

UNIVERZITET U BEOGRADU
SAOBRAĆAJNI FAKULTET

TELEKOMUNIKACIONA MERENJA
- PREZENTACIJA PREDMETA –
- ŠKOLSKA 2020/2021 -

AUTOR: DOC. DR NENAD JEVIĆ

OSNOVNE INFORMACIJE O PREDMETU

- Predavanja: Doc. dr Nenad Jevtić, dipl. inž. Elektrotehnike
- Vežbe: Pavle Bugarčić, mast. inž. Saobraćaja
- Nedeljni fond časova:
 - 2 časa predavanja
 - 2 časa računskih/laboratorijskih vežbi
- Šifra predmeta: TKME, krediti ESPB : 4
- Izborni predmet
- Uslov: **nema**
- *Podrazumeva se da studenti imaju osnovna znanja iz elektrotehnike i elektronike kao i žičnih, bežičnih i optičkih komunikacionih sistema kako bi mogli uspešno da prate nastavu.*
- Prisustvo na predavanjima je opciono.
- Sve dodatne informacije dostupne su na studentskom servisu:
<http://nastava.sf.bg.ac.rs/course/view.php?id=308>

OSNOVNE INFORMACIJE O PREDMETU

○ Cilj predmeta

- Upoznavanje sa principima funkcionisanja i primenom savremene elektronske merne instrumentacije.
- Razumevanje principa merenja karakteristika komunikacionih signala, kanala i uređaja.

○ Ishod predmeta

Po završetku kursa student će znati da:

- Rukuje elektronskim mernim instrumentima,
- Samostalno meri parametre komunikacionih signala,
- Samostalno meri karakteristike telekmunikacionih uređaja,
- Formira merni sistem u skladu sa mernim zahtevima,
- Proceni mernu nesigurnost merenja,
- Napiše izveštaj o obavljenom merenju.

OSNOVNE INFORMACIJE O PREDMETU

○ Sadržaj predmeta – teorijska nastava

- Uvod u metrologiju
- Greške merenja i merna nesigurnost
- Merenja u spektralnom domenu i spektralni analizatori signala
- Merenja karakteristika telekomunikacionih signala i šuma
- Opis sistema S parametrima, komunikacioni vodovi
- Mrežni analizatori i merenja karakteristika sistema: Smitov dijagram, praktično određivanje S parametara
- Merenje karakteristika antena
- Merenje elektromagnetnog polja
- Povezivanje na računar i upravljanje instrumentacijom
- Merenja na daljinu
- Softverski definisani merni sistemi kao merni instrumenti – virtuelna instrumentacija
- Merenja karakteristika bežičnih komunikacionih sistema
- Merenja karakteristika pasivnih optičkih komunikacionih sistema

OSNOVNE INFORMACIJE O PREDMETU

- **Sadržaj predmeta – praktična nastava**
- Rad u laboratoriji će se odvijati u okviru šest laboratorijskih vežbi koje su organizovane u laboratoriji 117.
- **LAB1:** Akvizicija i statistička obrada mernih podataka
- **LAB2:** Merenja na analizatoru spektra
- **LAB3:** Merenja na mrežnom analizatoru
- **LAB4:** Povezivanje instrumenata na računar
- **LAB5:** Softverski definisani radio sistemi
- **LAB6:** Merenja optičkim reflektometrom (OTDR, *Optical Time Domain Reflectometer*)

NAČIN POLAGANJA ISPITA ZA ŠKOLSKU 2020-21

Aktivnost	Poeni po aktivnostima	Ukupno poena
Prisustvo na teorijskoj nastavi	<ul style="list-style-type: none">• 1 poen po terminu predavanja do maksimalnih 10 poena• Prisustvo nije obavezno	10
Laboratorijske vežbe	<ul style="list-style-type: none">• 6 lab vežbi po 5 poena• Prisustvo nije obavezno, ali nadoknada propuštene vežbe nije moguća• Termini izrade su u okviru časova vežbi	30
Praktični projekat (<i>umesto lab vežbi i prisustva na predavanjima</i>)	<ul style="list-style-type: none">• 40 poena• Projekat se definiše u dogovoru sa nastavnikom• <i>Radi se samostalno ili u paru, ako student ne želi da radi lab vežbe i prisustvuje predavanjima!</i>• Odrađen projekat važi do kraja školske godine	40
Testovi sa teorijske nastave	<ul style="list-style-type: none">• 6 kolokvijuma po 10 poena• Kolokvijumi se mogu polagati u terminima terminima po dogovoru	60

NAČIN POLAGANJA ISPITA ZA ŠKOLSKU 2020-21

○ Teme za praktične projekte

- Spektralna merenja WiFi sistema korišćenjem aplikacija otvorenog koda u *Linux* ili *Android* okruženju.
- Softverski definisani radio - merenja na bazi RTL-SDR i HackRF modula.
- Softver za NI akvizicione kartice. Pisanje softvera za merenje na bazi različitih platformi: *LabView*, C#, C++, Matlab, SciLab i slično.
- Povezivanje instrumentata preko standardnih magistrala (RS-232, USB, GPIB ili LAN) na računar i upravljanje instrumentima programskim putem (*LabView*, *Python*, C#, C++, Matlab i slično)
- Generisanje saobraćaja na lokalnoj mreži i analiza i praćenje na bazi *Wireshark* programa. Generisanje saobraćaja može da se realizuje kroz mrežni simulator kao što je NS-3.

