

Radijske pristupne mreže

Prof. dr. sc. Mislav Grgić

Nastavnici i kontakt-podaci

- Nositelji:** Prof. dr. sc. Mislav Grgić - predavanja
Doc. dr. sc. Gordan Šišul - predavanja
- Izvođači:** Jelena Božek, dipl. ing. - vježbe / AHyCo
- ISVU šifra:** 34432
- Ured:** prostorija C-11-06, Zavod za radiokomunikacije,
C-zgrada, 11. kat
- Lab. vježbe:** računalni laboratorij, Zavod za radiokomunikacije,
C-zgrada, 12. kat
- E-mail:** "uobičajeni format"
- Telefon:** (01) 6129 851 / 6129 857

Nastavnici i kontakt-podaci

- **Studenti (ak. god. 2008. / 2009.)**

- | | |
|--------------------------|-----------------------|
| 1. Adamić, Vladimir | 15. Kukina, Irena |
| 2. Bartolić, Domagoj | 16. Lovrinić, Jan |
| 3. Boc, Marijo | 17. Luketić, Iva |
| 4. Brabenec, Ivan | 18. Machiedo, Ante |
| 5. Brblić, Marija | 19. Matić, Josip |
| 6. Brkić, Ivan | 20. Okorn, Boris |
| 7. Brletić, Nikola | 21. Pelaić, Hrvoje |
| 8. Brzica, Maja | 22. Petran, Teo |
| 9. Cerovec, Dejan | 23. Petrović, Juraj |
| 10. Grgurić, Ivan | 24. Šain, Sanja |
| 11. Hausknecht, Krešimir | 25. Štefulić, Marko |
| 12. Jagustin, Petar | 26. Tralić, Dijana |
| 13. Juričev-Sudac, Luka | 27. Vuglenović, Josip |
| 14. Krešić, Joško | 28. Vuković, Josip |

**Predavanja i ostali materijali
o predmetu dostupni su na:**

<http://www.fer.hr/predmet/rpm>

Organizacija nastave i ispita

Opće kompetencije

- usvajanje temeljnih pojmova i znanja vezanih uz karakteristike radijskih pristupnih mreža
- pregled radijskih pristupnih tehnologija
- temeljna obilježja WLAN tehnologija
- modulacijski postupak, multipleksiranje i frekvencijski spektar
- norme za WLAN
- tipične usluge u WLAN mrežama
- pitanja sigurnosti radijskog umrežavanja
- WiMAX mreže
- mjerenja radijskih parametara

Kalendar nastave

Kalendar nastave za ak. god. 2008./09.

Nastavni program FER – 2
Preddiplomski i diplomski studij

	RUJAN					LISTOPAD					STUDENI				
Po	1	8	15	22	29	6	13	20	27		3	10	17	24	
Ut	2	9	16	23	30	7	14	21	28		4	11	18	25	
Sr	3	10	17	24		1	8	15	22	29	5	12	19	26	
Če	4	11	18	25		2	9	16	23	30	6	13	20	27	
Pe	5	12	19	26		3	10	17	24	31	7	14	21	28	
Su	6	13	20	27		4	11	18	25		1	8	15	22	29
Ne	7	14	21	28		5	12	19	26		2	9	16	23	30
	PROSINAC					SIJEČANJ					VELJAČA				
Po	1	8	15	22	29	5	12	19	26		2	9	16	23	
Ut	2	9	16	23	30	6	13	20	27		3	10	17	24	
Sr	3	10	17	24	31	7	14	21	28		4	11	18	25	
Če	4	11	18	25		1	8	15	22	29	5	12	19	26	
Pe	5	12	19	26		2	9	16	23	30	6	13	20	27	
Su	6	13	20	27		3	10	17	24	31	7	14	21	28	
Ne	7	14	21	28		4	11	18	25		1	8	15	22	
	OŽUJAK					TRAVANJ					SVIBANJ				
Po	2	9	16	23	30	6	13	20	27		4	11	18	25	
Ut	3	10	17	24	31	7	14	21	28		5	12	19	26	
Sr	4	11	18	25		1	8	15	22	29	6	13	20	27	
Če	5	12	19	26		2	9	16	23	30	7	14	21	28	
Pe	6	13	20	27		3	10	17	24		1	8	15	22	29
Su	7	14	21	28		4	11	18	25		2	9	16	23	30
Ne	1	8	15	22	29	5	12	19	26		3	10	17	24	31
	LIPANJ					SRPANJ					KOLOVOZ				
Po	1	8	15	22	29	6	13	20	27		3	10	17	24	31
Ut	2	9	16	23	30	7	14	21	28		4	11	18	25	
Sr	3	10	17	24		1	8	15	22	29	5	12	19	26	
Če	4	11	18	25		2	9	16	23	30	6	13	20	27	
Pe	5	12	19	26		3	10	17	24	31	7	14	21	28	
Su	6	13	20	27		4	11	18	25		1	8	15	22	29
Ne	7	14	21	28		5	12	19	26		2	9	16	23	30

20	Tjedni u kojima se održava nastava	8	Blagdani i neradni dani u R. Hrvatskoj
19	Završni ispit, ponovljeni ispit	17	Sjednice FV
13	Tjedni u kojima se održava međuispit	8	Početak nastave u semestrima
2	Obrane završnih radova	22	Praznici za studente
9	Upisi i vještine	21	Dan Fakulteta
		27	Vještine

Sadržaj predmeta

04.03.2009. Uvodni sat; WLAN1	}	1. ciklus
11.03.2009. WLAN2		
18.03.2009. WLAN3		
25.03.2009. WLAN4		
15.04.2009. WLAN5	}	2. ciklus
22.04.2009. 1. laboratorijska vježba		
29.04.2009. WiMAX1		
06.05.2009. WiMAX2		
27.05.2009. WiMAX3	}	3. ciklus
03.06.2009. WiMAX4		
10.06.2009. WiMAX5		
17.06.2009. 2. laboratorijska vježba		

Literatura

- M. P. Clark, *Wireless Access Networks: Fixed Wireless Access and WLL networks - Design and Operation*, John Wiley & Sons, Chichester, 2000.
- D. H. Morais, *Fixed Broadband Wireless Communications: Principles and Practical Applications*, Prentice Hall, Upper Saddle River, 2004.
- R. Pandya, *Introduction to WLLs: Application and Deployment for Fixed and Broadband Services*, IEEE Press, Piscataway, 2004.
- H.R. Anderson, *Fixed Broadband Wireless System Design*, John Wiley & Sons, Chichester 2003.

Literatura



Kalendar nastave

Tjedni u kojima će se održavati predavanja

- 1. ciklus
 - 02. 03. - 27. 03. 2009.
- 2. ciklus
 - 14. 04. - 08. 05. 2009.
- 3. ciklus
 - 25. 05. - 19. 06. 2009.

	RUJAN					LISTOPAD					STUDENI				
Po	1	8	15	22	29	6	13	20	27		3	10	17	24	
Ut	2	9	16	23	30	7	14	21	28		4	11	18	25	
Sr	3	10	17	24		1	8	15	22	29	5	12	19	26	
Če	4	11	18	25		2	9	16	23	30	6	13	20	27	
Pe	5	12	19	26		3	10	17	24	31	7	14	21	28	
Su	6	13	20	27		4	11	18	25		1	8	15	22	29
Ne	7	14	21	28		5	12	19	26		2	9	16	23	30
	PROSINAC					SIJEČANJ					VELJAČA				
Po	1	8	15	22	29	5	12	19	26		2	9	16	23	
Ut	2	9	16	23	30	6	13	20	27		3	10	17	24	
Sr	3	10	17	24	31	7	14	21	28		4	11	18	25	
Če	4	11	18	25		1	8	15	22	29	5	12	19	26	
Pe	5	12	19	26		2	9	16	23	30	6	13	20	27	
Su	6	13	20	27		3	10	17	24	31	7	14	21	28	
Ne	7	14	21	28		4	11	18	25		1	8	15	22	
	OŽUJAK					TRAVANJ					SVIBANJ				
Po		2	9	16	23	30	6	13	20	27	4	11	18	25	
Ut		3	10	17	24	31	7	14	21	28	5	12	19	26	
Sr		4	11	18	25		1	8	15	22	6	13	20	27	
Če		5	12	19	26		2	9	16	23	7	14	21	28	
Pe		6	13	20	27		3	10	17	24	1	8	15	22	29
Su		7	14	21	28		4	11	18	25	2	9	16	23	30
Ne	1	8	15	22	29		5	12	19	26	3	10	17	24	31
	LIPANJ					SRPANJ					KOLOVOZ				
Po	1	8	15	22	29	6	13	20	27		3	10	17	24	31
Ut	2	9	16	23	30	7	14	21	28		4	11	18	25	
Sr	3	10	17	24		1	8	15	22	29	5	12	19	26	
Če	4	11	18	25		2	9	16	23	30	6	13	20	27	
Pe	5	12	19	26		3	10	17	24	31	7	14	21	28	
Su	6	13	20	27		4	11	18	25		1	8	15	22	29
Ne	7	14	21	28		5	12	19	26		2	9	16	23	30

Kalendar nastave

Održavanje predavanja

- srijedom od 12 do 14 sati
- prvo predavanje: srijeda, 2. ožujka 2009.
- predavanja se izvode u jednom turnusu
- predavanja će se održavati u seminaru Zavoda za radiokomunikacije, 12. kat
- predavanja će biti izvođena uz korištenje PowerPoint (PPT) prezentacija
- PPT-predavanja bit će dostupna na web-stranicama predmeta u PDF obliku (1 slajd na jednoj stranici)
- web-stranica predmeta je: <http://www.fer.hr/predmet/rpm>

Kalendar nastave

Tjedni u kojima se održavaju laboratorijske vježbe

- 1. laboratorijska vježba
– 22. 04. 2009.
- 2. laboratorijska vježba
– 17. 06. 2009.

	RUJAN					LISTOPAD					STUDENI				
Po	1	8	15	22	29	6	13	20	27		3	10	17	24	
Ut	2	9	16	23	30	7	14	21	28		4	11	18	25	
Sr	3	10	17	24		1	8	15	22	29	5	12	19	26	
Če	4	11	18	25		2	9	16	23	30	6	13	20	27	
Pe	5	12	19	26		3	10	17	24	31	7	14	21	28	
Su	6	13	20	27		4	11	18	25		1	8	15	22	29
Ne	7	14	21	28		5	12	19	26		2	9	16	23	30
	PROSINAC					SIJEČANJ					VELJAČA				
Po	1	8	15	22	29	5	12	19	26		2	9	16	23	
Ut	2	9	16	23	30	6	13	20	27		3	10	17	24	
Sr	3	10	17	24	31	7	14	21	28		4	11	18	25	
Če	4	11	18	25		1	8	15	22	29	5	12	19	26	
Pe	5	12	19	26		2	9	16	23	30	6	13	20	27	
Su	6	13	20	27		3	10	17	24	31	7	14	21	28	
Ne	7	14	21	28		4	11	18	25		1	8	15	22	
	OŽUJAK					TRAVANJ					SVIBANJ				
Po		2	9	16	23	30	6	13	20	27	4	11	18	25	
Ut		3	10	17	24	31	7	14	21	28	5	12	19	26	
Sr		4	11	18	25		1	8	15	22	6	13	20	27	
Če		5	12	19	26		2	9	16	23	7	14	21	28	
Pe		6	13	20	27		3	10	17	24	1	8	15	22	29
Su		7	14	21	28		4	11	18	25	2	9	16	23	30
Ne	1	8	15	22	29		5	12	19	26	3	10	17	24	31
	LIPANJ					SRPANJ					KOLOVOZ				
Po	1	8	15	22	29	6	13	20	27		3	10	17	24	31
Ut	2	9	16	23	30	7	14	21	28		4	11	18	25	
Sr	3	10	17	24		1	8	15	22	29	5	12	19	26	
Če	4	11	18	25		2	9	16	23	30	6	13	20	27	
Pe	5	12	19	26		3	10	17	24	31	7	14	21	28	
Su	6	13	20	27		4	11	18	25		1	8	15	22	29
Ne	7	14	21	28		5	12	19	26		2	9	16	23	30

Kalendar nastave

Tjedni u kojima se održavaju međuispiti, završni ispit i ponovljeni završni ispit

- 1. međuispit
– 30. 03. - 10. 04. 2009.
- 2. međuispit
– 11. 05. - 22. 05. 2009.
- Završni ispit
– 23. 06. - 03. 07. 2009.
- Ponovljeni završni ispit
– 06. 07. - 10. 07. 2009.

	RUJAN					LISTOPAD					STUDENI				
Po	1	8	15	22	29	6	13	20	27		3	10	17	24	
Ut	2	9	16	23	30	7	14	21	28		4	11	18	25	
Sr	3	10	17	24		1	8	15	22	29	5	12	19	26	
Če	4	11	18	25		2	9	16	23	30	6	13	20	27	
Pe	5	12	19	26		3	10	17	24	31	7	14	21	28	
Su	6	13	20	27		4	11	18	25		1	8	15	22	29
Ne	7	14	21	28		5	12	19	26		2	9	16	23	30
	PROSINAC					SIJEČANJ					VELJAČA				
Po	1	8	15	22	29	5	12	19	26		2	9	16	23	
Ut	2	9	16	23	30	6	13	20	27		3	10	17	24	
Sr	3	10	17	24	31	7	14	21	28		4	11	18	25	
Če	4	11	18	25		1	8	15	22	29	5	12	19	26	
Pe	5	12	19	26		2	9	16	23	30	6	13	20	27	
Su	6	13	20	27		3	10	17	24	31	7	14	21	28	
Ne	7	14	21	28		4	11	18	25		1	8	15	22	
	OŽUJAK					TRAVANJ					SVIBANJ				
Po	2	9	16	23	30	6	13	20	27		4	11	18	25	
Ut	3	10	17	24	31	7	14	21	28		5	12	19	26	
Sr	4	11	18	25		1	8	15	22	29	6	13	20	27	
Če	5	12	19	26		2	9	16	23	30	7	14	21	28	
Pe	6	13	20	27		3	10	17	24		1	8	15	22	29
Su	7	14	21	28		4	11	18	25		2	9	16	23	30
Ne	1	8	15	22	29	5	12	19	26		3	10	17	24	31
	LIPANJ					SRPANJ					KOLOVOZ				
Po	1	8	15	22	29	6	13	20	27		3	10	17	24	31
Ut	2	9	16	23	30	7	14	21	28		4	11	18	25	
Sr	3	10	17	24		1	8	15	22	29	5	12	19	26	
Če	4	11	18	25		2	9	16	23	30	6	13	20	27	
Pe	5	12	19	26		3	10	17	24	31	7	14	21	28	
Su	6	13	20	27		4	11	18	25		1	8	15	22	29
Ne	7	14	21	28		5	12	19	26		2	9	16	23	30

Kalendar nastave

Konkretni datumi međuispita i završnog ispita

- 1. međuispit
– nije definirano
- 2. međuispit
– nije definirano
- Završni ispit
– nije definirano
- Ponovljeni završni ispit
– nije definirano

