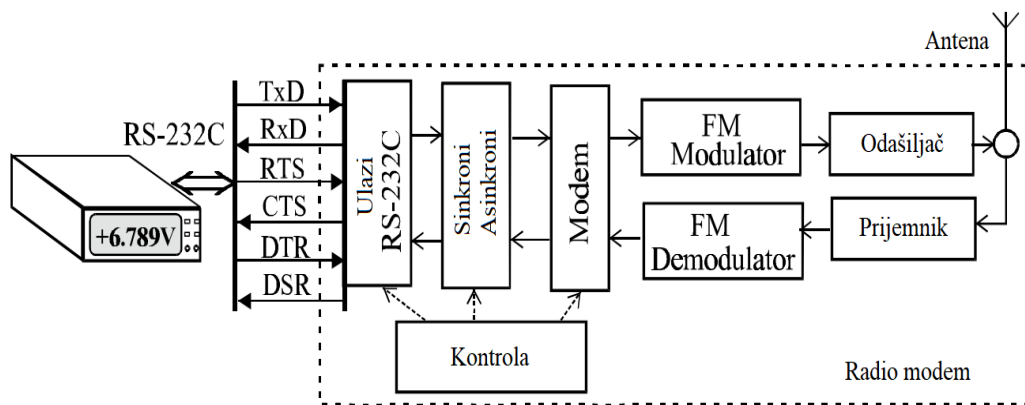
- Mjerenje razine i povratnog vremena signala (RTT), što je vrijeme potrebno za signal da dođe od mobilne stanice do bazne stanice (uplink signal) i od bazne stanice natrag do mobilne stanice (downlink signal);
- OTDOA pozicioniranje, na način da se mjeri razlika dolaska signala na mobilnu stanicu koja se pozicionira s najmanje 3 obližnje bazne stanice kojima upravlja isti kontroler;
- GPS pozicioniranje pomoću ugrađenog GPS prijemnika u mobilnu stanicu.

## **2.2 MJERNI SUSTAVI TEMELJENI NA RADIO MODEMIMA**

### **2.2.1 Radio modemi i radio kanali**

U prijenosu mjernih podataka na udaljenostima od otprilike 100 metara do 100 kilometara, radiokomunikacija putem namjenskih (ne telefonskih) kanala pruža alternativu komunikacijskim sustavima koji se temelje na žičanim (PSTN) ili bežičnim (GSM) telefonskim mrežama. Ključne komponente takvih radio komunikacijskih sustava su radio modemi. Radio modem sastoji se od odašiljača, prijemnika i pretvarača signala u kojima se

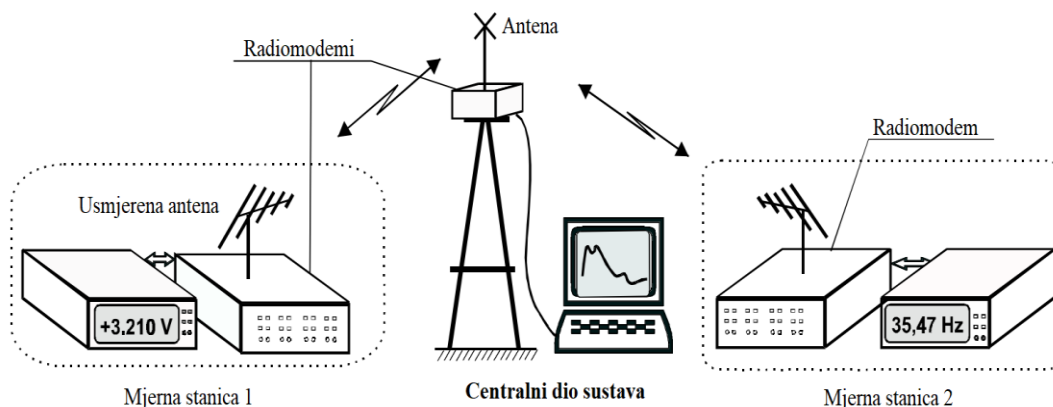
digitalni podaci pretvaraju u radio signal za odašiljanje dok se dolazni radio signali pretvaraju u digitalne podatke potrebnog standarda. Određeni radio modemi (npr. Radmor 7004) opremljeni su s perifernim jedinicama za glasovni prijenos. Radio modemi (npr. Radmor 3705) s odgovarajućim digitalnim modulom mogu se koristiti za digitalni prijenos podataka. Blok dijagram radio modema prikazan je na slici 10.