LITERATURA

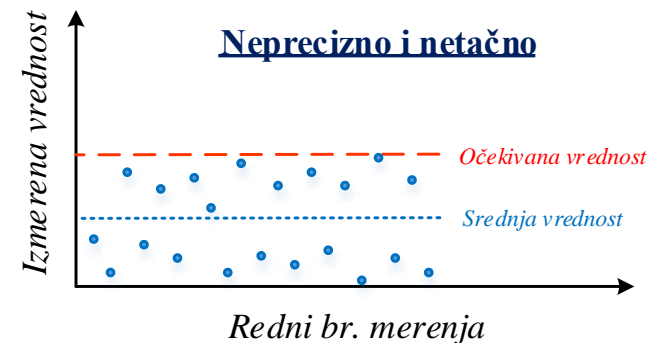
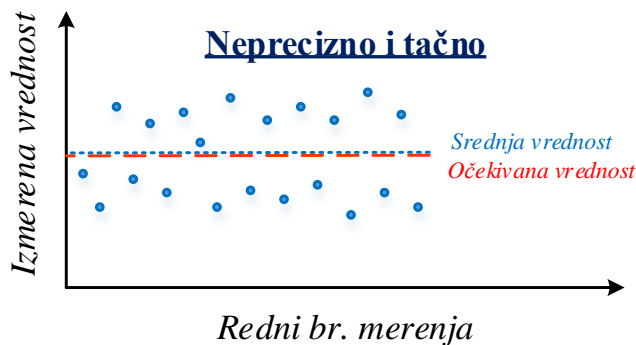
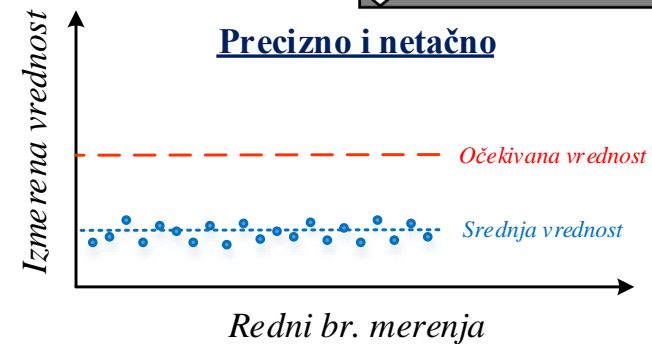
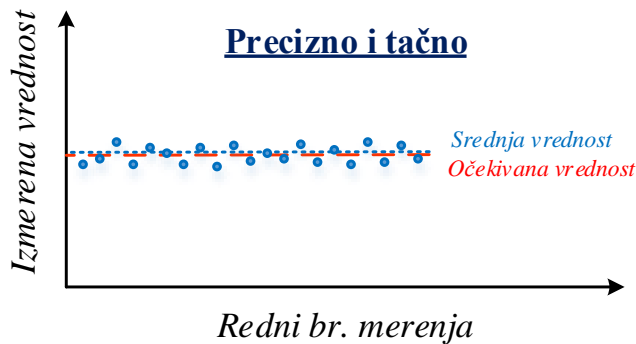
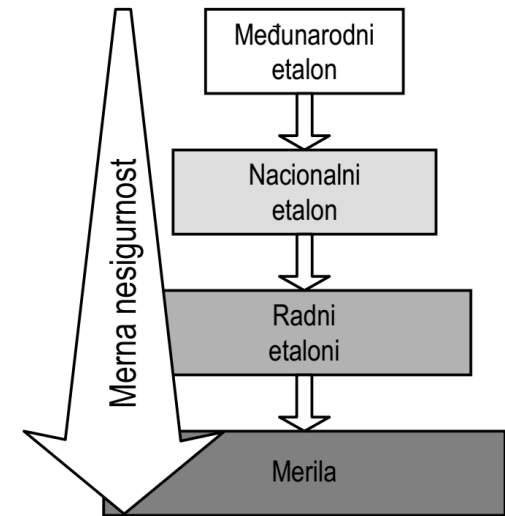
- P. Osmoković, K. Stanković, „Merna nesigurnost“, Akademska misao, 2009.
- R. Witte, “Spectrum and Network Measurements”, SciTech Publishing, 2nd ed, 2014.
- A. S. Norris, R. Languri, „Measurements and Instrumentation. Theory and Application“, Elsevier, 2012.
- J. Senior, Y. Jamro, „Optical Fiber Communications“, Prentice Hall, 3th edition, 2009.
- N. Jevtić, „Uputstvo za laboratorijske vežbe“, Skripta raspoloživa na studentskom servisu, Saobraćajni fakultet, 2018.
- dropbox – dodatni materijali za predmet:

<https://www.dropbox.com/sh/5qdajdscz99a766/AABY0mSB8aLifyw7xAvmMztma?dl=0>

TEME KOJE SU POKRIVENE OVIM KURSOM

○ Uvod u metrologiju

- Osnovna terminologija i definicije
- Greške merenja
- Određivanje merne nesigurnosti
- Etaloniranje i kalibracija instrumenata