	RUJAN					LISTOPAD					STUDENI				
Po	1	8	15	22	29	6	13	20	27		3	10	17	24	
Ut	2	9	16	23	30	7	14	21	28		4	11	18	25	
Sr	3	10	17	24		1	8	15	22	29	5	12	19	26	
Če	4	11	18	25		2	9	16	23	30	6	13	20	27	
Pe	5	12	19	26		3	10	17	24	31	7	14	21	28	
Su	6	13	20	27		4	11	18	25		1	8	15	22	29
Ne	7	14	21	28		5	12	19	26		2	9	16	23	30
	PROSINAC					SIJEČANJ					VELJAČA				
Po	1	8	15	22	29	5	12	19	26		2	9	16	23	
Ut	2	9	16	23	30	6	13	20	27		3	10	17	24	
Sr	3	10	17	24	31	7	14	21	28		4	11	18	25	
Če	4	11	18	25		1	8	15	22	29	5	12	19	26	
Pe	5	12	19	26		2	9	16	23	30	6	13	20	27	
Su	6	13	20	27		3	10	17	24	31	7	14	21	28	
Ne	7	14	21	28		4	11	18	25		1	8	15	22	
	OŽUJAK					TRAVANJ					SVIBANJ				
Po	2	9	16	23	30	6	13	20	27		4	11	18	25	
Ut	3	10	17	24	31	7	14	21	28		5	12	19	26	
Sr	4	11	18	25		1	8	15	22	29	6	13	20	27	
Če	5	12	19	26		2	9	16	23	30	7	14	21	28	
Pe	6	13	20	27		3	10	17	24		1	8	15	22	29
Su	7	14	21	28		4	11	18	25		2	9	16	23	30
Ne	1	8	15	22	29	5	12	19	26		3	10	17	24	31
	LIPANJ					SRPANJ					KOLOVOZ				
Po	1	8	15	22	29	6	13	20	27		3	10	17	24	31
Ut	2	9	16	23	30	7	14	21	28		4	11	18	25	
Sr	3	10	17	24		1	8	15	22	29	5	12	19	26	
Če	4	11	18	25		2	9	16	23	30	6	13	20	27	
Pe	5	12	19	26		3	10	17	24	31	7	14	21	28	
Su	6	13	20	27		4	11	18	25		1	8	15	22	29
Ne	7	14	21	28		5	12	19	26		2	9	16	23	30

Kako položiti ispit iz RPM-a?

Laboratorijske vježbe

- laboratorijske vježbe održavat će se u računalnom laboratoriju na 12. katu C-zgrade u terminu predavanja:
 - 1. laboratorijska vježba, 22. 04. 2009. (pokazna vježba)
 - 2. laboratorijska vježba, 17. 06. 2009. (vježba u Matlabu)
- pisane upute za laboratorijske vježbe bit će dostupne na web-stranicama predmeta najkasnije 7 dana prije održavanja vježbi

Kako položiti ispit iz RPM-a?

Laboratorijske vježbe

- laboratorijske vježbe tematski će biti povezane s gradivom obrađenim na predavanjima pa se stoga preporučuje redovito pohađanje predavanja
- nakon što obradi pojedinu vježbu, student treba kolokvirati vježbu
- kolokvij se provodi u obliku usmene diskusije o gradivu obrađenom na vježbi
- na pojedinoj laboratorijskoj vježbi može se postići od 0 do 5 bodova
- pohađanje laboratorijskih vježbi nije obvezno

Kako položiti ispit iz RPM-a?

Međuispiti

- 1. i 2. međuispit sastoje se od 12 pitanja
 - svako pitanje ima 5 ponuđenih odgovora
- točan odgovor na pitanje donosi 2 boda
- netočan odgovor na pitanje donosi pola negativnog boda (-0,5)
- pitanje bez odabranog odgovora donosi 0 bodova
- ukupan broj bodova koji se može ostvariti na svakom međuispitu iznosi 24 (ukupno 48 bodova na dva međuispita)
- svaki međuispit traje 40 minuta
- pitanja na pojedinom međuispitu tematski će biti povezana s gradivom obrađenim na predavanjima i laboratorijskim vježbama u prethodnom ciklusu
- nema preuvjeta (praga) za izlazak na 2. međuispit

Kako položiti ispit iz RPM-a?

Završni ispit

- završni ispit sastoji se od 16 pitanja
 - svako pitanje ima 5 ponuđenih odgovora
- točan odgovor na pitanje donosi 2 boda
- netočan odgovor na pitanje donosi pola negativnog boda (-0,5)
- pitanje bez odabranog odgovora donosi 0 bodova
- ukupan broj bodova koji se može ostvariti na završnom ispitu iznosi 32
- završni ispit traje 50 minuta
- pitanja na završnom ispitu tematski će biti povezana s cjelokupnim gradivom obrađenim na svim predavanjima i laboratorijskim vježbama iz predmeta Radijske pristupne mreže
- nema preduvjeta (praga) za izlazak na završni ispit

Kako položiti ispit iz RPM-a?

Ukupan broj bodova - izvan "Gausa"

- 1. međuispit - do 24 bodova (12 pitanja, 40 minuta)
- 2. međuispit - do 24 bodova (12 pitanja, 40 minuta)
- završni ispit - do 32 bodova (16 pitanja, 50 minuta)
- usmeni ispit - do 10 bodova
- laboratorijske vježbe - do 10 bodova (2 vježbe, 2 x 45 minuta)
- ukupan broj bodova - do 100 bodova
- student je položio ispit ako je ukupno ostvario **50** ili više bodova, a ocjene se utvrđuju prema bodovnoj tablici:

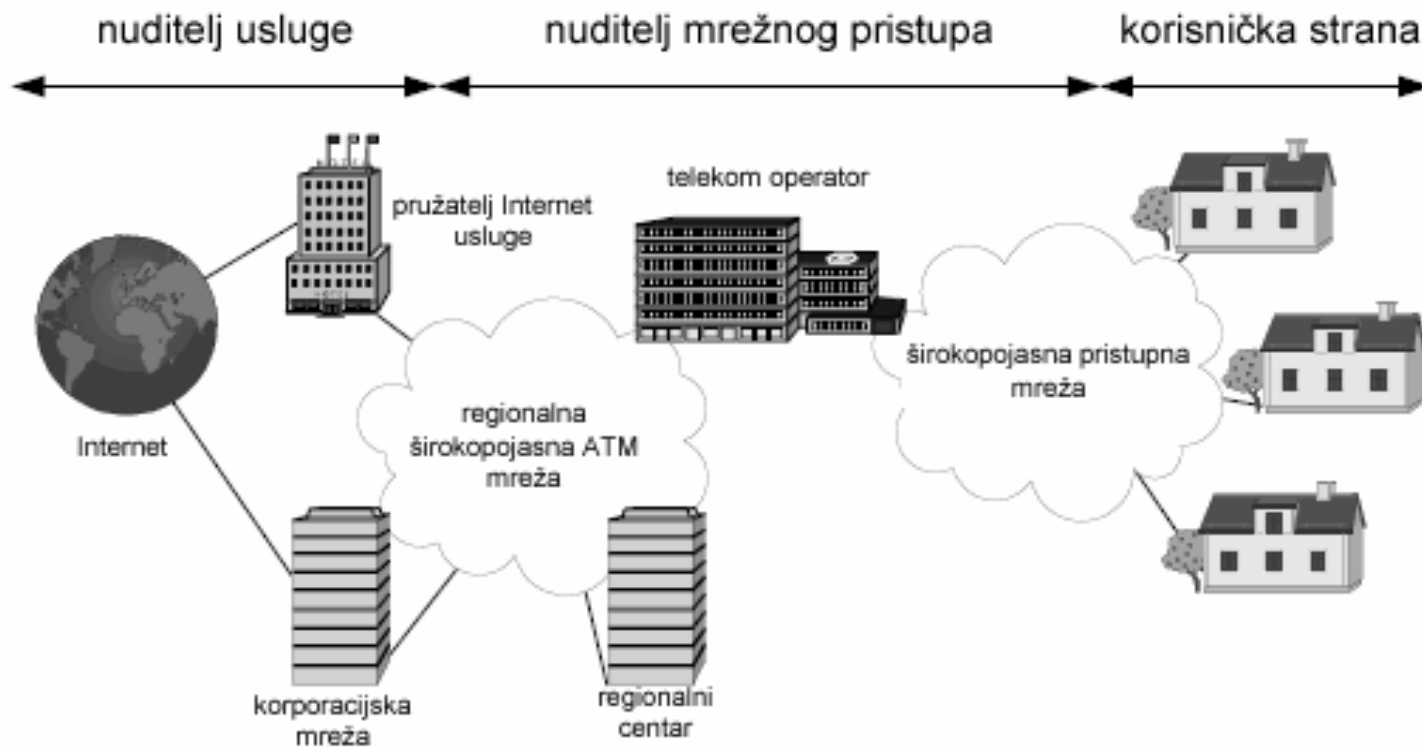
BROJ BODOVA	OCJENA
od 90 do 100	5
od 80 do 89,5	4
od 60 do 79,5	3
od 50 do 59,5	2

Radijske pristupne tehnologije

- razvoj Interneta donio je revoluciju u cijeloj telekomunikacijskoj mreži pa tako i u njezinom pristupnom segmentu
- Nove usluge zahtijevaju prijenosne kapacitete koji su puno veći od onih u PSTN (*Public Switched Telephone Network*)
- Primjenom metoda kompresije (JPEG, MPEG, ...) stvorena je lepeza usluga koje se temelje na prijenosu videosignala:
 - videokonferencije (dodatna usluga standardnoj govornoj usluzi),
 - telemedicina – davanje stručne ocjene na daljinu,
 - teleedukacija – učenje na daljinu,
 - prijenos digitalnog videosignala,
 - mrežne igre itd.

Pristupna mreža u telekomunikacijskom sustavu

- Pristupna mreža dio je cjelokupne telekomunikacijske mreže koji služi krajnjem korisniku za pristup osnovnoj mreži



Radijska lokalna petlja

- Radijska pretplatnička linija (WLL, *Wireless Local Loop*) je pojam koji se rabi za radiokomunikacijsku vezu koja predstavlja zadnju fizičku vezu (*last mile*) putem koje se telekomunikacijskim korisnicima pruža pristup do fiksne telefonske mreže (POTS, *Plain Old Telephone Service*) ili širokopojasnog Interneta
- Postoji veliki broj WLL sustava i tehnologija
- Ostali pojmovi koji su izravno vezani uz WLL sustave su:
 - *Broadband Wireless Access* (BWA),
 - *Radio In The Loop* (RITL),
 - *Fixed-Radio Access* (FRA),
 - *Fixed Wireless Access* (FWA)

Radijske pristupne tehnologije

- Temeljni zahtjevi na radijske tehnologije:
 - prijenos podataka što većom brzinom,
 - prijenos podataka na što veću udaljenost,
 - što manja potrošnja električne energije iz baterije
- Koncept radijskih pristupnih mreža (*Wireless Area Networks*):
 - Radijska mreža za osobne potrebe (WPAN, *Wireless Personal Area Network*); IEEE norma 802.15

Služi za povezivanje prijenosnih i mobilnih uređaja (osobna računala, printeri, mobilni telefoni, zvučnici, ...) na ograničenom području.

Podržavaju prijenos govora i podataka. Manje je područje pokrivanja (tipično do 10 metara). Niže su brzine prijenosa (tipično 19,2-100 kbit/s, najviše oko 800 kbit/s (neke tehnologije i više). Mrežni uređaji su malih dimenzija i imaju malu potrošnju.

Radijske pristupne tehnologije (nastavak)

Najpoznatije tehnologije iz WPAN skupine:

- *Bluetooth* — nadomještava kabelsku vezu (domet do 10 m), koristi nelicencirani frekvencijski pojas na 2,4 GHz i brzine prijenosa reda veličine stotina kbit/s do 2-3 Mbit/s (Bluetooth 2.0 + EDR)



Radijske pristupne tehnologije (nastavak)

- *Radijski USB (Wireless USB)* — radijska nadogradnja klasične USB fiksne (žične) tehnologije, ultra širokopolasna tehnologija (brzine prijenosa 480 Mbit/s za udaljenosti do 3 m i 110 Mbit/s za udaljenosti do 10 m). Smještena je u frekvencijski pojas od 3,1 – 10,6 GHz



- *ZigBee* — predviđa se korištenje nelicenciranih pojaseva oko 2,4 GHz ili 900 MHz, domet od 10 do 75 m, brzine prijenosa su niže nego kod Bluetooth tehnologije, namijenjen je ponajprije za nadzor i upravljanje
- *HIPERPAN (High Performance Personal Area Network)* — Europska norma

Radijske pristupne tehnologije (nastavak)

- Usporedba nekoliko digitalnih RF sustava

Norma	Radijski USB 1.0	Bluetooth 3.0 (predložen)	IEEE norma 802.11n	Bluetooth 2.0 + EDR
Frekvencijsko područje	3,1 - 10,6 GHz	UWB (nije potvrđeno)	2,4 / 5 GHz	2,4 GHz
Brzina prijenosa	480 / 110 Mbit/s	53 - 480 Mbit/s	300 - 600 Mbit/s	Najviše 3 Mbit/s
Udaljenost	3 / 10 m	nepoznato	do 100 m	1 - 100 m
Vrsta modulacije	MB-OFDM	MB-OFDM	DSSS, DBPSK, DQPSK, CCK, OFDM	GFSK

Radijske pristupne tehnologije (nastavak)

- Radijska lokalna mreža (WLAN, *Wireless Local Area Network* ili *RLAN, Radio Local Area Network*)

Ostvaruje srednje veličine područja pokrivanja (tipično 100 m oko pristupne točke) i srednje brzine prijenosa (11, 54 pa do 300 Mbit/s) na račun nešto veće potrošnje. Služi za pristup već postojećima kabelskim Ethernet mrežama.

Najpoznatije tehnologije su:

- Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) — odnosno ostale verzije IEEE norme 802.11. Predviđen je rad u nelicenciranom području frekvencija od 2,4 GHz i u licenciranom području oko 5 GHz.
- HiperLAN (*High Performance Radio Local Area Network*) — je norma Europskog instituta za telekomunikacijske standarde (ETSI, *European Telecommunications Standards Institute*) u okviru projekta BRAN (*Broadband Radio Access Networks*). Predviđen je rad u licenciranom području frekvencija od 5 GHz uz brzine prijenosa do 54 Mbit/s.



Radijske pristupne tehnologije (nastavak)

- Radijska mreža gradskog područja (WMAN, *Wireless Metropolitan Area Network*); skupina IEEE normi 802.16 - WirelessMAN

Poslužit će kao nadomjestak kablenskome, ISDN ili DSL modemu. Omogućuje fiksno dvosmjerno radijsko povezivanje i prijenos širokopojasnih usluga na veće udaljenosti uz uporabu *point-to-multipoint* mreža.