Slika 10. Blok dijagram radio modema i dijagram toka podataka

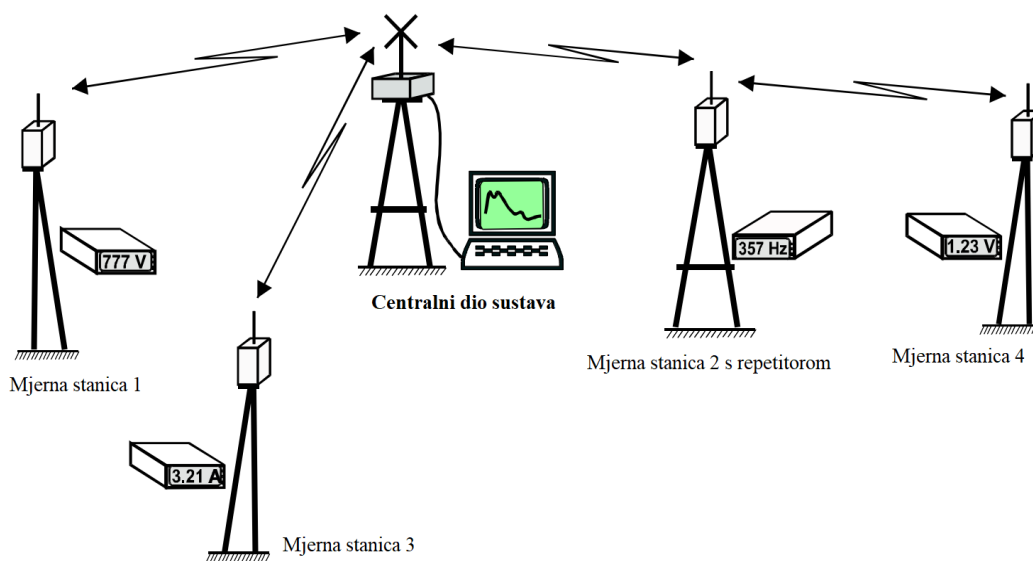
## 2.2.2 Radio modemi u mjernim sustavima

Mjerni sustav koji se temelji na radio modemu s prijenosom podataka putem radio kanala se sastoji od centrale u kojem se podaci prikupljaju i obrađuju, te brojnih mjernih stanica koje komuniciraju sa centralom preko radio modema.



Slika 11. Mjerni sustav s radio modemima i prijenosom podataka putem radio kanala

Kao što se može vidjeti na slici 11., svaka mjerna stanica je opremljena radio modemom i usmjerenom antenom koja omogućuje smanjenje prijenosne snage, osjetljivost odašiljača na smetnje kao i odašiljanje signala u neželjenom smjeru. Signali koji se prenose unutar mjernog sustava predstavljaju interferenciju za vanjske prijemnike. Usmjereni prijenos signala također smanjuje rizik od neovlaštenog prikupljanja podataka. Prijenos podataka putem ne telefonskog radio kanala je sigurniji od prijenosa putem javne telefonske mreže. Međutim, prilikom korištenja radio modema u mjernim sustavima postoji mogućnost da dođe do problema kao što su nestabilna veza ili prekidi u vezi. Budući da može doći do navedenih problema, preporučuje se korištenje alata za dijagnostiku sustava. U tome slučaju se može koristiti radio telefon koji omogućuje jednostavan pregled radio kanala. Problem loše kvalitete veze i ograničenog područja sustava može se riješiti korištenjem mjernih stanica kao repetitora kao što je prikazano na Slika 12.



*Slika 12. Mjerni sustav temeljen na radio modemu s dvije vrste mjernih stanica*

U sustavu prikazanom na slici 12. mjerna stanica 2 koristi se za reemitiranje odnosno prosljeđivanja signala. Prenosi podatke iz mjerne stanice 4 u centar sustava. U suprotnom smjeru prijenosa, naredbe adresirane na bilo koju mjernu stanicu 2 ili 4 prima mjerna stanica 2 iz centralnog dijela sustava. Osim adrese mjerne stanice 2, u svaku poruku koja se prenosi potrebno je unijeti dodatne podatke, navodeći hoće li naredba iz poruke biti izvršena od strane stanice 2 ili će biti prosljeđena na stanicu 4. Tu razliku bi trebao omogućiti korišteni komunikacijski protokol. Stoga, mjerni ili tele mehanički sustavi s

repetitorima uključuju različite komunikacijske protokole za razliku od sustava koji ne koriste opciju reemitiranja odnosno prosljeđivanja.

Za razliku od prijenosa podataka putem GSM javne mobilne mreže, parametri prijenosa putem radio modema, kao što su frekvencija vala nosioca, modulacijska vrsta, vrsta prijenosa, protokol prijenosa ili kodiranje podatka nisu dostupni vanjskim korisnicima. Štoviše, nema kašnjenja u prijenosu podataka putem radio modema od mjerne stanice do centralnog dijela sustava, a posebno u prijenosu naredbi iz centralnog dijela sustava u mjernu/kontrolnu stanicu.

### **2.2.3 Distribuirani mjerni sustavi s radio prijenosom temeljeni na GSM mreži u odnosu na radio modeme**

Sljedeće čimbenike treba uzeti u obzir kako bi se usporedili mjerni sustavi temeljeni na GSM mreži u odnosu na mjerne sustave temeljene na radio modemima, oba sustava koriste radio valove za prijenos podataka:

- Potrebna pokrivenost
- Maksimalna brzina prijenosa podataka
- Prihvatljivo vrijeme uspostavljanja veze
- Razina sigurnosti podataka
- Broj mjernih stanica
- Trošak implementacije komunikacijskog sustava
- Pretpostavljeni operativni trošak sustava za određeni obujam prijenosa podataka

Također treba uzeti u obzir i mjesta te uvjete u kojima se koriste mjerni sustavi. Distribuirani mjerni/kontrolni sustavi s prijenosom podataka putem radio veze koriste se uglavnom u vodovodima, sustavima kanalizacije te elektroenergetskim i plinskim mrežama. Iako elektroenergetski sustavi koriste komunikaciju putem žice, kao potpora u slučaju kvara prisutni su i alternativni komunikacijski sustavi.

Zbog velike pokrivenosti GSM mreže, nudi daleko veći komunikacijski raspon od komunikacijskih sustava temeljenih na radio modemima. Osim toga, globalni roaming omogućuje prijenos podataka unutar mjernog sustava temeljenog na GSM mreži do međunarodnih razmjera.