TEME KOJE SU POKRIVENE OVIM KURSOM

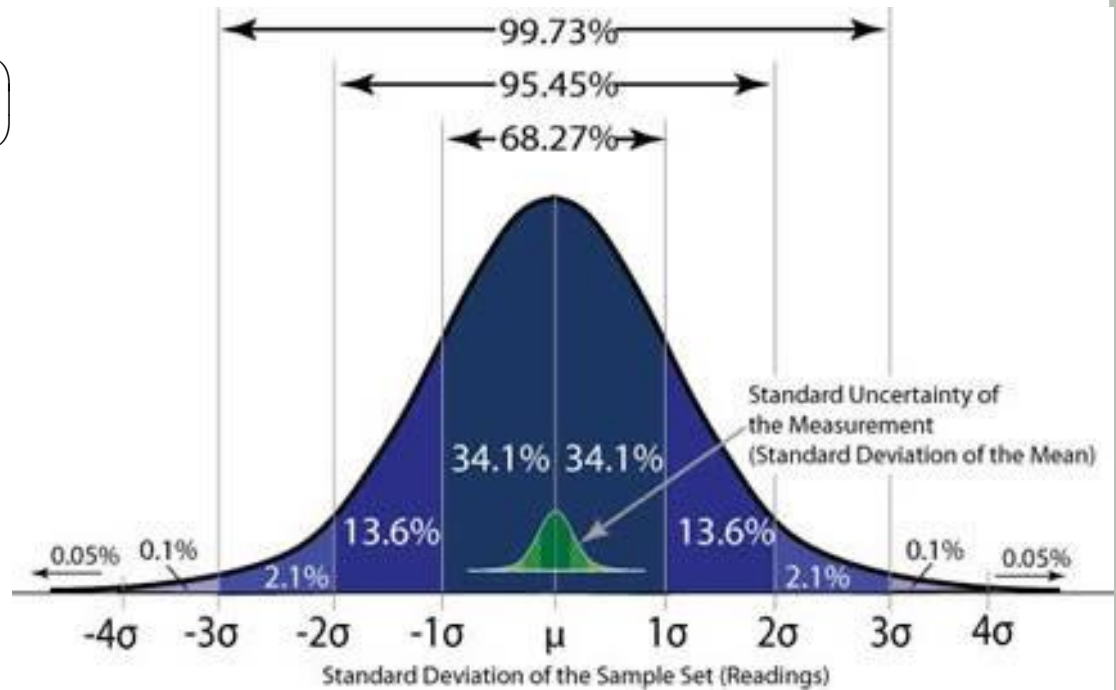
$$f_G(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x-\mu}{\sigma} \right)^2}$$

Srednja vrednost:

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

Standardno odstupanje:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_s)^2}{n-1}}$$



Merna nesigurnost:

$$u_c(y) = \sum_{i=1}^n \frac{\partial f}{\partial x_i} u(x_i) = \sum_{i=1}^n c_i u(x_i)$$

$$U = k \cdot u(y) = 2u(y)$$

$$y = y_s \pm U$$

TEME KOJE SU POKRIVENE OVIM KURSOM

○ Merni instrumenti

- Pasivne komponente
- Merenje frekvencijskih parametara telekomunikacionih signala korišćenjem analognih i digitalnih instrumenata
- Osciloskopi
- Analizatori spektra
- Mrežni analizatori
- Instrumenti za merenja u optičkim mrežama



TEME KOJE SU POKRIVENE OVIM KURSOM



Osciloskopi



Analizatori spektra (analizatori signala)