Predviđeni su dometi od oko 1,5 do 3 km, a u višem području frekvencija i manje.

Podržava prijenos brzinom od oko 20 do oko 75 Mbit/s.

Područja frekvencija rada obično su 3,4 – 3,6 GHz ili 24,5 – 26,5 GHz. Neke zemlje dopuštaju rad i u još nekim područjima frekvencije.

Radijske pristupne tehnologije (nastavak)

WMAN tehnologije:

- WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) — komercijalni je naziv za tehnologiju po IEEE normi 802.16 Dodatak normi (2005.) koji podržava pokretljivost unutar mreže omogućio je da pokretna WiMAX tehnologija postane komplementarna pokretnim 3G mrežama. 3G mreže imaju znatno veći domet, ali manju propusnost (tipično oko 400 kbit/s).
U usporedbi s Wi-Fi mrežama WiMAX postiže slične brzine prijenosa, ali uz znatno veći domet.
- HIPERMAN (*High Performance Radio Metropolitan Area Network*) — ETSI norma. Mreže su predviđene za rad u području od 2 – 11 GHz (većina Europskih zemalja namijenila je pojas od 3,4 – 3,6 GHz, a neke i u području od 10 GHz).
- HIPERACCESS (*High Performance Radio Access*) — ETSI norma. Mreže su predviđene za rad u području iznad 11 GHz.

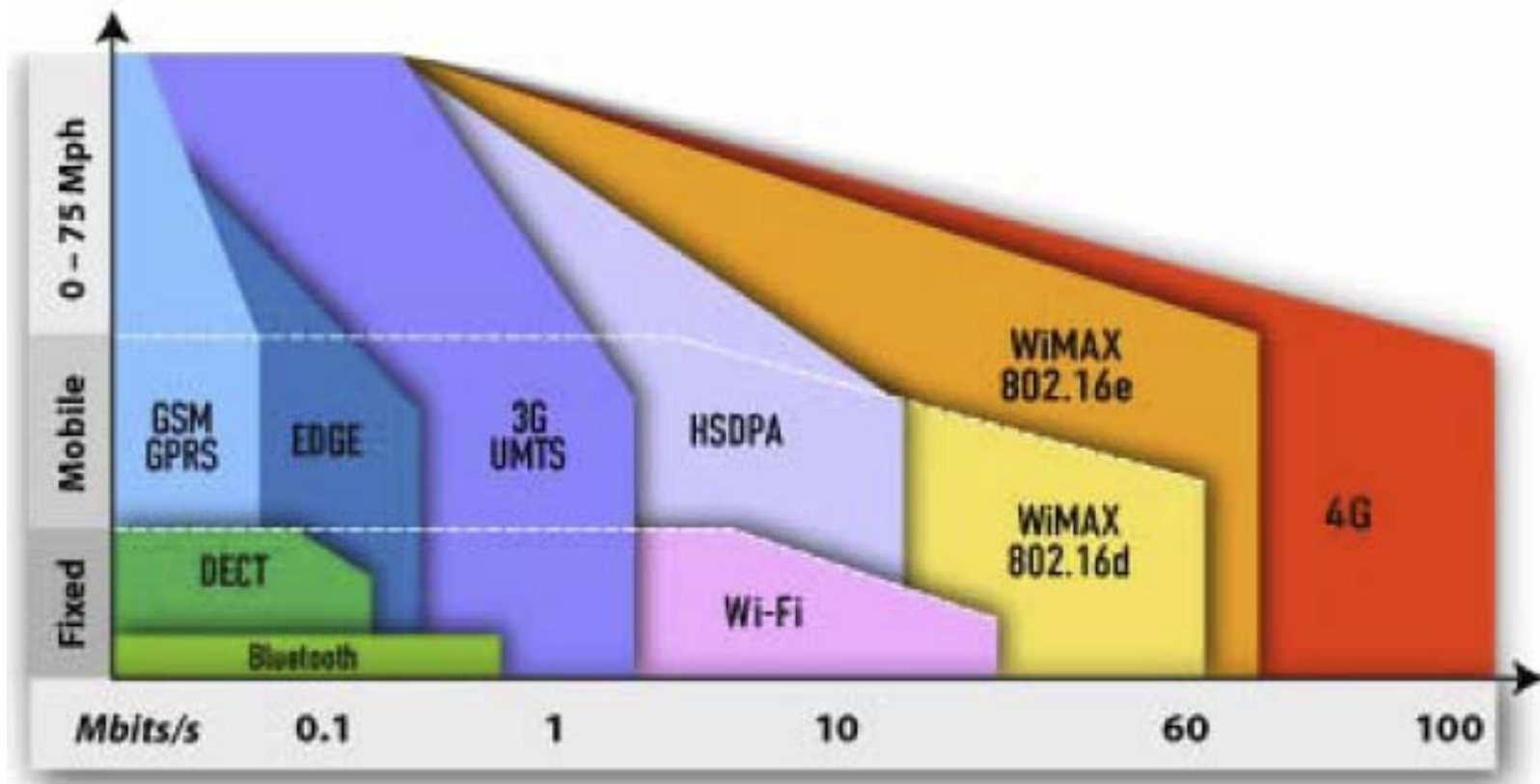
Radijske pristupne tehnologije (nastavak)

- Radijska mreža šireg područja (WWAN, *Wireless Wide Area Network*)

Širokopojasna radijska tehnologija namijenjena ponajprije mobilnim korisnicima. 2002. godine osnovana je IEEE radna skupina *Mobile Broadband Wireless Access* (MBWA) s ciljem definiranja norme za radijsko sučelje paketskog sustava za potrebe usluga temeljenih na TCP/IP tehnologiji.

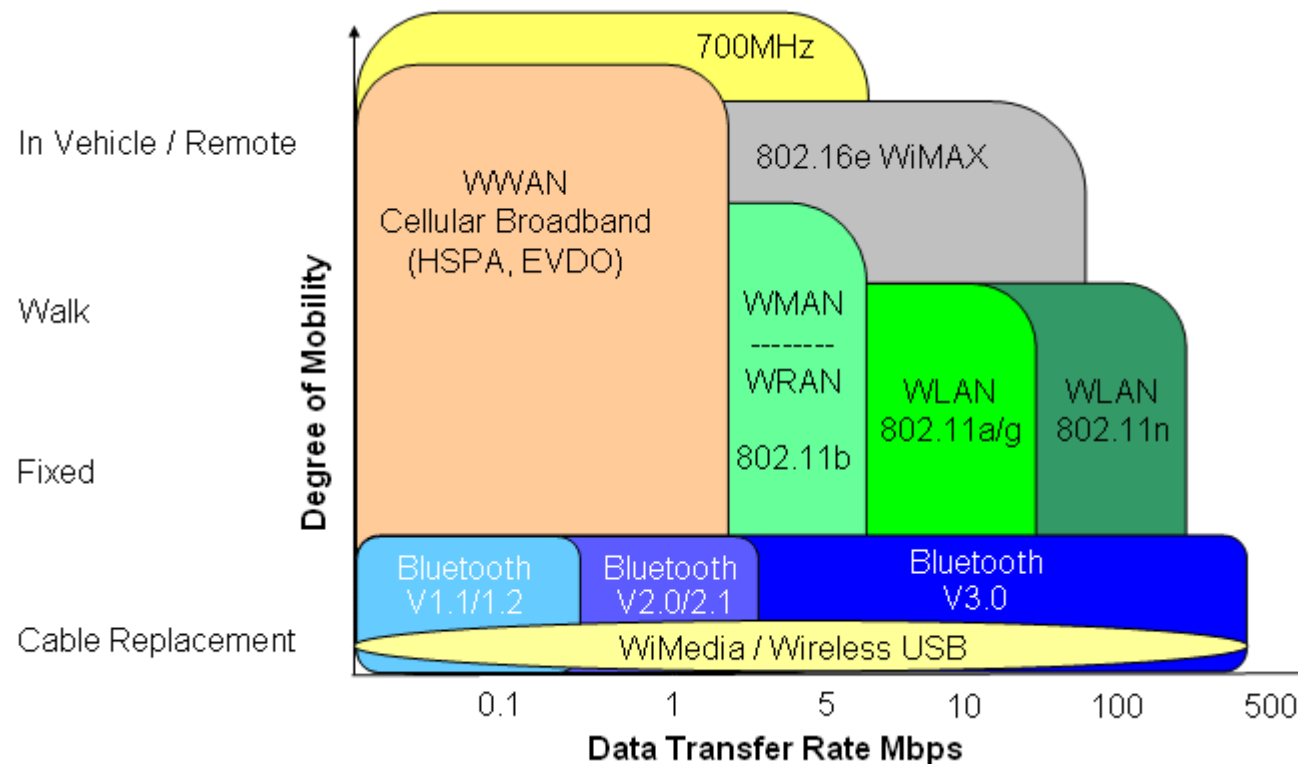
Radijske pristupne tehnologije (nastavak)

Pregled tehnologija s obzirom na brzine prijenosa i pokretljivost korisnika



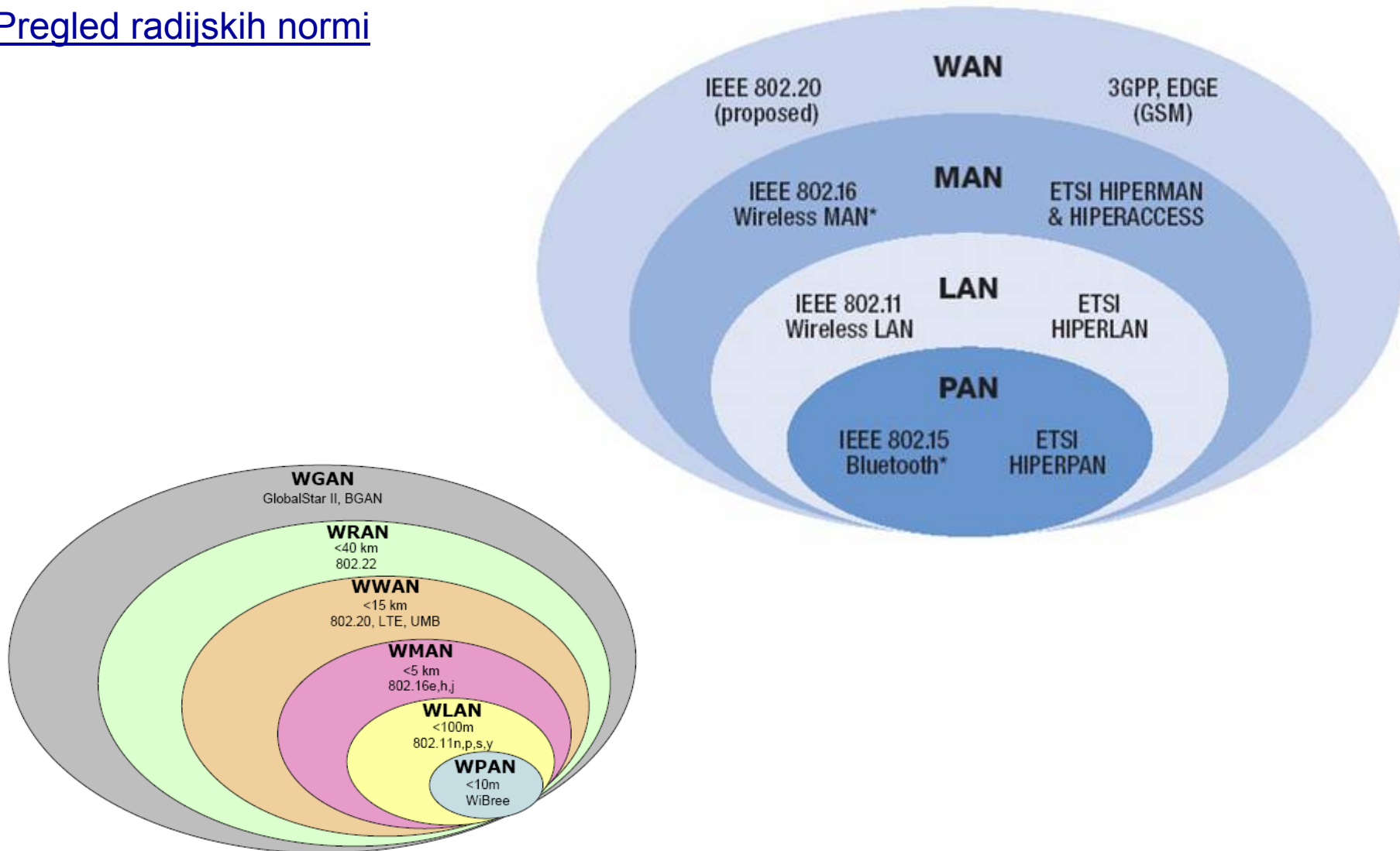
Radijske pristupne tehnologije (nastavak)

Pregled tehnologija s obzirom na brzine prijenosa i pokretljivost korisnika



Radijske pristupne tehnologije (nastavak)

Pregled radijskih normi



Uvodno o WLAN-u

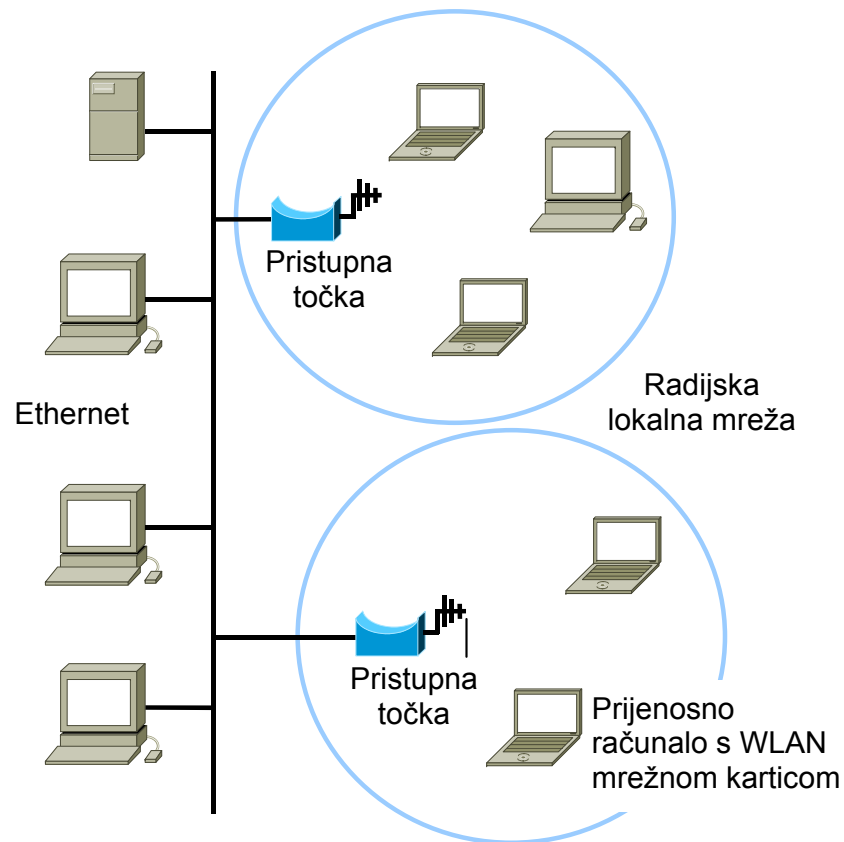
Što je i čemu služi WLAN?