U mjernim sustavima temeljenim na prijenosu podataka putem radio modema raspon prijenosa podataka je ograničen maksimalnim vrijednostima prijenosne snage i visine postavljene antene, kao i uvjetima u kojima se valovi šire u prostoru. Obično raspon takvog sustava (tj. maksimalna udaljenost između dvije stanice) nije veći od 50 kilometara.

GSM mreža omogućuje veće brzine prijenosa podataka, isporučujući 53 kbps u GPRS i 56 kbps u HSCSD načinu prijenosa podataka. Implementacija EDGE načina rada kao i UMTS tehnologije u GSM mrežu je značajan iskorak u prijenosu podataka kod sustava temeljenim na prijenosu putem mobilne mreže uz brzine prijenosa od 384 kbps do 1920 kbps. Radio modemske sustavi omogućuju brzinu prijenosa podataka od 1200 bps do 19.6 kbps s propusnim opsegom kanala od 12.5 kHz.

Nedostatak prijenosa podataka putem javne telefonske mreže je kašnjenje, što je posljedica *switching-a*. Iz prakse je poznato da prijenos putem *switched* linije može zakazati zbog privremene preopterećenosti mreže. U sustavima koji koriste radio modeme za prijenos, nema kašnjenja kod prijenosa podataka s mjerne stanice u centralni dio sustava kao ni kod prijenosa naredbi iz centralnog dijela sustava u mjernu/kontrolnu stanicu, pri čemu je svaki prijemnik neprekidno dostupan.

Što se tiče razine sigurnosti podataka, prijenos podataka je sigurniji kod prijenosa putem radio modema. Frekvencija vala nosioca, modulacija, prijenos i kodiranje podataka koji se koriste su parametri koji su svaki za sebe u mreži koja koristi radio modeme. Štoviše, mogućnost usmjerenog prijenosa radio signala smanjuje rizik od presretanja signala te neovlaštenog prikupljanja podataka. Za razliku od iznad navedenih značajki, signali koji se prenose u GSM mreži trebaju biti opće dostupni kao i protokoli koji se koriste u prijenosu te frekvencije kanala koji se koriste što povećava rizik od presretanja signala.

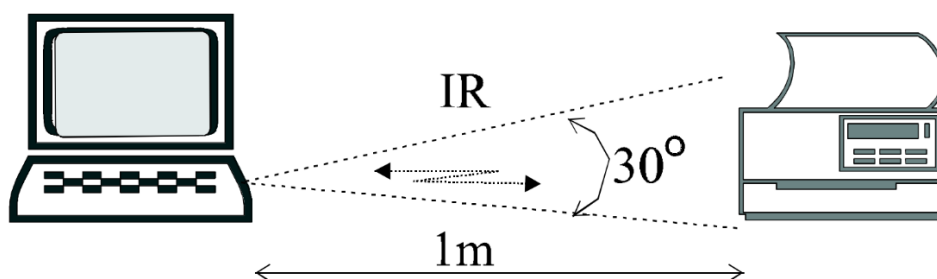
Relativna isplativost oba mjerna sustava jako ovisi broju mjernih stanica, a time i o broju primopredajnih stanica u razmatranom sustavu. U navedenoj usporedbi su uzeti u obzir isključivo operativni troškovi i troškovi uvođenja, ali ne i troškovi samih instrumenata. Troškovi nastali pri uvođenju komunikacijskog sustava putem radio modema su uglavnom

modemi, antene te instalacija antena. Kod GSM mreže troškovi uvođenja komunikacijskog sustava uključuju kupnju mobilnog uređaja dok operativni troškovi uključuju druge naknade. [7]