Ručni (terenski) analizatori spektra



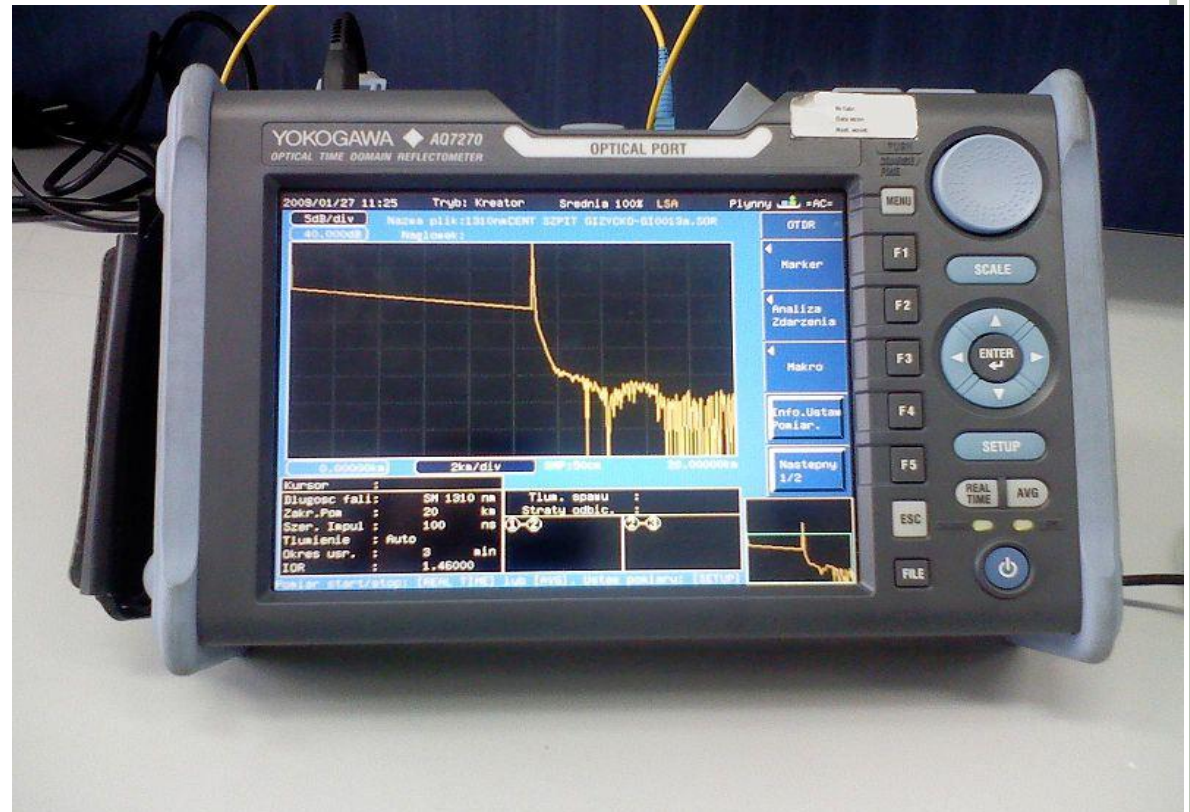
Uređaji za monitoring spektra

TEME KOJE SU POKRIVENE OVIM KURSOM



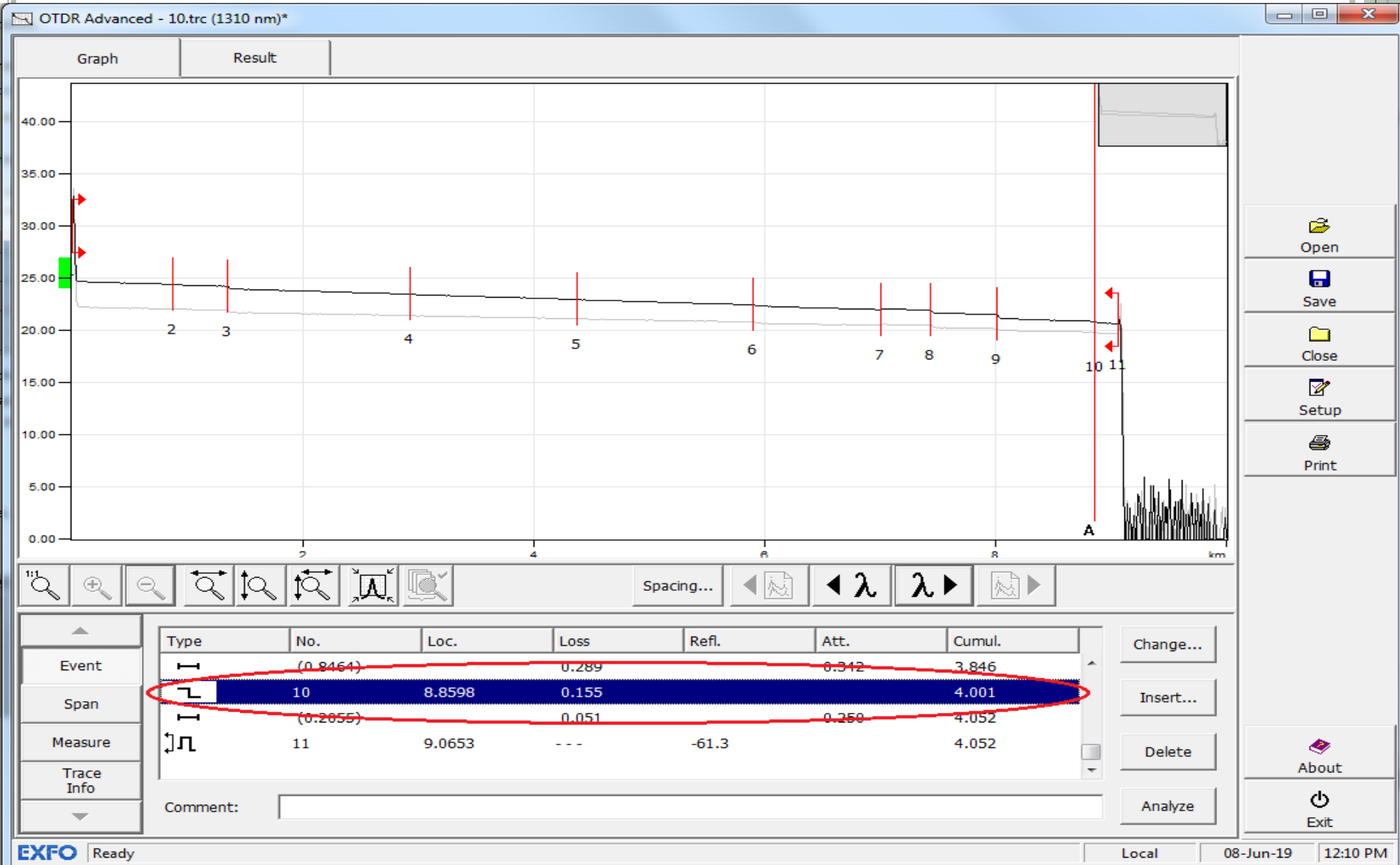
Merač snage optičkog signala

Optički reflektometar
OTDR - *Optical
time-domain
reflectometer*



MERNI INSTRUMENTI

Optički reflektometar OTDR - *Optical time-domain reflectometer*

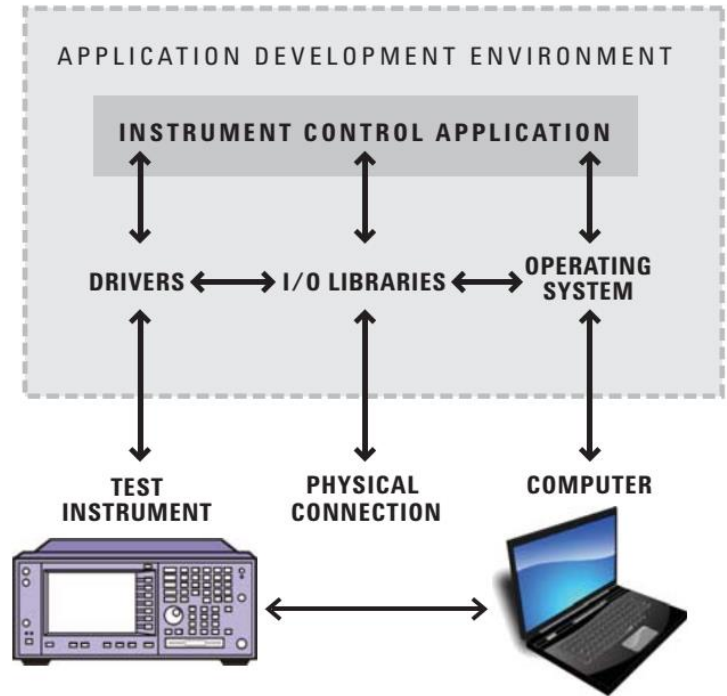


TEME KOJE SU POKRIVENE OVIM KURSOM

- Softverski merni sistemi - zasnovani na personalnom računaru
 - Komunikacioni interfejsi za povezivanje instrumenata sa računarom.
 - Automatizacija postupka merenja i testiranja - protokoli za daljinsko upravljanje instrumentima.
 - Softverska podrška (programski jezici) za računarski bazirane merne sisteme.
 - Merenja u audio i video tehnici.
 - Merenja u bežičnim mrežama (signali mobilne telefonije, WiFi i sl.).
 - Softverski definisani radio (SDR) - spektralna merenja na bazi jeftinih SDR modula.
 - Softverska podrška za praćenje saobraćaja u mreži (*WireShark* i slični programski paketi). Grafička prezentacija podataka o saobraćaju (*MRTG - Multy Router Traffic Grapher* i slični programski paketi)

TEME KOJE SU POKRIVENE OVIM KURSOM

Povezivanje instrumenata sa računarom