- Lokalne mreže (LAN, *Local Area Network*) su mreže računala koje pokrivaju relativno malo geografsko područje, a služe za međusobno povezivanje radnih postaja, osobnih računala, printera, poslužitelja, telefona, periferne opreme, osjetila i drugih sličnih uređaja na određenoj lokaciji
- Radijske lokalne mreže (WLAN) su vrsta lokalnih mreža koje za prijenos informacije između mrežnih čvorova rabe elektromagnetske valove u radijskom ili infracrvenom frekvencijskom području
- WLAN je fleksibilni sustav za prijenos podataka koji se može rabiti kao proširenje fiksne lokalne mreže ili njezina alternativa na ograničenom manjem području

Tipična konfiguracija WLAN-a

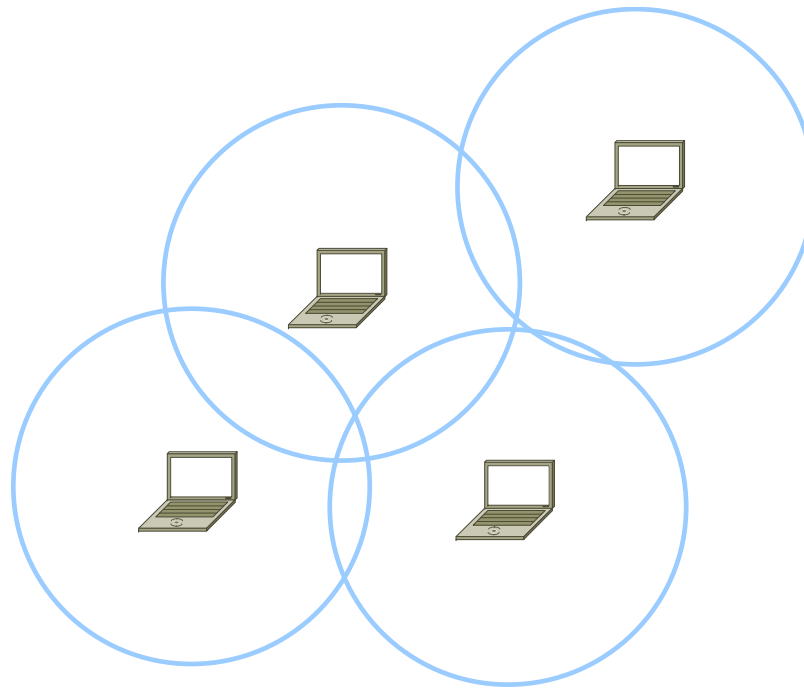
- Krajnji korisnici pristupaju WLAN mreži preko WLAN mrežnih kartica (NIC, *Network Interface Card*), koje su sastavni dio osobnih računala, te pristupnih točaka (AP, *Access Point*)

- WLAN mrežne kartice predstavljaju radijsko mrežno sučelje i omogućavaju povezivanje mrežnog operacijskog sustava (NOS, *Network Operating System*) korisnika i radiofrekvencijskih valova (preko antene), a
- pristupne točke služe za povezivanje radijske i fiksne LAN mreže na fiksnoj lokaciji koristeći standardni Ethernet kabel



Ad hoc povezivanje i radijski Ethernet

- Najjednostavniji način povezivanja mrežnih postaja u WLAN mreži je proizvoljno (*ad hoc*) povezivanje neovisnih radijskih mrežnih čvorova koji ravnopravno komuniciraju (*peer-to-peer*)



- **Radijski Ethernet** je pojam koji se rabi kao sinonim za WLAN po IEEE normi 802.11

Optički LAN (IrDA)

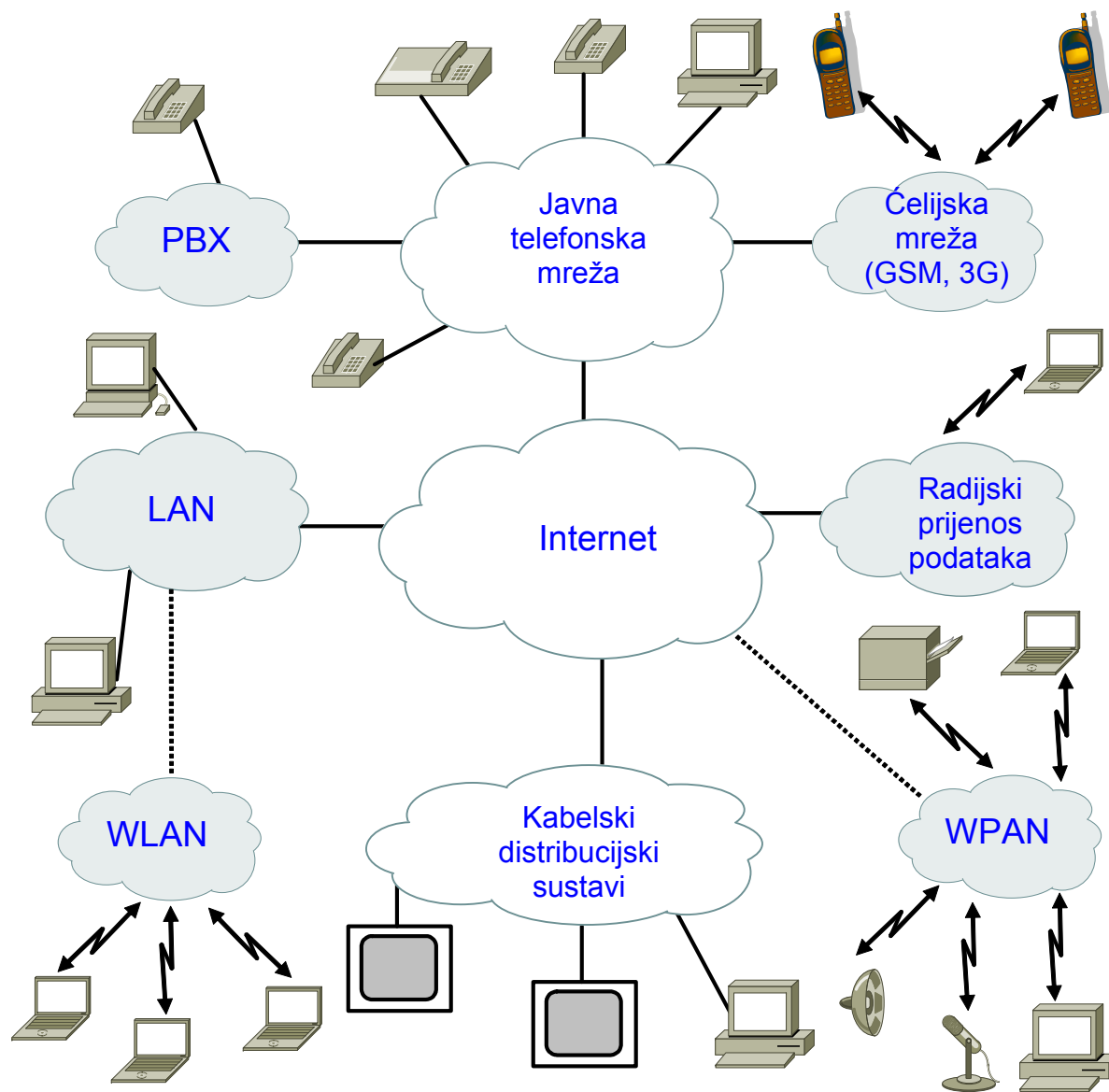
- Dva osnovna prijenosna medija koja se koriste kod WLAN-a:
 - optički – infracrveni dio spektra,
 - radijski
- Jedinice za infracrveni WLAN su tehnički jednostavni uređaji (prema tome i jeftini)
 - IrDA 1.1 (*Infrared Data Association*) komunikacijski sustav podržava brzine prijenosa od 2,4 kbit/s do 16 Mbit/s
 - Tvrtka Microsoft uključila je podršku za IrDA normu u svoj glavni proizvod MS Windows, omogućujući time vezu između PC-a i perifernih komponenata po vrlo niskoj cijeni
 - Potencijalno su vrlo jake smetnje od djelovanja sunčeve svjetlosti ili pak fluorescentnih svjetiljki. U takvim uvjetima odnos signal/smetnja može postati jako loš.



Pristup fiksnoj mrežnoj infrastrukturi

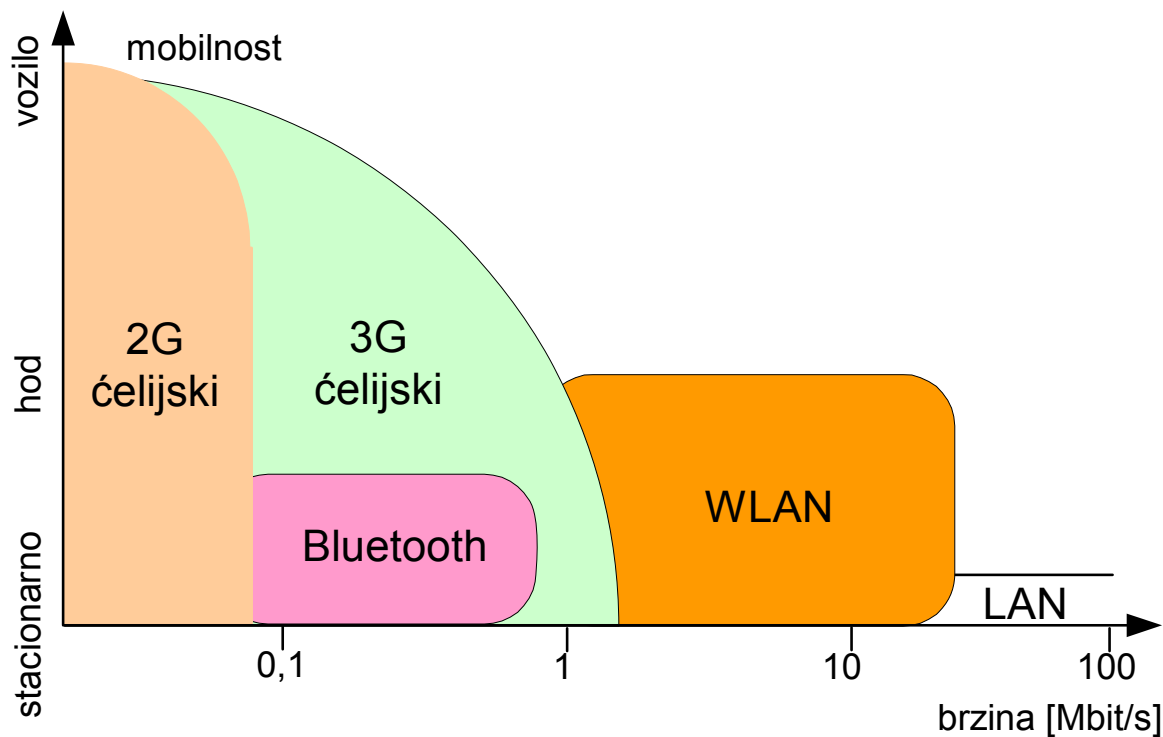
- Najčešće korištene fiksne mrežne infrastrukture na koje se vežu radijske mreže su:
 - javna telefonska mreža (PSTN, *Public Switched Telephone Network*), izvorno namijenjena prijenosu govora,
 - Internet, izvorno namijenjen prijenosu podataka, te
 - hibridni kabelski distribucijski sustavi izvedeni koaksijalnim i optičkim kabelima (HFC, *Hybrid Fiber Coax*), izvorno namijenjeni prijenosu televizijskih signala (kabelska televizija)
- Pristup Internetu ostvaruje se:
 - u domovima korisnika – rabeći javnu telefonsku mrežu ili kabelske distribucijske sustave,
 - u uredima – izgradnjom LAN mreža. Radijski LAN se obično povezuje na Internet preko fiksnih LAN mreža

Pregled mrežnih tehnologija

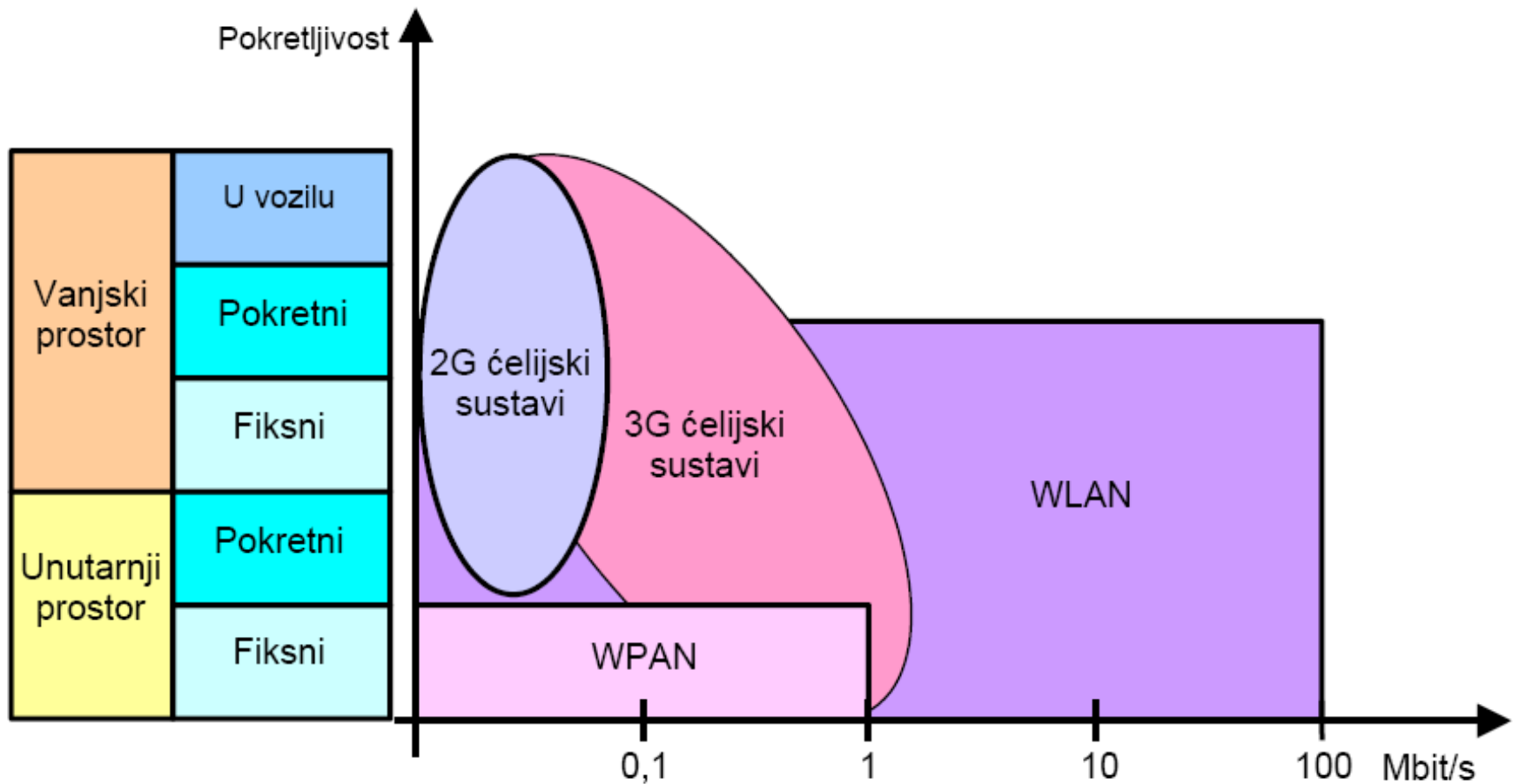


WLAN u odnosu na ćelijske tehnologije

- 3G sustavi osiguravaju multimedijske usluge korisnicima bez obzira gdje se oni nalazili
- WLAN osigurava širokopojasne usluge na pojedinim odabranim lokacijama
- WPAN povezuje osobne uređaje