## 2.3 BEŽIČNI MJERNI SUSTAVI S PRIJENOSOM PODATAKA NA KRATKE UDALJENOSTI

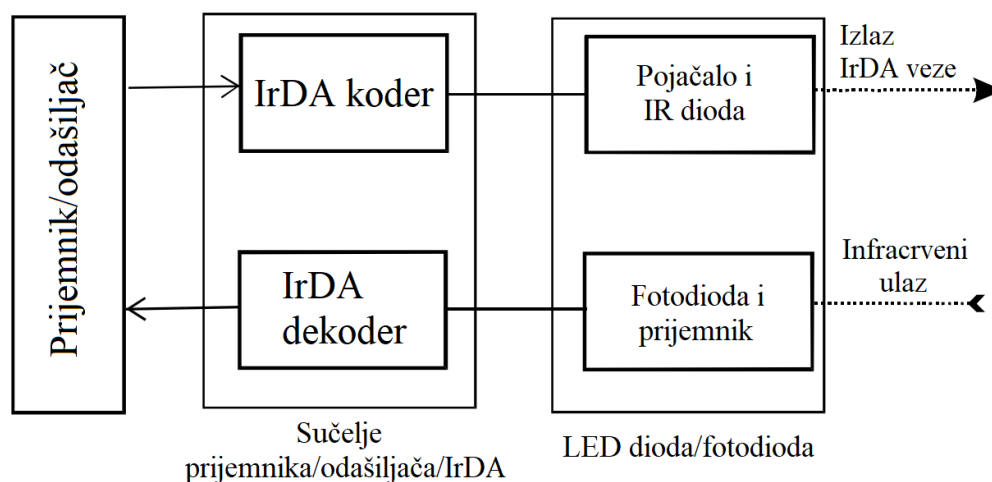
### 2.3.1 IrDa infracrvena veza

Koristi se više od 30 godina u industriji i svakodnevnom životu. Bežično upravljanje uređajima široko je prihvaćeno kako zbog praktičnosti za korisnika (npr. daljinski upravljač za televizor) tako zbog tehničkih razloga. Može se koristiti infracrvena veza primjerice kod povezivanja laptopa s printerom ili nekom drugom periferijom umjesto kablaskim putem čime bi se narušila praktičnost mobilne opreme. U mjernoj tehnologiji, velika prednost bežične veze na kratku udaljenost je mogućnost korištenja senzora (npr. senzor brzine vrtnje) na način da se podaci o mjerenom objektu bežičnim putem prenose iz senzora u centralni mjerni sustav preko prijemnika. Standardi koji se koriste omogućuju povezivanje uređaja različitih proizvođača te su na taj način standardizirani. Bežične veze koje se nazivaju IR veze koriste infracrvene (IR) zrake kao prijenosni medij. Infracrvene veze omogućuju prijenos podataka između dva neovisna uređaja, kao što su prijenosno računalo i pisac, na udaljenosti od 1 metra, kada su uređaji unutar vidnog polja. [6]



*Slika 13. Upotreba infracrvene veze za digitalni prijenos podataka između računala i printera*

Krug infracrvene veze obično se sastoji od dva integrirana kruga (IC). Jedan IC sastoji se od IC svjetleće diode (LED), foto diode prijemnika te pojačala odašiljača i prijemnika. Infracrveni digitalni standard prijenosa podataka koji se naziva IrDa usvojen je od strane proizvođača elektroničke opreme i hardvera unutar *Infrared Data Association (IrDA)*.



Slika 14. Blok dijagram elektroničkog sklopa infracrvene veze

Prijenos podataka putem IrDa veze je asinkroni znakovni prijenos u half-duplex načinu rada. Iako omogućuje veći domet prijenosa, kut prijenosa i vrijednosti kuta prijema, one su ograničene kako bi se smanjile smetnje s drugim uređajima, kao i osjetljivost na smetnje. Prijenosna komponenta IrDa veze je poluvodička infracrvena dioda, s vrijednosti intenziteta snopa od 40 mW/sr u IrDA vezama koje isporučuju do 115 kbps i 100 mW/sr kod veza većih kapaciteta. Prednosti bežičnog prijenosa putem IrDA veze mogu se koristiti u mjernim laboratorijima. Neka računala, pogotovo prijenosna, dolaze s ugrađenom IrDA vezom. Također, implementacijom sličnih veza za prijenos podataka u mjerne instrumente, može se uspostaviti mjerni sustav s bežičnim prijenosom podataka.

Većina digitalnih instrumenata i sva računala dolaze s implementiranim RS-232C serijskim upravljačkim sučeljem. U slučaju da digitalni instrument nema mogućnost prijenosa podataka putem IrDA veze, koristi se RS-232C - IrDA pretvarač za povezivanje s računalom. [4]



### *2.3.1.1 Prednosti i mane infracrvene tehnologije*

#### PREDNOSTI:

- Jednostavnost principa rada
- Jeftina tehnologija
- Manja vjerojatnost presretanja signala
- Energetska učinkovitost
- Opće prihvaćena tehnologija

#### MANE:

- Kratki domet infracrvenih zraka
- Utjecaj prepreka
- Mogućnost spajanja do 2 uređaja
- Niska propusnost
- Zastarjela tehnologija [14]

### 2.3.2 Bežični prijenosni sustavi kratkih udaljenosti u razvoju

Trenutni standardi bežičnog prijenosa digitalnih podataka na kratke udaljenosti su Bluetooth i IrDA. Dizajniran prvenstveno za pružanje bežične veze između telekomunikacijskih uređaja, Bluetooth ima ulogu u sve više novih aplikacija u industriji, televizijskoj opremi, radiju kao i u bežičnim mjernim sustavima. IrDA je standard infracrvene veze koji omogućuje komunikaciju u rasponu od 2 metra. Prednost IrDa tehnologije su velike brzine prijenosa koje idu i do 4 Mbps, koje se povećavaju na 100 Mbps. Međutim, IrDA standard ima ograničenja, od kojih je najviše za istaknuti broj uređaja koji se međusobno mogu povezati u IrDA sustavu. Samo dva uređaja mogu formirati sustav. Također, uređaji u sustavu moraju biti u vidnom polju od  $\pm 15^\circ$ . Raspon prijenosa je obično ograničen na 1 metar. Trenutno se provodi najmanje 5 standarda bežičnog digitalnog prijenosa podataka na kratkim udaljenostima, koji se nazivaju Virtual Home Environment (VHE). Parametri tih standarda navedeni su u tablici u nastavku.

<i>Interface Type</i>	<i>Frequency or Wavelength</i>	<i>Transmission Rate (maximum)</i>	<i>Linear Range</i>	<i>Angular Range</i>	<i>Number of Devices</i>
IrDA	IR 900 nm	16 Mbps	2m	30°	2
Area Infra Red	IR 900 nm	4 Mbps	8m	120°	10
HomeRF	2.45 GHz	2 Mbps	50m	360°	128
Bluetooth	2.45 GHz	1 Mbps	10m	360°	8
IEEE 802.11b	2.45 GHz	11 Mbps	≈50m	360°	—
IEEE 802.11b	IR 900 nm	2 Mbps	10m	360°	—
HIPERLAN2	5.2 GHz	54 Mbps	150m	360°	10

Tablica 2. Parametri bežičnih standarda u razvoju

*Area Infra Red* proširena je verzija IrDA tehnologije, s kutom vida od 120° i mogućnošću povezivanja do 10 uređaja. Prednost *Area Infra Red* je njegova kompatibilnost s oko 300 milijuna uređaja opremljenih IrDA infracrvenom vezom koji su u upotrebi ili dostupni na tržištu.