TEME KOJE SU POKRIVENE OVIM KURSOM

Programski jezici za povezivanje sa instrumentima - primer C#

Nosilac

Amplituda [V]

Frekvencija [Hz]

AM modulisuci signal

Tip signala

Frekvencija [Hz]

Dubina modulacije [%]

Start AM Stop AM

```
Ag33210 v33210A = new Ag33210("USB0::0x0957::0x1507::MY48004091::0::INSTR");
v33210A.SCPi.RST.Command();
v33210A.SCPi.CLS.Command();
A = Convert.ToInt32(textBox1.Text);
F0 = Convert.ToInt32(textBox2.Text);
Fm = Convert.ToDouble(textBox3.Text);
K = Convert.ToDouble(textBox4.Text);

if (comboBox1.Text == "Sinusoidalni")
{
    v33210A.SCPi.APPLy.SINusoid.Command(F0, "HZ", A, "V", 0, "V");
    v33210A.SCPi.SOURce.AM.SOURce.Command("INTernal");
    v33210A.SCPi.SOURce.AM.INTernal.FUNCTion.SHAPe.Command("SINusoid");
    v33210A.SCPi.SOURce.AM.INTernal.FREQUency.Command(Fm, "HZ");
    v33210A.SCPi.SOURce.AM.DEPTh.Command(K, "PCT");
    v33210A.SCPi.OUTPUT.LOAD.Command("INFINity");
    v33210A.SCPi.SOURce.AM.STATe.Command(true);
}
```

Programski jezici za povezivanje sa instrumentima - primer LabView

Agilent 34401 Read Multiple Measurements .vi Front Panel

VISA resource name

Serial Configuration

Baud Rate: 9600

Parity: Even

Data Bits: 7

Function (0: DC Voltage)