WLAN u odnosu na ćelijske tehnologije



WLAN u svijetu pristupnih tehnologija

Karakteristične veličine WLAN-a prema ostalim tehnologijama

Norme		Teorijska najveća brzina prijenosa	Najveći domet [km]	Najveća iskoristivost spektra [bit/s/Hz]	Brzine kretanja kod prekapčanja [km/h]
WLAN	802.11a	54 Mbit/s	0,1	2,7	Hod
BWA	802.16a	70 Mbit/s	50	5	-
	802.16e	70 Mbit/s	50	5	<150
	802.20	> 1 Mbit/s	6 – 7	5	<250
	WiBro	50 Mbit/s	5	5	<60
2,5G	GPRS	115 kbit/s	35	0,8	<250
	EDGE	384 kbit/s	35	2,4	<250
	CDMA2000 1xRTT	144 kbit/s	35	0,33	<250
3G	WCDMA	2 Mbit/s	28	0,21	<250
	CDMA2000 1xEV-DO	2 Mbit/s	35	0,6	<250

Temeljna obilježja WLAN tehnologija

Upotreba i osnovne značajke WLAN-a

- Radijske lokalne mreže (WLAN) kombiniraju radijski (bežični) pristup mreži i mobilno računarstvo
 - One omogućavaju prijenos podataka visokim brzinama, najčešće u nelicenciranim frekvencijskim pojasevima radijskog spektra, za koje ne treba plaćati naknadu za uporabu frekvencije (noviji WLAN sustavi rabe i licencirane frekvencijske pojaseve za koje je potrebno pribaviti dozvolu)
 - Radijske lokalne mreže podržavaju multimedijски prijenos, jer pored prijenosa podataka, omogućavaju prijenos govora i videosignala
 - WLAN se mogu rabiti kao pristupne mreže u fiksnoj i mobilnoj javnoj telekomunikacijskoj mreži, postajući dio globalne informacijske infrastrukture

Tehnički zahtjevi za pojedine primjene

QoS parametri usmjereni na tehnologiju

Kategorija	Parametar	Opis
Vrijeme (<i>Timeliness</i>)	Kašnjenje (<i>Delay</i>)	Vrijeme potrebno za slanje informacije plus propagacijsko kašnjenje
	Promjenjivost kašnjenja (<i>Jitter</i>)	Promjenjivost kašnjenja
Širina pojasa (<i>Bandwidth</i>)	Propusnost (<i>Throughput</i>)	Zahtijevana ili raspoloživa brzina prijenosa u bit/s
	Vjerojatnost pogreške bita (BER, <i>Bit Error Ratio</i>)	Zajamčena vjerojatnost pogreške bita koju pruža sustav
Pouzdanost (<i>Reliability</i>)	Srednje vrijeme rada sustava (MTtF, <i>Mean Time to Failure</i>)	Vrijeme rada sustava između ispada
	Srednje vrijeme oporavka sustava (MTtR, <i>Mean Time to Repair</i>)	Vrijeme između ispada sustava do povratka u normalno stanje
	Srednje vrijeme između ispada sustava (MTBF, <i>Mean Time Between Failures</i>)	$MTBF = MTtF + MTtR$
	Postotak vremena raspoloživosti	$MTtF / (MTtF + MTtR)$

QoS — *Quality of Service*

Tehnički zahtjevi za pojedine primjene

Osnovni QoS zahtjevi za neke usluge

Usluga \ QoS parametar	Maksimalno kašnjenje [s]	Maks. varijacija kašnjenja [ms]	Propusnost [Mbit/s]	BER
Govor	0,25	10	0,054	$< 10^{-3}$
Komprimirani videozapis	0,25	100	2 – 10	$< 10^{-6}$
Prijenos slike	1	-	1 – 10	$< 10^{-6}$
Prijenos datoteka	1	-	1 – 100	-
Rad u stvarnom vremenu (npr. upravljanje sustavom)	0,001 – 1	-	< 10	-

Frekvencijska područja rada WLAN-a

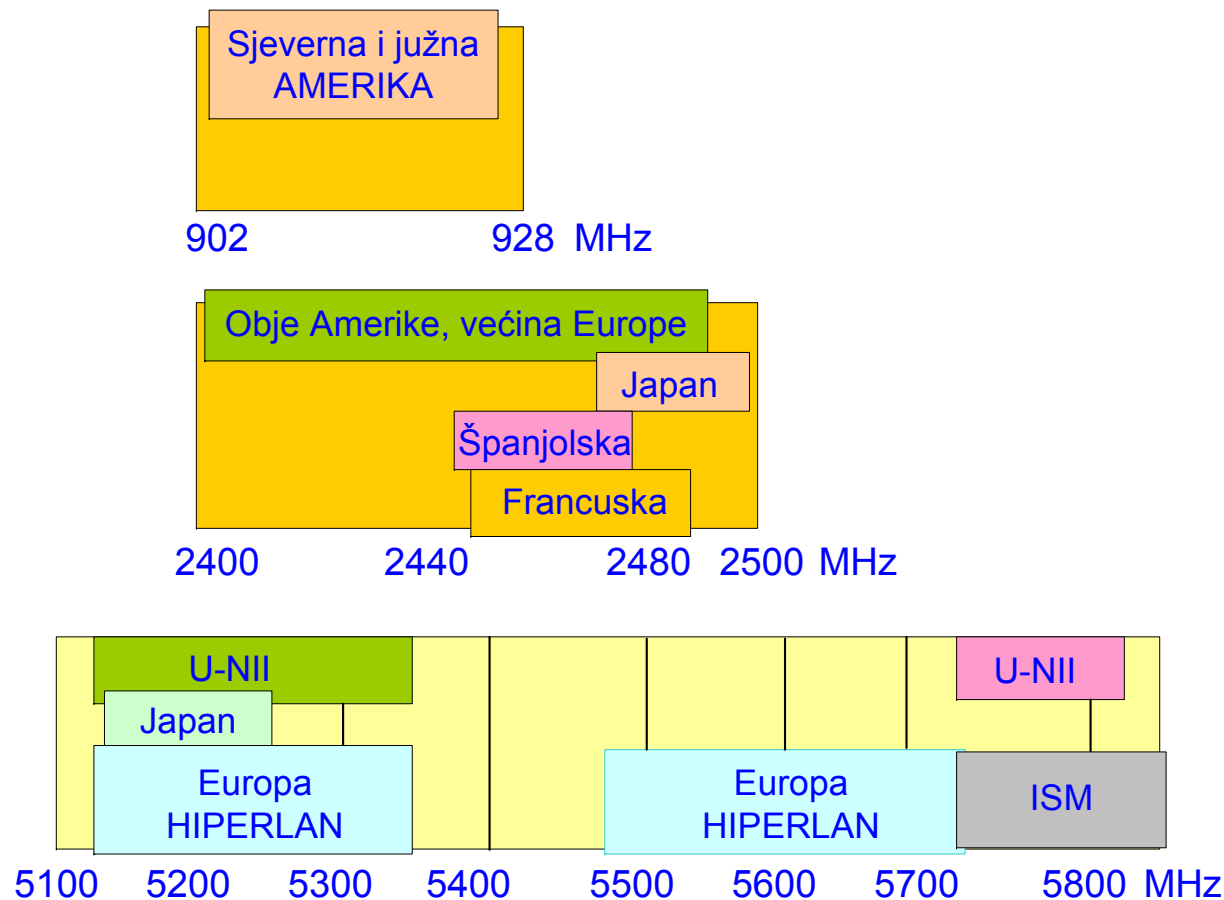
- Nelicencirana ili ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) frekvencijska područja:
 - 2400 – 2483,5 MHz (mreže u ovom pojasu neke administracije označuju kao RLAN),
 - 5,725 – 5,925 GHz (rijetko se koristi za WLAN u Europi)
- U SAD postoje još dva nelicencirana pojasa u području 5 GHz i to su:
 - 5,150 – 5,350 GHz i
 - 5,725 – 5,825 GHz

Oni nose oznaku U-NII (*Unlicensed National Information Infrastructure*)

- Licencirana frekvencijska područja:
 - 5150 – 5350 MHz,
 - 5470 – 5725 MHz,
 - 17,1 – 17,3 GHz

Frekvencijsko područje rada WLAN-a

Okvirna podjela frekvencijskih područja za WLAN u svijetu



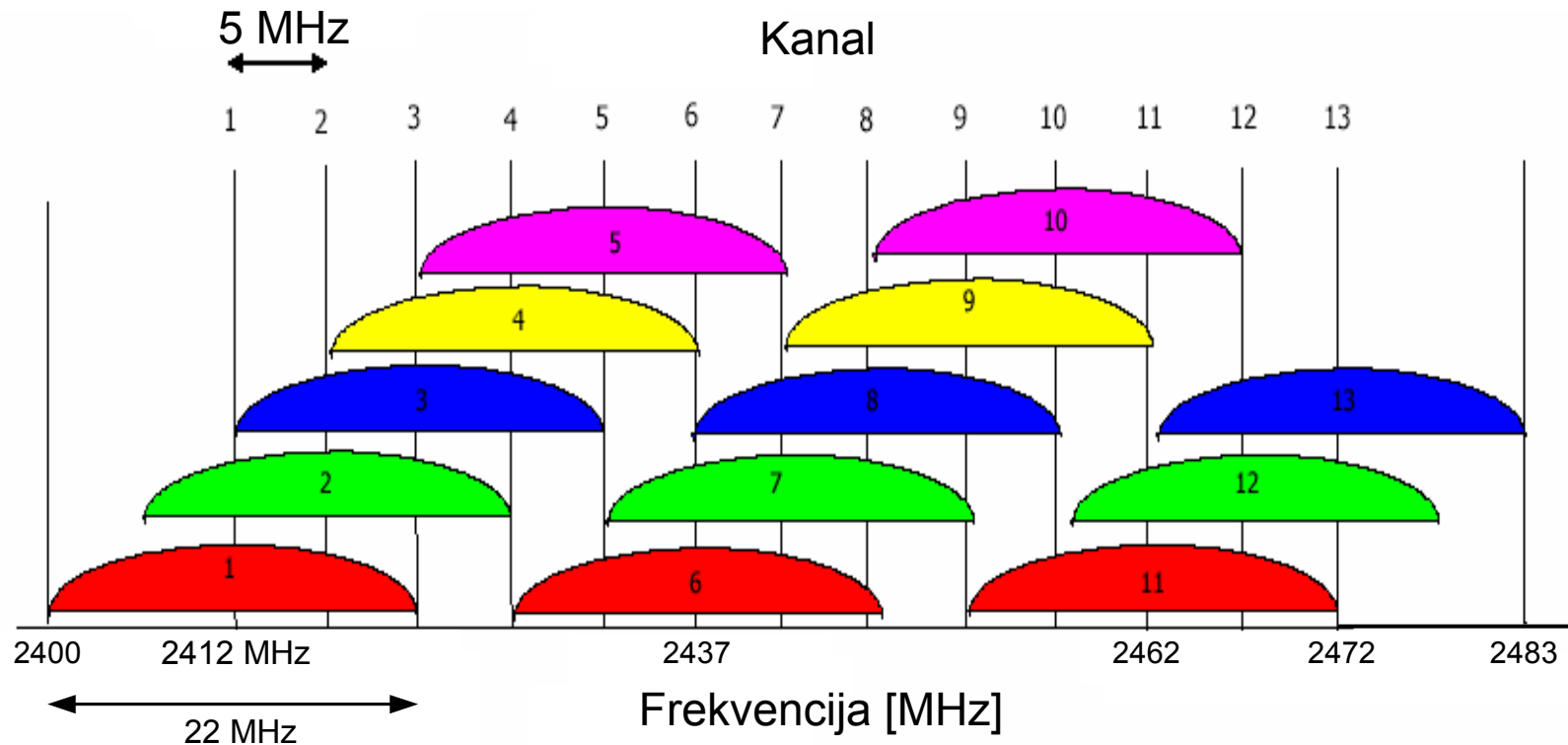
Frekvencijsko područje rada WLAN-a

Frekvencijska područja za rad RLAN i HiperLAN

Frekvencijsko područje	Snaga	ERC odluka	Primjedbe
2400 – 2483,5 MHz	100 mW EIRP	ERC DEC (01)07	gustoća snage je ograničena na: -20 dBW / 1 MHz za DSSS, -10 dBW / 100 kHz za FHSS
5150 – 5350 MHz	200 mW srednja EIRP	ERC DEC (99)23	samo za uporabu u zatvorenim prostorima
5470 – 5725 MHz	1 W srednja EIRP	ERC DEC (99)23	
17,1 – 17,3 GHz	100 mW EIRP		

Raspored kanala u ISM pojasu 2,4 GHz

- Pojas širine 83,5 MHz podijeljen je u Europi na 13 kanala širine 22 MHz (drugdje 11 kanala)
- Svaka mreža radi na samo jednom kanalu