*HomeRF* sučelje dizajnirano je za umrežavanje digitalnih uređaja unutar uporabe kućanstva, kao što su LAN terminali, radio i TV oprema, računala i sustavi kućnog grijanja. *HomeRF* sučelje radi na frekvencijama od 2.45 GHz. *HomeRF* sučelje, kao i Bluetooth, koristi FHSS modulaciju i TDMA tehnologiju.

IEEE 802.11 Wireless Local-Area Network (WLAN), ili Wireless Fidelity (WiFi) sučelja usmjerena su na povezivanje uređaja unutar ad hoc ili infrastrukturnih bežičnih računalnih mreža. U ad hoc mrežama moguća je direktna komunikacija među računalima, bez mrežnih centara ili baza. Infrastrukturnoj mreži potrebna je barem jedna pristupna točka, imajući ulogu sličnu ulozi baznih stanica unutar GSM mreže i na taj način dodatno omogućuju povezivanje LAN mrežom putem žice. IEEE 802.11 za prijenos signala koristi radio frekvencije iz pojaseva 2.45 ili 5.4 GHz ili infracrvenih zraka.

IEEE 802.11b, kao jedna od najnovijih verzija IEEE 802.11, omogućuje maksimalnu brzinu prijenosa od 11.5 Mbps. IEEE 802.11b sučelje koristi hardver koji omogućuje podešavanje brzine prijenosa ovisno o razini smetnji na način da kada je razina smetnji visoka, brzina prijenosa se usporava. Sustav odabire jednu od sljedećih maksimalnih vrijednosti brzine prijenosa podataka: 11.5, 5.5, 2 ili 1 Mbps, ovisno o razini smetnji. Da bi bežični mjerni sustav radio s ovim sučeljem, moraju se koristiti prijenosna računala s modulima IEEE 802.11b sučelja. Instrumenti se mogu spojiti na prijenosna računala pomoću standardnih žičanih sučelja kao što je RS-232C.

*HIPERLAN2* (High PERFORMANCE Radio Local Area Network, type 2) je sučelje dizajnirano za bežičnu vezu s lokalnim mrežama (LAN). Korištenje ovog sučelja određeno je njegovim rasponom do 150 metara. *HIPERLAN2* radi unutar zgrade ili niza zgrada. U *HIPERLAN2* sučelju upotrebljavaju se različite vrste modulacija ovisno o pretpostavljenim brzinama prijenosa: Binary Phase Shift Keying (BPSK) pri brzinama od 6 ili 9 Mbps, Quaternary Phase Shift Keying (QPSK) pri brzinama od 12 ili 18 Mbps, te Quadrature Amplitude Modulation (QAM) pri brzinama od 27 do 54 Mbps. [4]

### 2.3.3 Bluetooth visoko radio frekventna veza

Bluetooth tehnologiju je izvorno osmislila Švedska tvrtka Ericsson 1994. godine koja je nazvala sučelje po Danskom kralju iz 10. stoljeća, Harald-u Bluetooth-u.

Bluetooth je standard radio veze male snage koji radi u ISM frekvencijskom pojasu od 2.45 GHz do 2.4835 GHz i omogućuje digitalni prijenos podataka pri brzinama do 1 Mbps u rasponu od 10 metara. Za korištenje ISM pojasa se ne plaća naknada i otvoren je svakom korisniku što rezultira velikom količinom korisnika unutar spektra. Kako ne bi dolazilo do problema prenapučenosti radio sustavi se moraju projektirati na način da se lako nose s problemima interferencije i promjene jačine signala tijekom prijenosa. Također, upotrebljavaju se modulacijske tehnike frekvencijskog preskakivanja s raspršenim spektrom (FHSS). Dizajniran je za bežičnu komunikaciju između elektroničkih uređaja kao što su računala, mobilni telefoni, slušalice, pisači, itd. Bluetooth se ostvaruje mikročipom koji koristi prijenos kratkog dometa. Mikročip se ugrađuje u uređaje ili se spaja preko univerzalne serijske sabirnice, PC kartice ili serijskog priključka.

Bluetooth je namijenjen u svrhu nadopune ili čak zamjene postojeće IrDA veze. Glavna razlika između IrDA veze i Bluetootha je u tome što je Bluetooth veza od točke do više točaka, dizajnirana za umrežavanje do 8 uređaja, dok je IrDA, budući da je standard prijenosa podataka od točke do točke, dizajnirana za razmjenu podataka između samo dva uređaja. U usporedbi s infracrvenim valovima (IR), radio valovi imaju veći domet i njihovo širenje u prostoru je lakše osigurati. U laboratorijskim uvjetima Bluetooth radio valovi duljine  $\lambda$  se mnogo bolje šire u prostoru od IR valova duljine 900nm. Domet prijenosa putem Bluetooth veze je 10 metara, ali se povećanjem snage prijenosa može povećati na 100 metara. Laboratorijski mjerni sustavi s bežičnim prijenosom podataka mogu se koristiti u kombinaciji s računalima i digitalnim instrumentima koji imaju Bluetooth. [4]



Slika 15. RN 42 EK Bluetooth modul [15]

### 2.3.3.1 Prednosti i mane Bluetooth tehnologije

#### PREDNOSTI:

- Bežična tehnologija koja ne ovisi o žicama, kabelima i kodovima,
- Mala potrošnja energije,
- Potrebne male snage za rad,
- Veći domet za razliku od infracrvene tehnologije,
- Mogućnost prijenosa audio, video, slikovnih i tekstualnih podataka,
- Prihvaćenost i korištenje diljem svijeta.