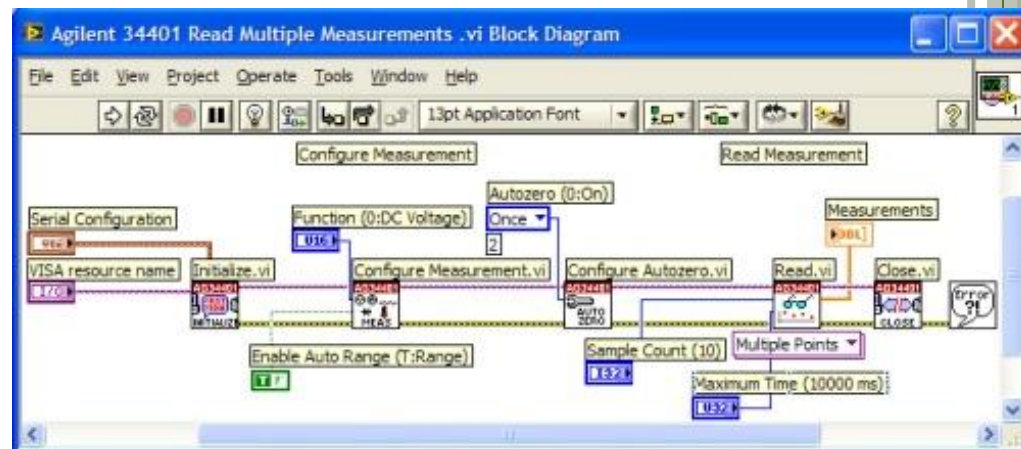
DC Voltage: 0

Sample Count (10): 1

Maximum Time (10000 ms): 10000

Measurements

0	0	0
---	---	---

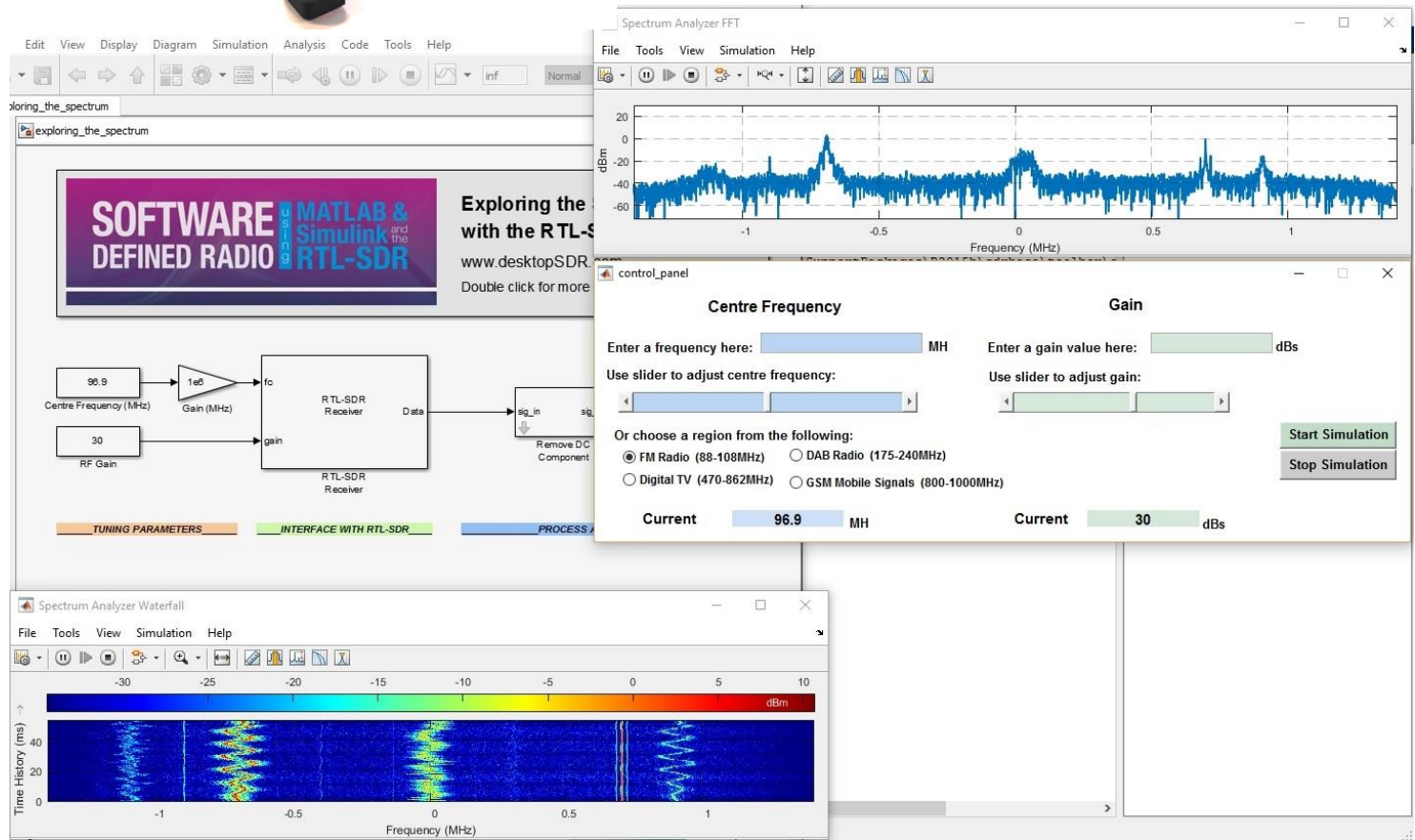


TEME KOJE SU POKRIVENE OVIM KURSOM



Softverski definisani radio (SDR)

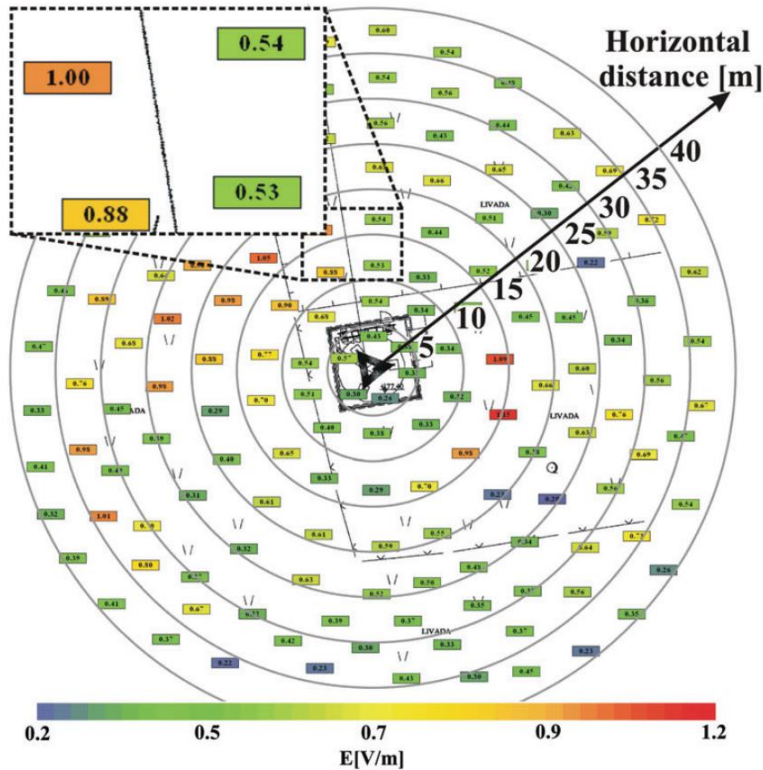
- spektralna merenja na bazi jeftinih SDR modula