Raspored kanala u ISM pojasu 2,4 GHz

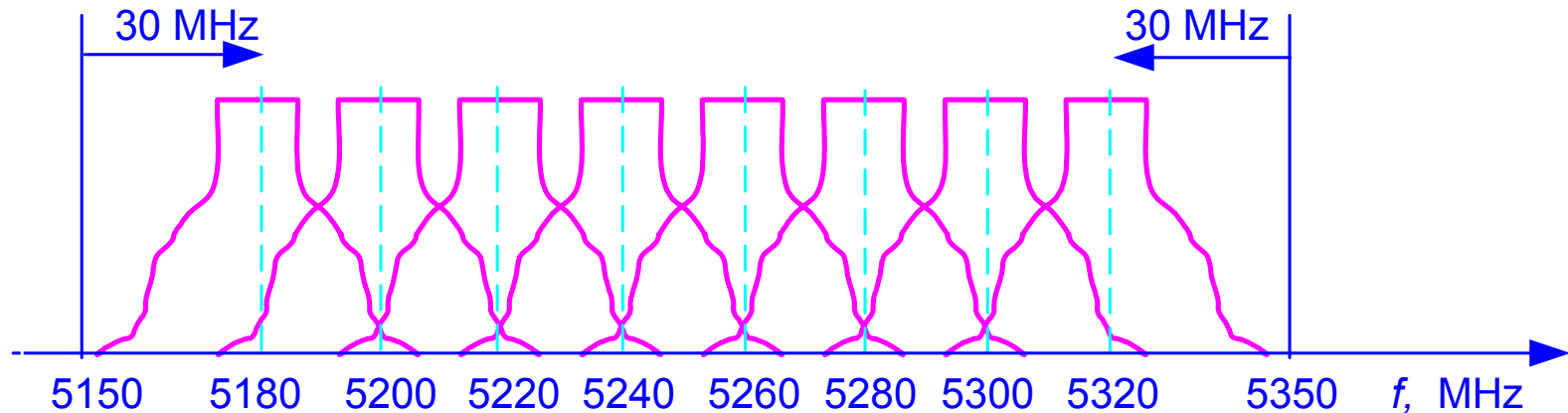
- Radi izbjegavanja mogućih smetnji u jednom se prostoru može istodobno koristiti najviše 3 kanala (kanali rednog broja: 1; 7 i 13)

Radni kanali koji se koriste u Europi (osim Francuske i Španjolske)

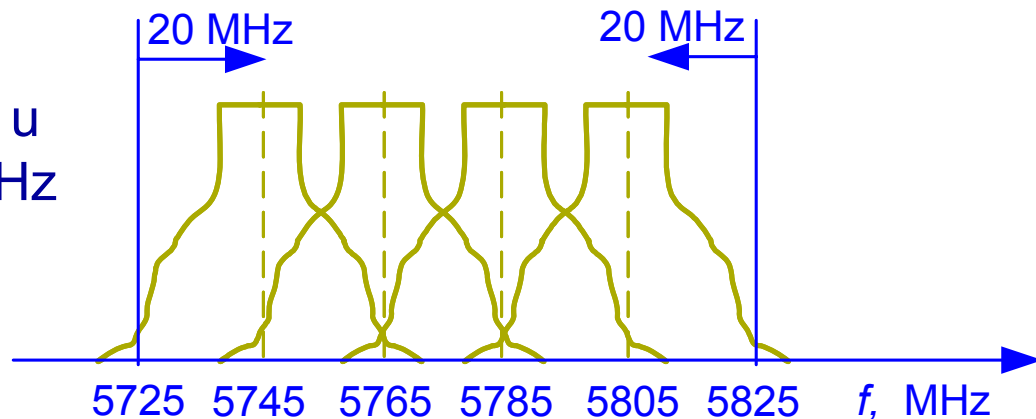
Skup	Broj kanala	Redni brojevi DSSS kanala
1	3	1, 7, 13
2	4	1, 5, 9, 13
3	7	1, 3, 5, 7, 9, 11, 13

Raspored kanala u području 5 GHz

- U pojasu od 5,150 – 5,350 GHz smješteno je 8 kanala na razmaku od po 20 MHz. Rubni kanali odmaknuti su 30 MHz od ruba pojasa



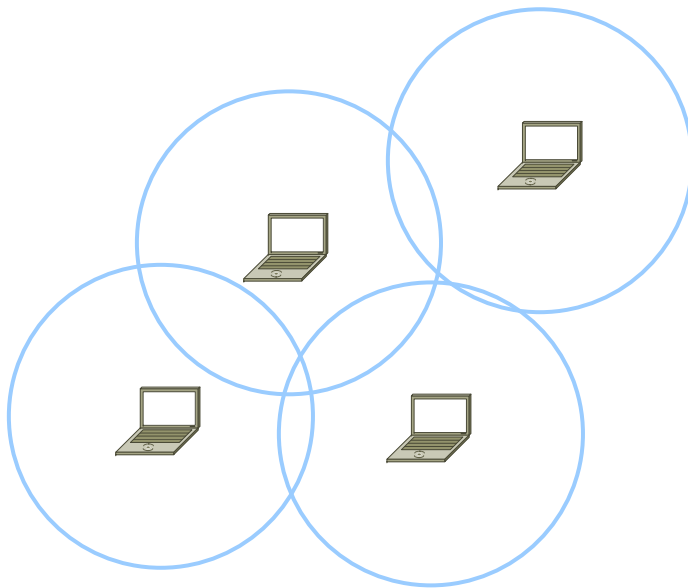
- U SAD postoji još 4 kanala u pojasu od 5,725 – 5,825 GHz



Arhitekture radijskih lokalnih mreža

- U radijskim lokalnim mrežama rabe se dvije temeljne arhitekture:
 - Proizvoljno povezivanje (*ad hoc*) neovisnih radijskih mrežnih čvorova koji ravnopravno komuniciraju (*peer-to-peer*)

Ad hoc WLAN mreža

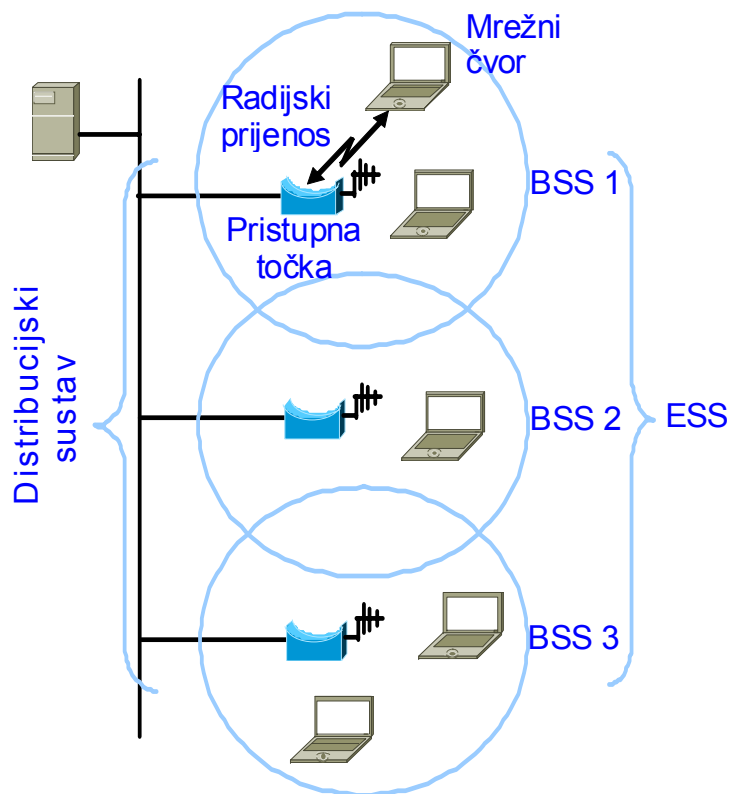


Kod *ad hoc* povezivanja, mrežni čvorovi izravno komuniciraju. Svaki čvor može uspostaviti vezu s bilo kojim drugim čvorom koji mu je u dometu. Mreža nema posebnu strukturu i topologiju.

Arhitekture radijskih lokalnih mreža (nastavak)

- Infrastrukturno povezivanje, u kome se radijski mrežni čvorovi povezuju s pristupnom točkom

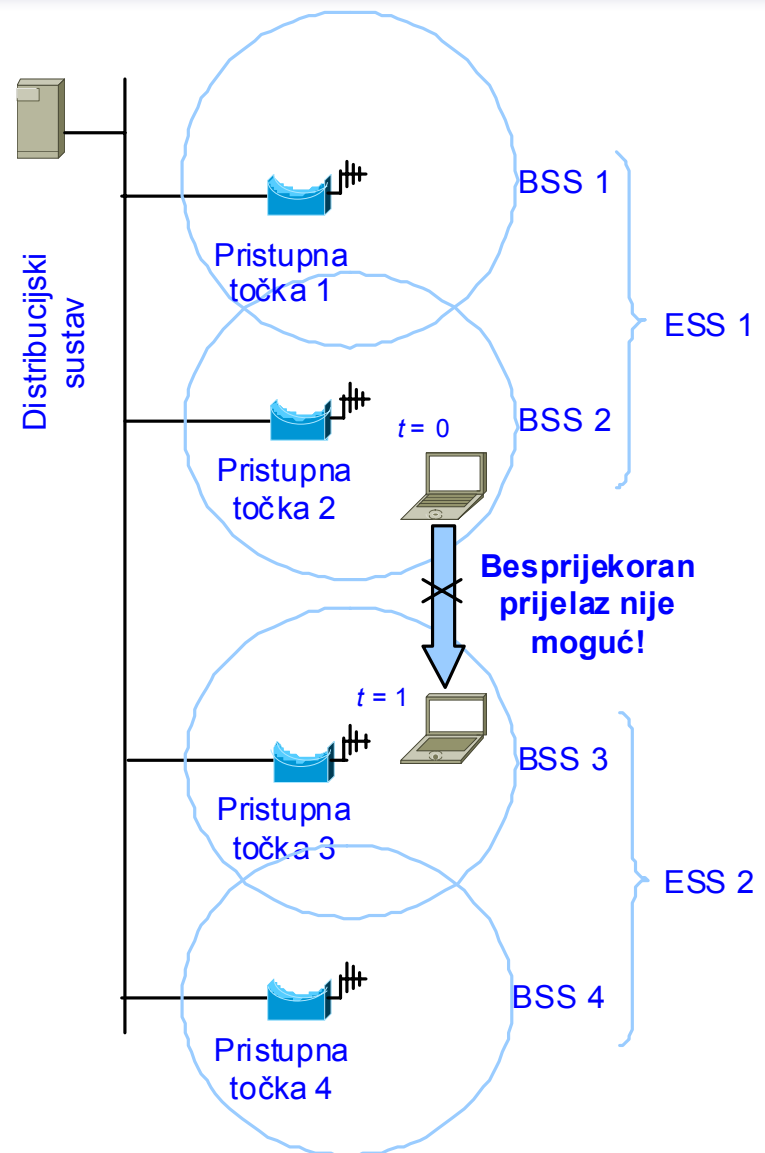
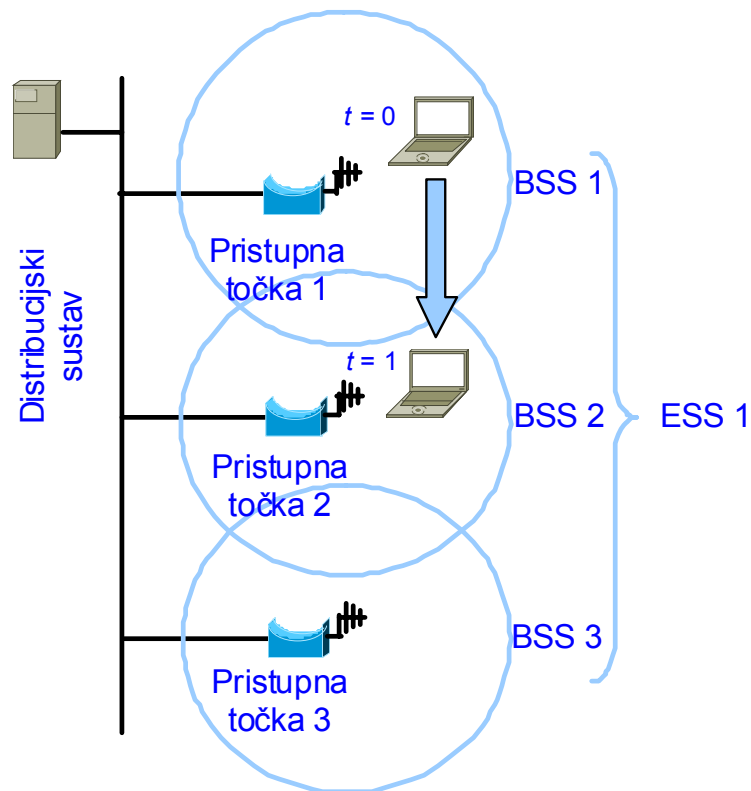
Infrastrukturna WLAN mreža



- *Pristupna točka* – mrežni uređaj koji obavlja funkciju premošćivanja između radijske i fiksne mreže
- *Distribucijski sustav* (DS) – logička komponenta mreže koja omogućuje komunikaciju između pristupnih točaka radi praćenja kretanja mobilnog mrežnog čvora (mobilne postaje). Za DS se obično rabi Ethernet mrežna tehnologija.
- *Radijski prijenos* – kao prijenosni medij rabe se radijski valovi
- *Mrežni čvorovi* ili *mrežne postaje* – prijenosna ili stolna računala opremljena radijskim mrežnim sučeljem.
BSS – *Basic Service Set*
ESS – *Extended Service Set*

Arhitekture radijskih lokalnih mreža (nastavak)

Primjeri prijelaza između BSS segmenta ESS mreže i između dvije ESS mreže



Lociranje pristupnih točaka i pokrivanje

- Mrežne postaje mogu se kretati za vrijeme dok su povezane na mrežu i tijekom kretanja mogu odašiljati podatke. Tri su moguće vrste prijelaza u mreži ili između mreža:
 - kretanje bez prijelaza, tj. zadržavanje u okviru jednog BSS,
 - prijelazi između BSS segmenta ESS mreže,
 - prijelazi između različitih ESS mreža

Tipične veličine područja pokrivanja ¹

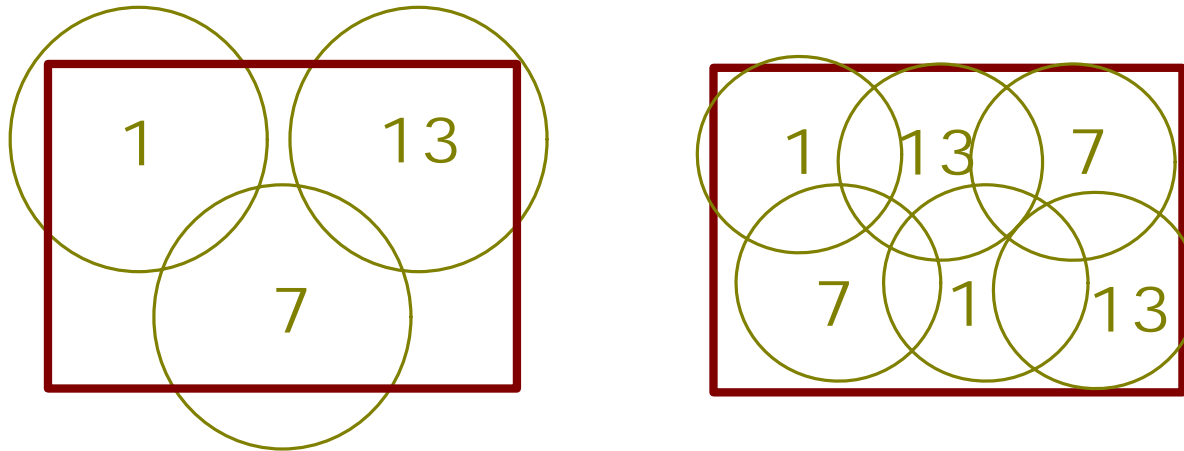
	IEEE 802.11a (5 GHz)	IEEE 802.11b (2,4 GHz)	HiperLAN/2
Europa	47 m	47 m	zatvoreni prostori 50 m otvoreni prostori 150 m
USA	57 m	64 m	