#### MANE:

- Sporija brzina prijenosa u usporedbi s drugim bežičnim tehnologijama (WI-FI, LAN s optičkim vlaknima),
- Koristi isti frekvencijski pojas kao RF tehnologija koja se koristi u kućanstvima, što može dovesti do interferencija i smetnji,
- Ograničen broj uređaja koji se mogu povezati,
- Mogu se pojaviti problemi s povezivanjem između dvije verzije Bluetooth uređaja,
- Nije pogodan za prijenos velikih količina podataka
- Niska propusnost.

### 2.3.4 Primjena Bluetooth tehnologije u mjernim instrumentima

Testo SE & Co. je tvrtka koja je svjetski tržišni lider na području prijenosnih i stacionarnih mjernih instrumenata. U mnogobrojnoj ponudi proizvoda nalazi se i veliki raspon mjernih instrumenata za praćenje temperature, tlaka, brzine protoka, vlage i mnogih drugih koji imaju mogućnost bežičnog upravljanja i prikupljanja mjernih podataka putem aplikacije. Povezanost instrumenta i aplikacije omogućuje Bluetooth tehnologija koja čini mjerenja lakšima, mobilnijima i produktivnijima.

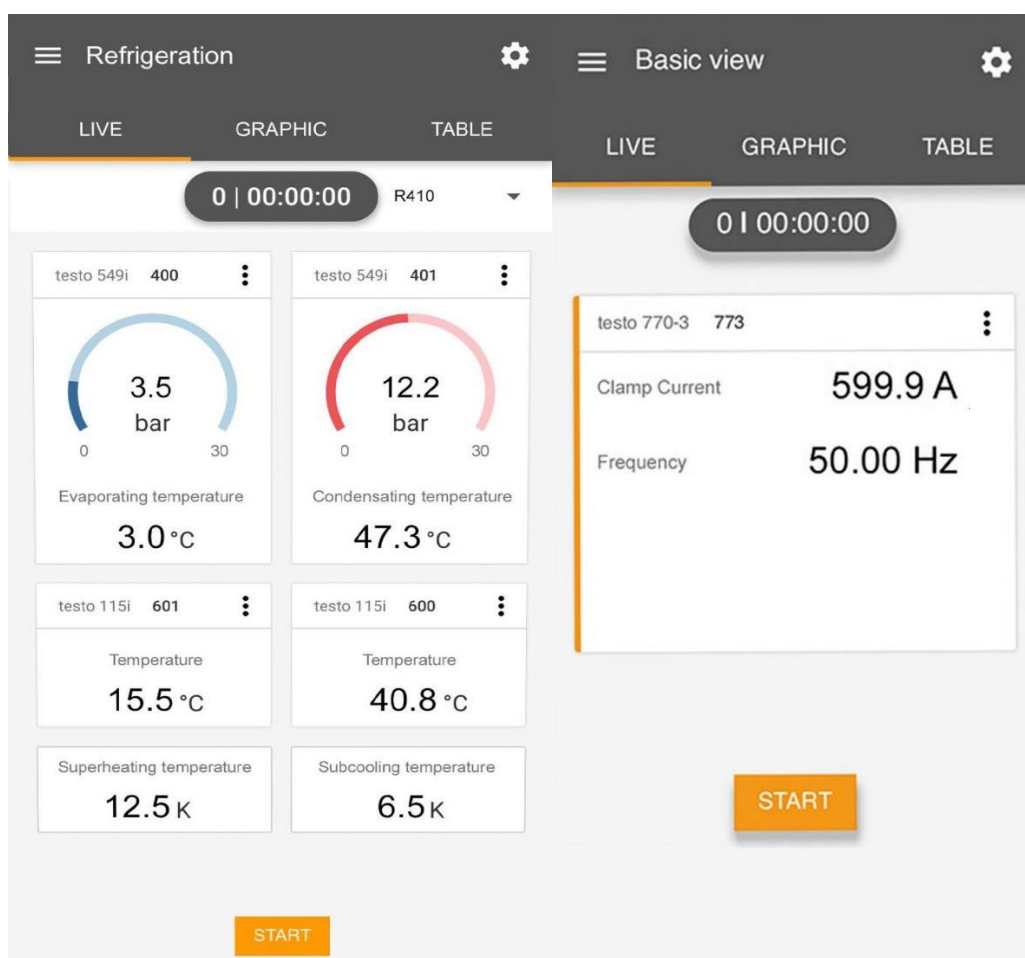


*Slika 16. Pametni mjerni instrumenti [13]*

Pametni mjerni instrumenti povezuju se na tablet ili pametni telefon putem „Smart Probes“ aplikacije preko koje se upravlja instrumentima te prikuplja podatke koji se kasnije mogu pohraniti u pdf, csv (excel) formatu ili u obliku grafikona.