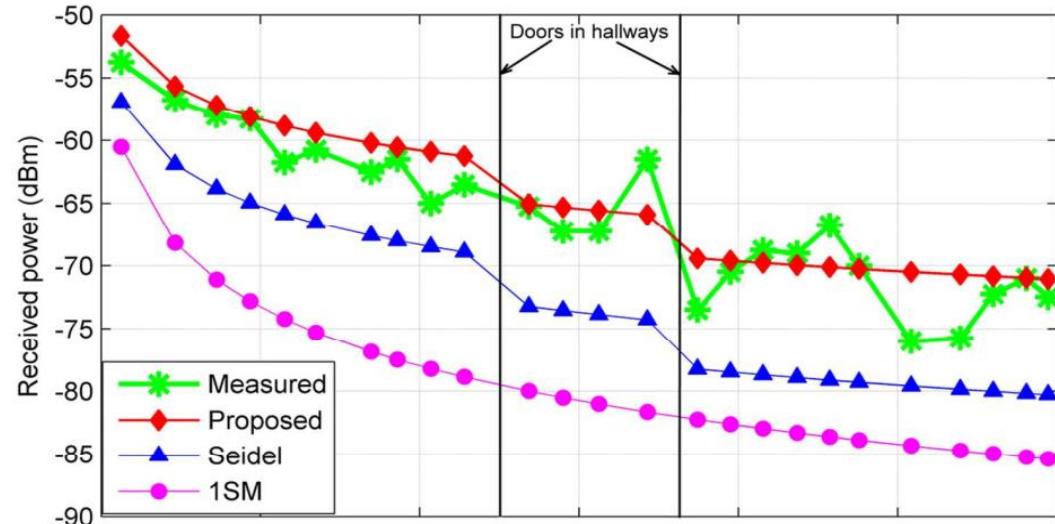
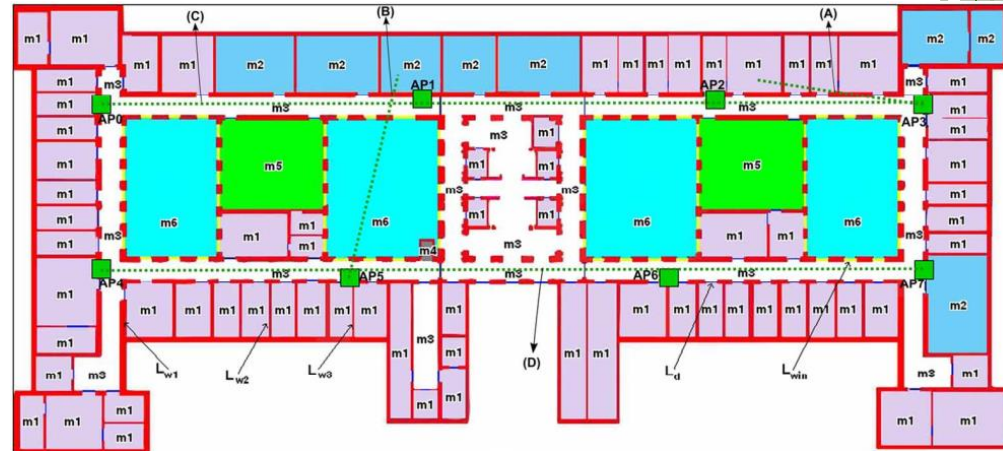
TEME KOJE SU POKRIVENE OVIM KURSOM