¹ Odnosi se na područja bez prepreka

Lociranje pristupnih točaka i pokrivanje (nastavak)

- Pristupna točka na odabranoj lokaciji mora dobro pokrivati željeni prostor
 - Pokrivanje lokacija i izvan željenog prostora stvara probleme radu drugih RF sustava i stvara mogućnost neovlaštene uporabe mreže korisnicima kojima nije namijenjena

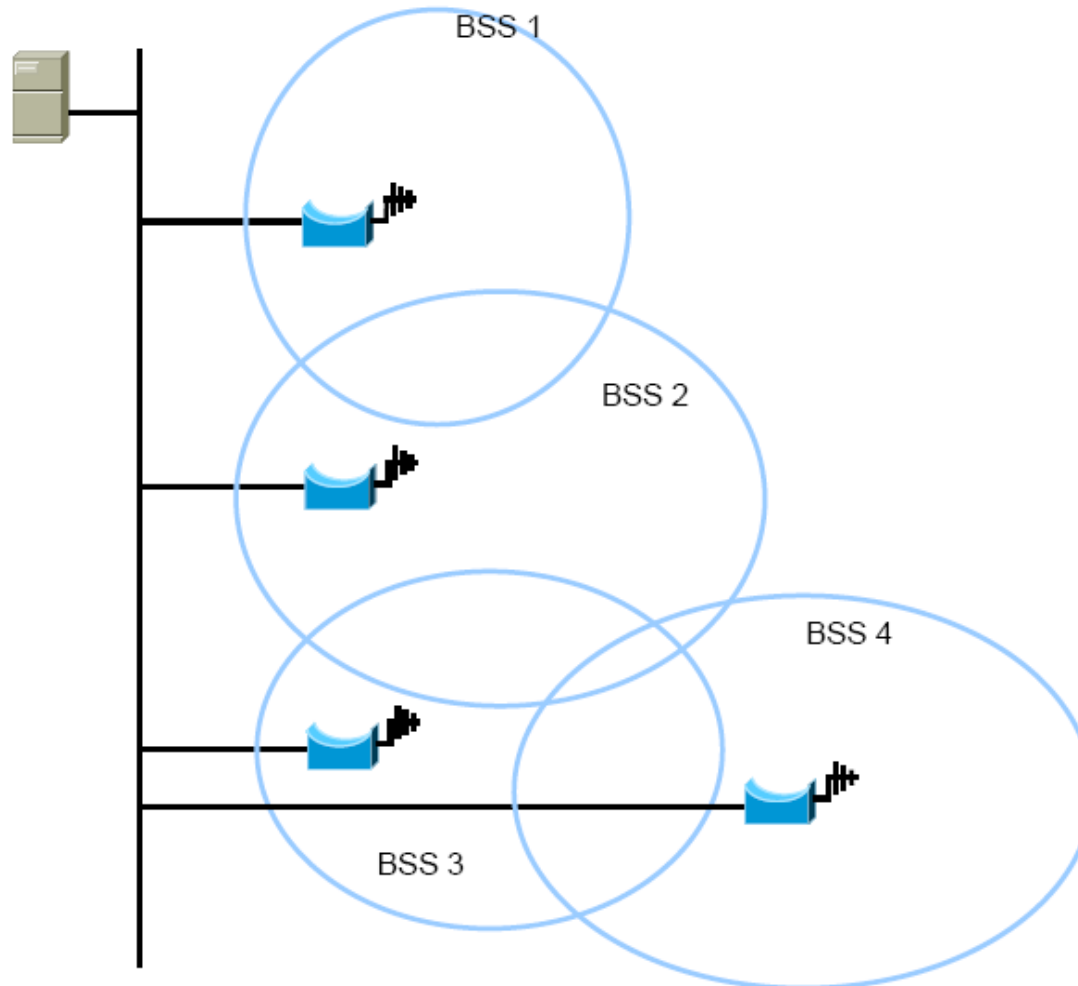
Primjer pokrivanja s 3 kanala u ISM pojasu od 2,4 GHz



- Smanjenjem snage i uporabom više AP bolje se pokriva željeni prostor

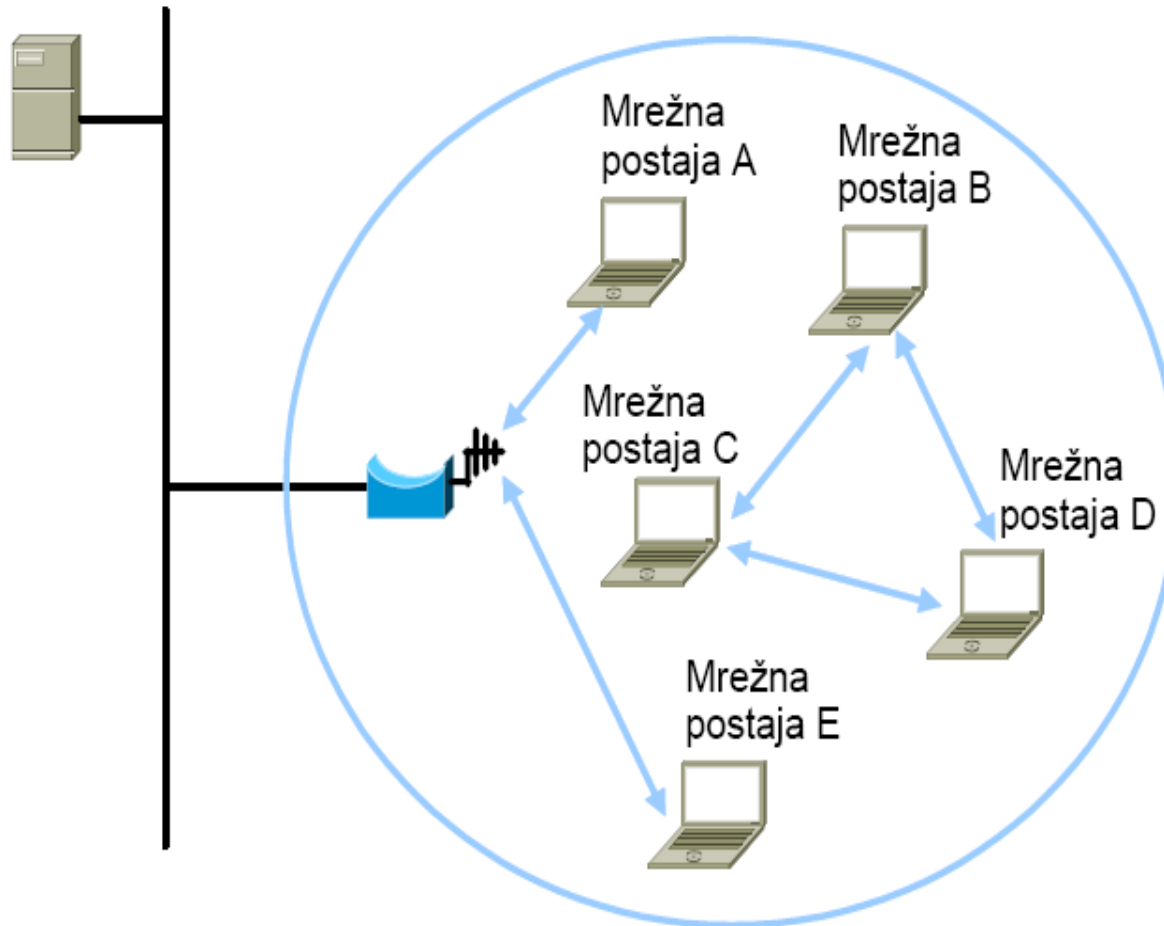
Granice mreže

- Preklapanje područja pokrivanja BSS segmenata ESS mreže



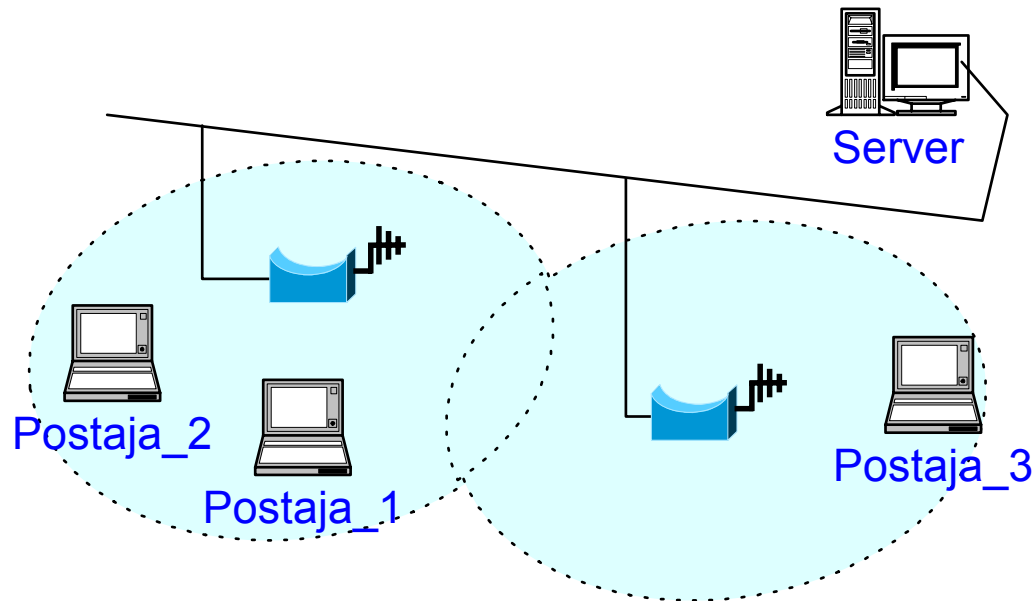
Granice mreže

- Preklapanje područja pokrivanja različitih vrsta mreža



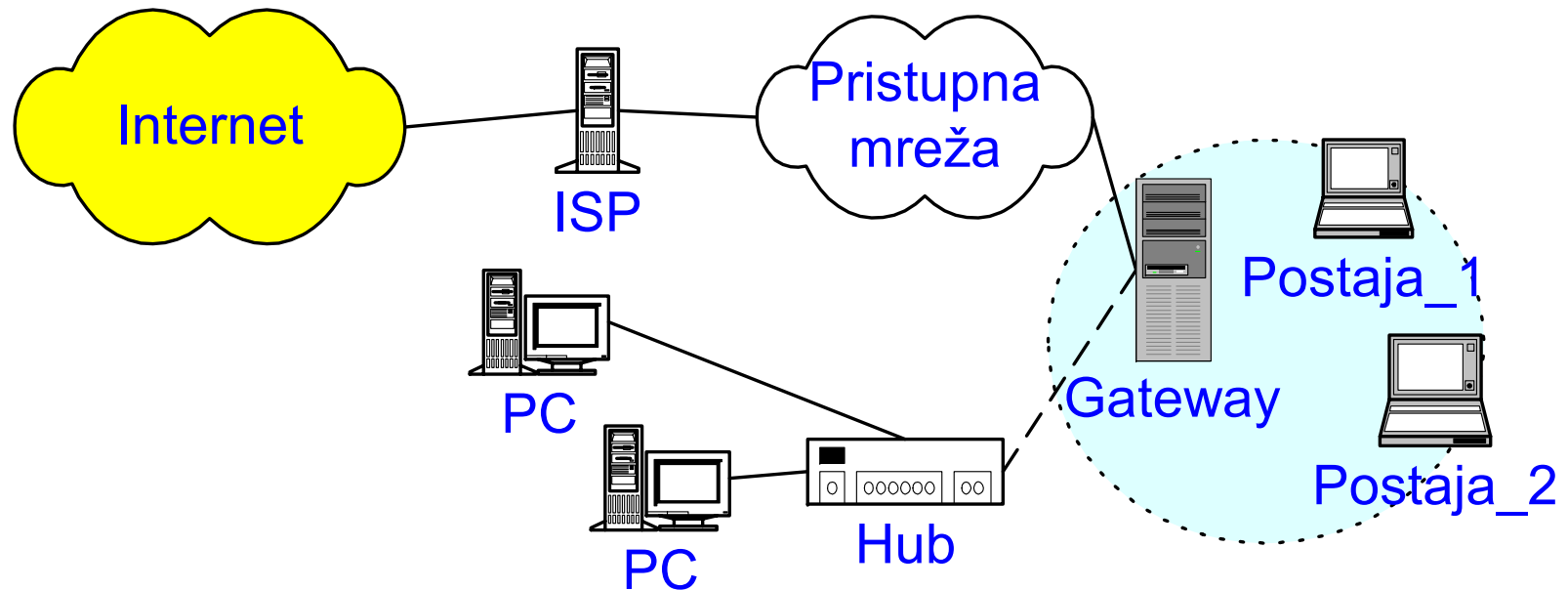
WLAN – LAN topologije

- WLAN se povezuje na fiksni (žični) LAN najčešće u poslovnim objektima, školama i sveučilišnim kampusima. Pristupne točke (AP, *Access Points*) onda obavljaju funkciju komutatora (*bridge*) između radijskog i fiksnog dijela mreže.
 - *Topologija s pristupnom točkom* koristi se kad je potrebno proširiti pokrivanje postojeće fiksne infrastrukture



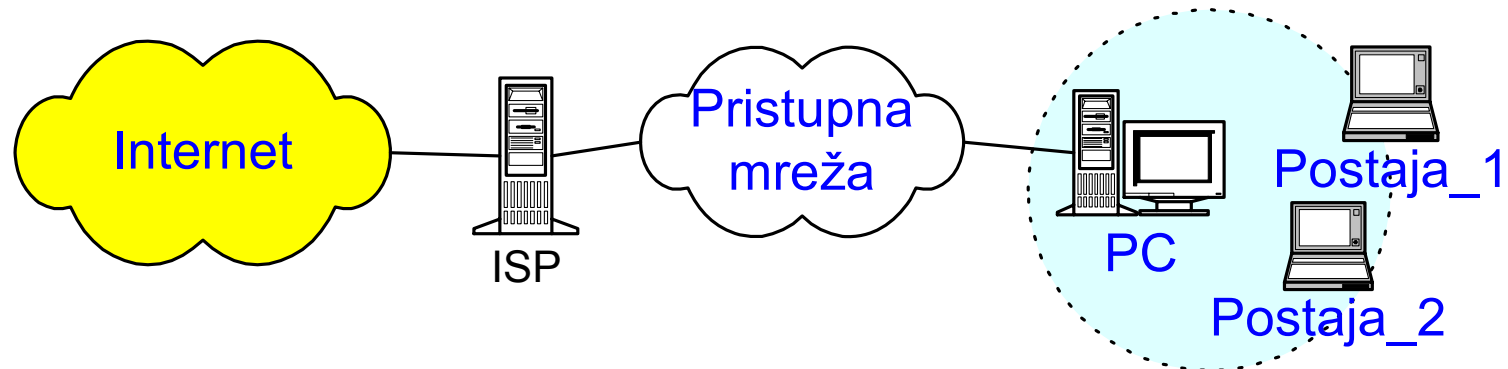
WLAN – LAN topologije (nastavak)