Feature	Values
Measuring range	0 to 60 bar (rel) / 0 to 870 psi (rel)
Overpressure	65 bar
Accuracy $\pm$ 1 digit	0.5% of full scale value
Resolution	0.01 bar / 0.1 psi
Measurement rate	2/sec
Available units of measurement	bar, psi, MPa, kPa
Connection	1 x 7/16" UNF / 1/4" SAE connection
Overload rel.	65 bar
Storage temperature	-20 °C to 60 °C / -4 to 140 °F
Operating temperature	-20 °C to +50 °C / -4 to 122 °F
Battery type	3 micro batteries AAA
Battery life	130 hrs
Measurable media	CFC, HFC, HCFC, N, H2O, CO2
Dimensions	152 mm x 35 mm x 35 mm

Tablica 3. Tehnički podaci mjerača visokog tlaka – Testo 549i [11]



Slika 17. Prikaz mjernih podataka unutar aplikacije [13]

Bitno je spomenuti i tvrtku Fluke čiji instrumenti imaju mogućnost prijenosa i pohrane mjernih podataka unutar oblaka – Fluke Cloud. Jedan od najboljih načina za sigurno čuvanje podataka kojima se može pristupiti u svakom trenutku s bilo kojeg uređaja koji ima pristup internetu. Na instrument, kao što su na primjer strujna kliješta, se može spojiti direktno preko mobilnog uređaja, tableta ili računala putem Fluke Connect aplikacije. Fluke Connect omogućuje više istovremenih mjerenja te nadzor instrumenta s mjesta udaljenog od mjesta mjerenja.



*Slika 18. Fluke 374 mjerna kliješta s prikazom mjernih podataka na pametnom mobilnom uređaju [12]*



AC Current via Jaw	Range: 600 A Resolution: 0.1 A Accuracy: 2% $\pm$ 5 digits (10 to 100 Hz), 2.5% $\pm$ 5 digits (100 to 500 Hz) Crest Factor (50/60 Hz): 2.5 at 600 A; Add 2% for C.F. >2
DC Current	Range: 600 A Resolution: 0.1 A Accuracy: 2% $\pm$ 5 digits
AC Voltage	Range: 1000 V Resolution: 0.1 V ( $\leq$ 600 V), 1 V ( $\leq$ 1000 V) Accuracy: 1.5% $\pm$ 5 digits (20 to 500 Hz)
DC Voltage	Range: 1000 V Resolution: 0.1 V ( $\leq$ 600 V), 1 V ( $\leq$ 1000 V) Accuracy: 1% $\pm$ 5 digits
mV DC	Range: 500.0 mV Resolution: 0.1 mV Accuracy: 1% $\pm$ 5 digits
Resistance	Range: 6000 $\Omega$ Resolution: 0.1 $\Omega$ ( $\leq$ 600 $\Omega$ ), 1 $\Omega$ ( $\leq$ 6000 $\Omega$ ) Accuracy: 1% $\pm$ 5 digits
Capacitance	Range: 1000 $\mu$ F Resolution: 0.1 $\mu$ F ( $\leq$ 100 $\mu$ F), 1 $\mu$ F ( $\leq$ 1000 $\mu$ F) Accuracy: 1% $\pm$ 4 digits

*Tablica 4. Tehnički podaci Fluke 374 mjernih kliješta [12]*

### 3. ZAKLJUČAK

Svakodnevno se provode mnogobrojna mjerenja svuda oko nas. Tehnologije se brzo razvijaju te se različiti procesi koji omogućuju funkcioniranje istih oslanjaju na određene parametre. Parametri se dobivaju iz različitih mjerenja koja su u današnje vrijeme većinom u digitalnom obliku što suvremenom čovjeku pojednostavljuje upravljanje i nadzor, a samim time i prijenos mjernih podataka putem raznih bežičnih tehnologija. Nedvojbeno je kako će u budućnosti svi sustavi oko nas imati "pametne" opcije koje će prilikom održavanja ili dijagnostike zahtijevati sve naprednije mjernе instrumente. Integracijom pametnih instrumenata u takve sustave, kao i primjenom naprednijih tehnologija prijenosa podatka, omogućit će korisniku da uz minimalne napore nadzire, upravlja i prikuplja podatke. Treba naglasiti kako je razvoj prijenosnih tehnologija važno jednako koliko i razvoj bežičnih mjernih sustava te instrumenata koji se upotrebljavaju zbog sve detaljnijih i opsežnijih mjerenja koja će se moći provoditi istovremeno. Također, prednost takvih sustava je mogućnost prikupljanja i interpretacije podataka s mjesta koja su udaljena od mjesta mjerenja što postavlja određene uvjete kvalitete veze koje treba zadovoljiti kako bi sustav prijenosa podataka mogao ispravno raditi. S napretkom sustava, a samim time i mjernih instrumenata, veličine mjernih podataka će rasti i biti će potrebne sve stabilnije veze sa što većim brzinama prijenosa koji će bežični standardi imati zadaću omogućiti. Ovim radom prikazani su važnost i potencijal bežičnih mjernih sustava koji će u budućnosti uvelike pridonijeti u svim područjima mjerenja i učiniti sustave pouzdanijima te lakšima za korištenje.