Merenja u bežičnim sistemima

Eletrično polje u okolini bazne stanice

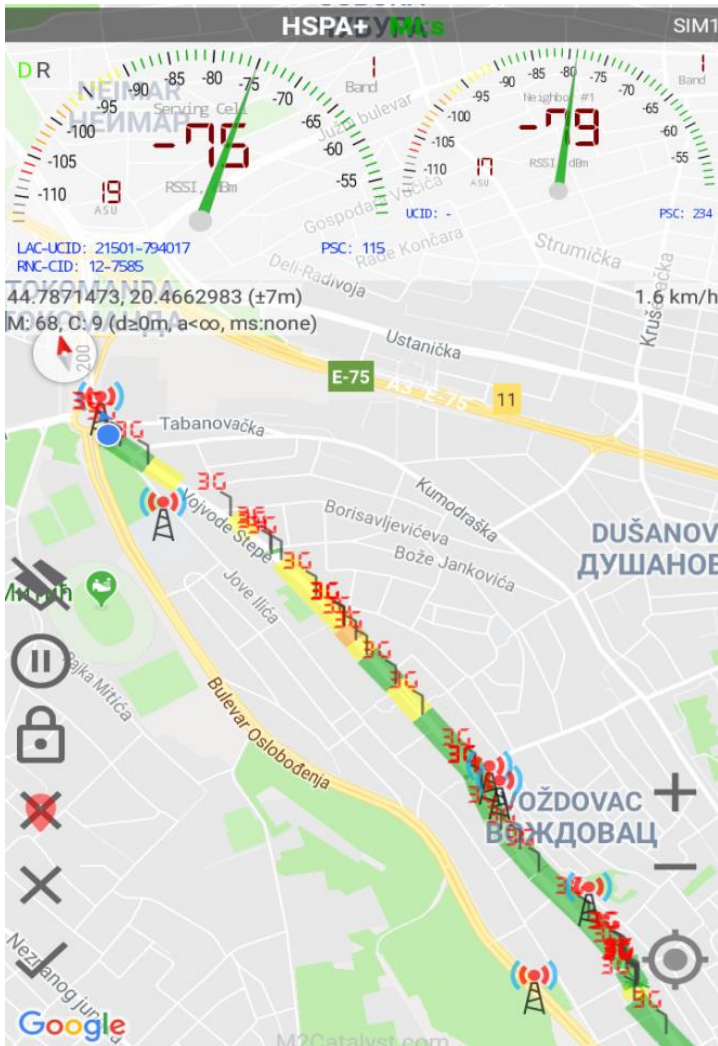


Propagacija WiFi signala u *indoor* okruženju

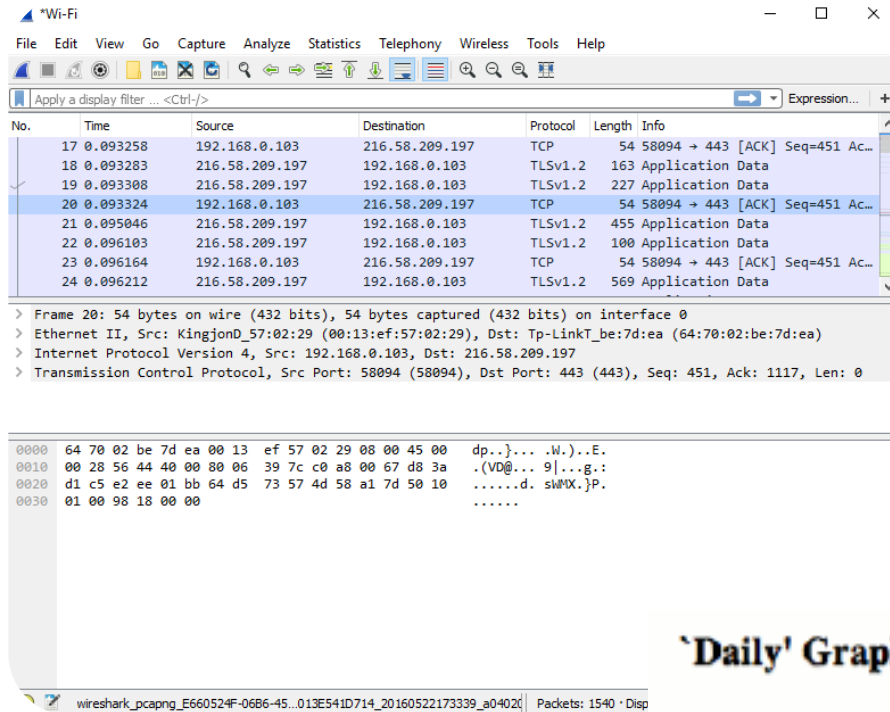


MERENJA U BEŽIČNIM SISTEMIMA

Nivo polja mobilnih operatera: VIP i MTS



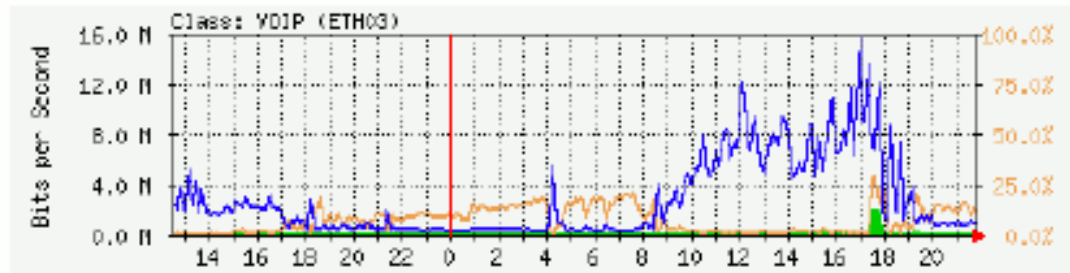
TEME KOJE SU POKRIVENE OVIM KURSOM



Praćenje saobraćaja u komunikacionim mrežama

Wireshark - program za praćenje, snimanje i analizu saobraćaja na mreži na nivou paketa

'Daily' Graph (5 Minute Average)



	Max	Average	Current
Class VOIP (ETH03):	2043.7 kb/s (6.2%)	102.4 kb/s (0.3%)	103.2 kb/s (0.3%)
ETH03 Outgoing Traffic:	15.4 Mb/s (46.7%)	2670.0 kb/s (8.1%)	952.1 kb/s (2.9%)
Percentage	33.0 %	4.0 %	11.0 %

MRTG (Multi Router Traffic Grapher) - program za praćenje saobraćaja na mreži na bazi SNMP protokola

TEME KOJE SU POKRIVENE OVIM KURSOM

○ Merni standardi i preporuke

- RFC 2544 / 6815, ITU-T Y.1563 / Y.1564, ...
- Specijalizovani instrumenti za testiranje protokola i kvaliteta servisa.
- Pisanje izveštaja o obavljenom merenju.