## LITERATURA

- [1] Malarić, R. 2011, *Instrumentation and Measurement in Electrical Engineering*, BrownWalker Press, Boca Raton, Florida, USA
- [2] Northrop, R. B. 2014, *Introduction to Instrumentation and Measurements*, 3. izdanje, CRC Press, New York, USA
- [3] Morris , A., Langari R. 2012, *Measurement and Instrumentation. Theory and Application*, Elsevier, USA
- [4] Nawrocki, W. 2005, *Measurement systems and sensors*, Artech House, Nordwood, USA
- [5] Sinclair, I. 2001, *Sensors and transducers*, 3. izdanje, Newnes, Woburn, USA
- [6] Iniewski, K. 2013, *Smart sensors for industrial applications*, CRC Press, Boca Raton, USA
- [7] [https://microcontrollerslab.com/gsm-architecture-working/#GSM\\_Architecture\\_diagram](https://microcontrollerslab.com/gsm-architecture-working/#GSM_Architecture_diagram)
- [8] <https://static-int.testo.com/media/12/96/7cc2a03871bd/testo-Smart-Probes-Instruction-manual.pdf>
- [9] <https://www.chtips.com/computer-fundamentals/advantages-and-disadvantages-of-bluetooth-technology/>
- [10] <https://en.wikipedia.org/wiki/Infrared>
- [11] <https://static-int.testo.com/media/12/96/7cc2a03871bd/testo-Smart-Probes-Instruction-manual.pdf>
- [12] <https://www.fluke-direct.com/pdfs/cache/www.fluke-direct.com/374fc/datasheet/374fc-datasheet.pdf>
- [13] <https://www.testo.com/hr-HR/proizvodi/smart-probes>
- [14] <https://www.konsyse.com/articles/infrared-communication-advantages-and-disadvantages/>
- [15] <https://www.microchip.com/en-us/development-tool/rn-42-ek>

## **KAZALO KRATICA**

AMPS – Advanced Mobile Phone System

NMT – Nordic Mobile Telephone

GSM – Global System of Mobile Communications

JDC – Japanese Digital Cellular

GPRS – General Packet Radio Service

UMTS – Universal Mobile Telecommunications Systems

PSTN – Public Switched Telephone Networks

MS – Mobile Station

MT – Mobile Terminal

SIM – Subscriber Identity Module

IMEI – International Mobile Equipment Identity

BSS – Base Station System

MSC – Mobile Switching Center

WAP – Wireless Application Protocol

IrDA – Infrared Data Association

HSCSD – High Speed Circuit Switched Data

ISDN – Integrated Services Digital Network

PCMCIA – Personal Computer Memory Card International Association

ADC – Analog to digital converter

GPIOB – General Purpose Interface Bus

PDU – Protocol Data Units

MR – Message Reference

DA – Destination Address

OA – Originator Address

PID – Protocol Identifier

DCS – Data Coding Scheme

VP – Validity Period

UDL – User Dana Length

SCTS – Service Center Time Stamp

BPS – Bits per second

KBPS – kilobit per second

PCN – Personal Communications Network

3G – Third generation

MHz – Megahertz

GHz – Gigahertz

ETSI – European Telecommunications Standards Institute

ITU – International Telecommunication Union

MBPS – Megabits per second

B-ISDN – Broadband Integrated Services Digital Network

EDGE – Enhanced Data rates for GSM Evolution

RTT – Round trip delay

OTDOA – Observed Time Difference Of Arrival

GPS – Global Positioning System

KHZ – Kilohertz

IR – Infrared

LED – Light Emitting Diode

RF – Radio frequency

LAN – Local Area Network

VHE – Virtual Home Environment

FHSS – Frequency-hopping spread spectrum

HIPERLAN2 - High Performance Radio Local Area Network, type 2

BPSK – Binary Phase Shift Keying

QPSK - Quaternary Phase Shift Keying

QAM - Quadrature Amplitude Modulation

## POPIS SLIKA

Slika 1. GSM struktura sustava.....	4.
Slika 2. Blok dijagram mobilnog telefona.....	5.
Slika 3. Blok dijagram distribuiranog mjernog sustava s prijenosom podatak putem GSM mreže.....	6.
Slika 4. Mjerni sustav temeljen na GSM mreži s HSCSD prijenosom podataka, dizajniran na Tehnološkom Sveučilištu u Poznau.....	8.
Slika 5. Nokia Card Phone 2.....	8.
Slika 6. Distribuirani mjerni sustav temeljen na GSM mreži i GDRS prijenosom podataka.....	10.
Slika 7. Blok dijagram distribuiranog mjernog sustava temeljenom na prijenosu podataka preko GSM mreže.....	12.
Slika 8. Primjer pametnog mobilnog uređaja koji se može koristiti u mjernom sustavu.....	13.
Slika 9. Slikovni dijagram UMTS 3G bežičnog komunikacijskog sustava.....	15.
Slika 10. Blok dijagram radio modema i dijagram toka podataka.....	19.
Slika 11. Mjerni sustav s radio modemima i prijenosom podataka putem radio kanala....	19.
Slika 12. Mjerni sustav temeljen na radio modemu s dvije vrste mjernih stanica.....	20.
Slika 13. Upotreba infracrvene veze za digitalni prijenos podataka između računala i printera.....	23.
Slika 14. Blok dijagram elektroničkog sklopa infracrvene veze.....	24.
Slika 15. RN 42 EK Bluetooth modul.....	25.
Slika 16. Pametni mjerni instrumenti.....	27.
Slika 17. Prikaz mjernih podataka unutar aplikacije.....	28.

Slika 18. Fluke 374 mjerna kliješta s prikazom mjernih podataka na pametnom mobilnom uređaju.....29.



## **POPIS TABLICA**

Tablica 1. UMTS usluge prijenosa podataka.....	15.
Tablica 2. Parametri bežičnih standarda u razvoju.....	26.
Tablica 3. Tehnički podaci mjerača visokog tlaka – Testo 549i.....	28.
Tablica 4. Tehnički podaci Fluke 374 mjernih kliješta.....	30.