- Topologija s pretvaračem (gateway) karakteristična je za manje uredske mreže
 - Pretvarač osigurava povezivanje WLAN-a preko pristupne fiksne mreže (ISDN/POTS, *Integrated Services Digital Network/Plain Old Telephone Service*; ADSL, *Asymmetric DSL*; CATV, *Cable Television*, itd.) s mrežom pružatelja internetskih usluga (ISP, *Internet Service Provider*) ili prema intranetu



WLAN – LAN topologije (nastavak)

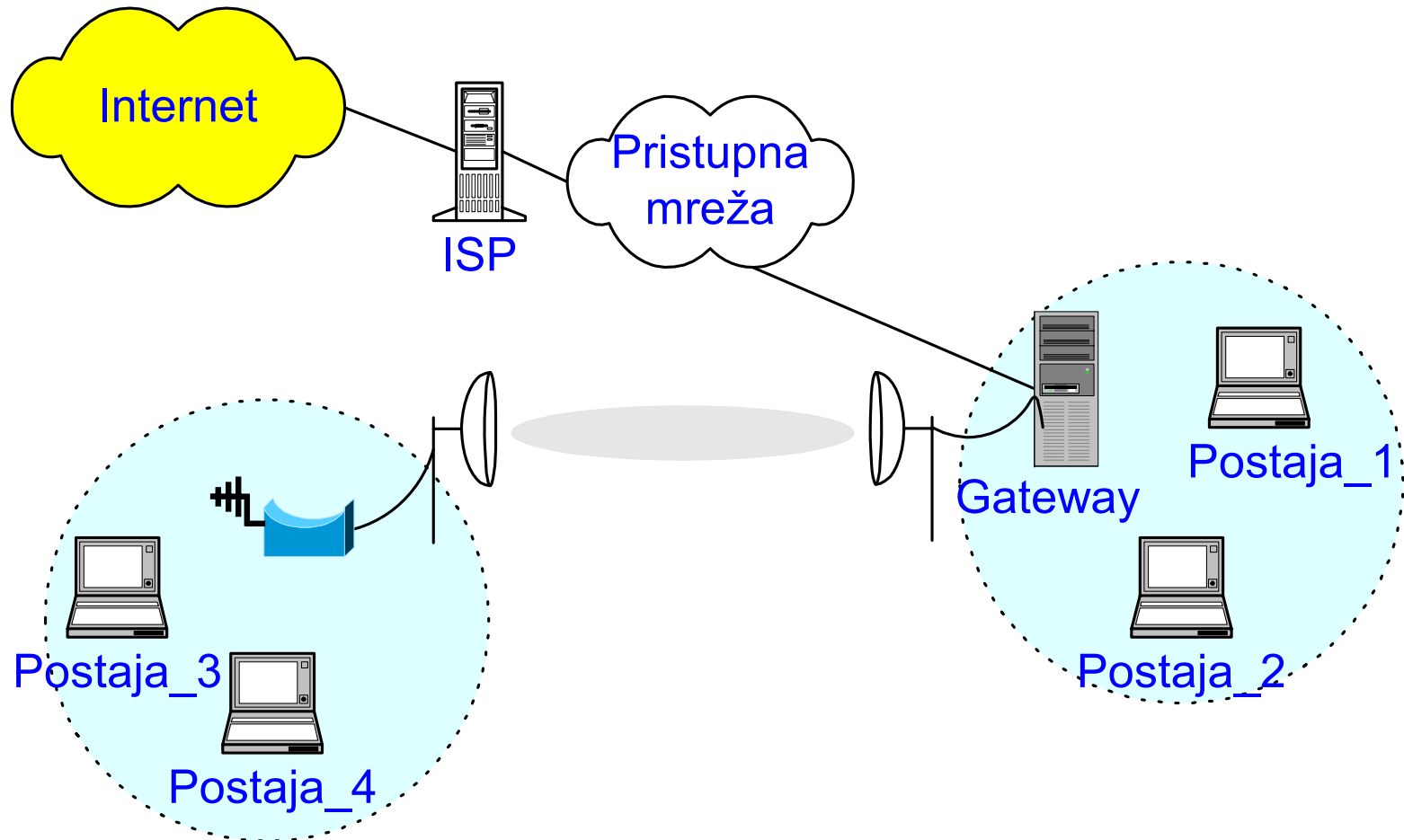
- Topologija s računalom kao pristupnom točkom karakteristična je za kućne sustave (SOHO, *Small Office Home Office*)
 - Računalo je opremljeno s dvije mrežne kartice - jedna za pristupnu mrežu, a druga za WLAN. Osobno računalo obavlja funkcije gatewaya



- Udaljeno radijsko povezivanje preko usmjerenih (*point-to-point*) ili zvjezdastih (*point-to-multipoint*) veza koristi se kod povezivanja LAN mreža koje se nalaze u neposrednoj blizini, na primjer u zgradama, kampusima, itd.
 - Gateway ili pristupna točka moraju biti opremljeni dodatnim odašiljačko-prijamnim sustavima

WLAN – LAN topologije (nastavak)

- Topologija point-to-point s usmjerenim antenama

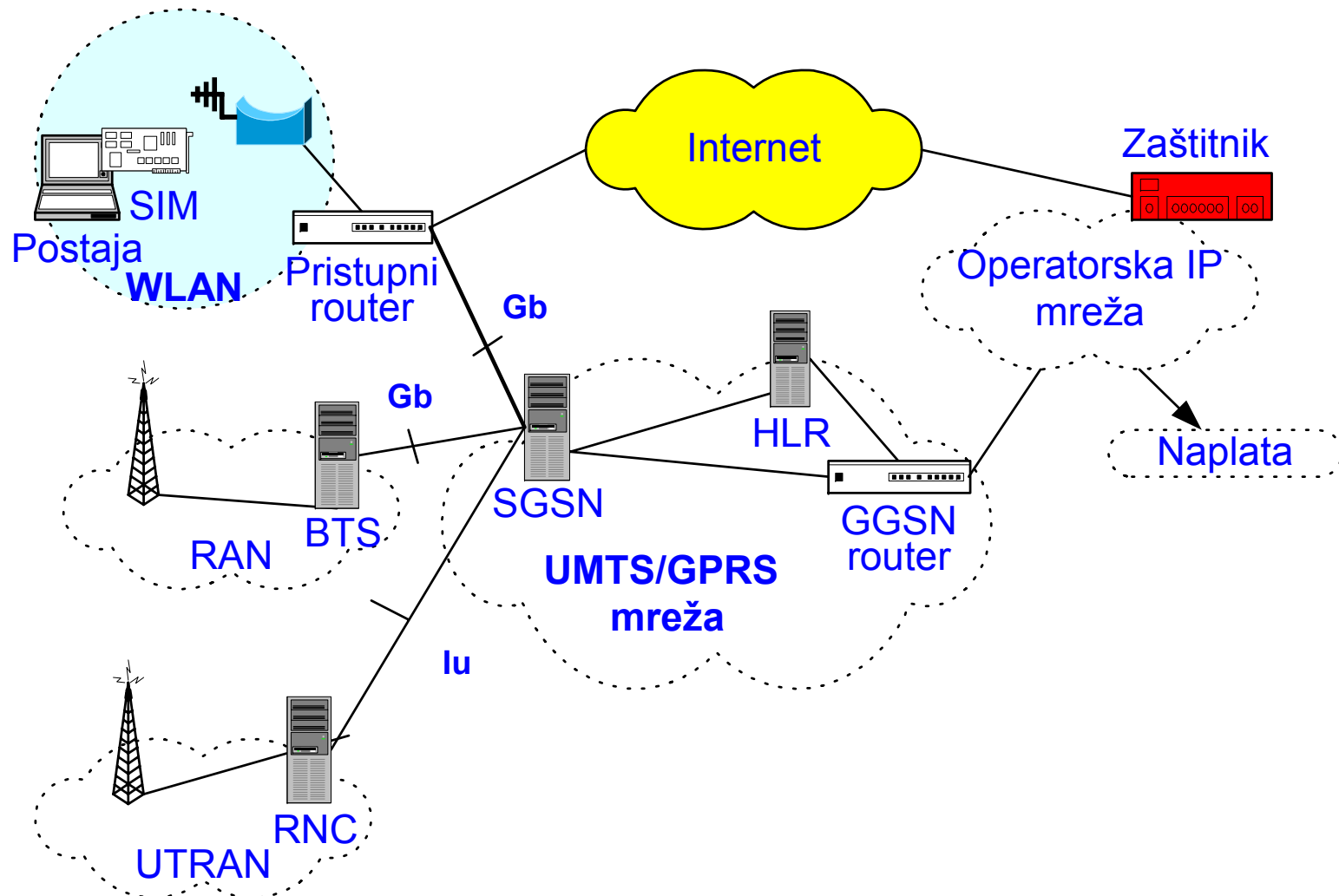


WLAN – UMTS/GPRS topologije

- Dva su različita pristupa povezivanju
 - *Usko povezivanje (Tight Coupling)* kod kojeg je WLAN mreža povezana na UMTS/GPRS mrežu na isti način kao i druge UMTS radijske pristupne tehnologije (UTRAN, GERAN, ...)
 - Usko povezivanje zahtjeva posebnu mrežnu pristupnu opremu, kao i izmjene na WLAN postajama koje se odnose na postojanje posebnih modula, tzv. SIM kartica (*Security Identity Module*), nužnih za reguliranje pristupa, naplate i pokretljivosti između ćelijske (UMTS/GPRS) i WLAN mreže

WLAN – UMTS/GPRS topologije (nastavak)

Usko povezivanje

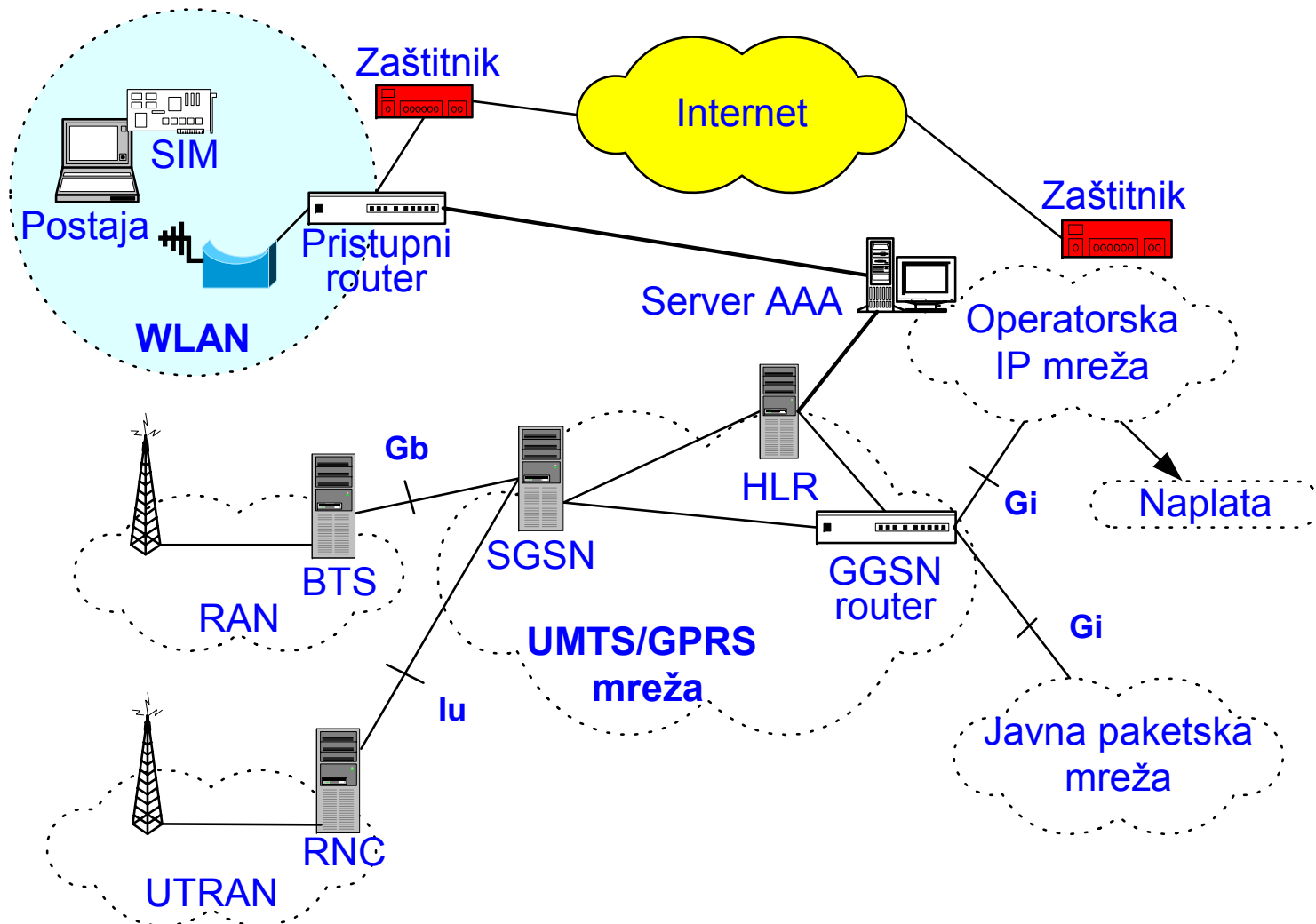


WLAN – UMTS/GPRS topologije (nastavak)

- *Slobodno povezivanje (Loose Coupling)* provodi se preko operatorske IP mreže
 - Između operatorske UMTS/GPRS mreže i radijske LAN mreže nalazi se server AAA (*Authentication, Authorization and Accounting*) koji provjerava vjerodostojnost prijave pojedinog korisnika
 - Namjena HLR (*Home Location Register*) elementa je spremanje trenutne lokacije pokretnog korisnika i liste usluga koje korisnik koristi
 - Predložena topologija uključuje naplatu korištene usluge (*billing*) od WLAN korisnika
 - Prednost navedene metode povezivanja u odnosu na metodu uskog povezivanja očituje se u jednostavnosti povezivanja postojeće WLAN opreme s UMTS/GPRS mrežom bez nekih bitnih ograničenja

WLAN – UMTS/GPRS topologije (nastavak)

Slobodno povezivanje



WLAN – UMTS/GPRS topologije

GPRS i WLAN elementi mreže

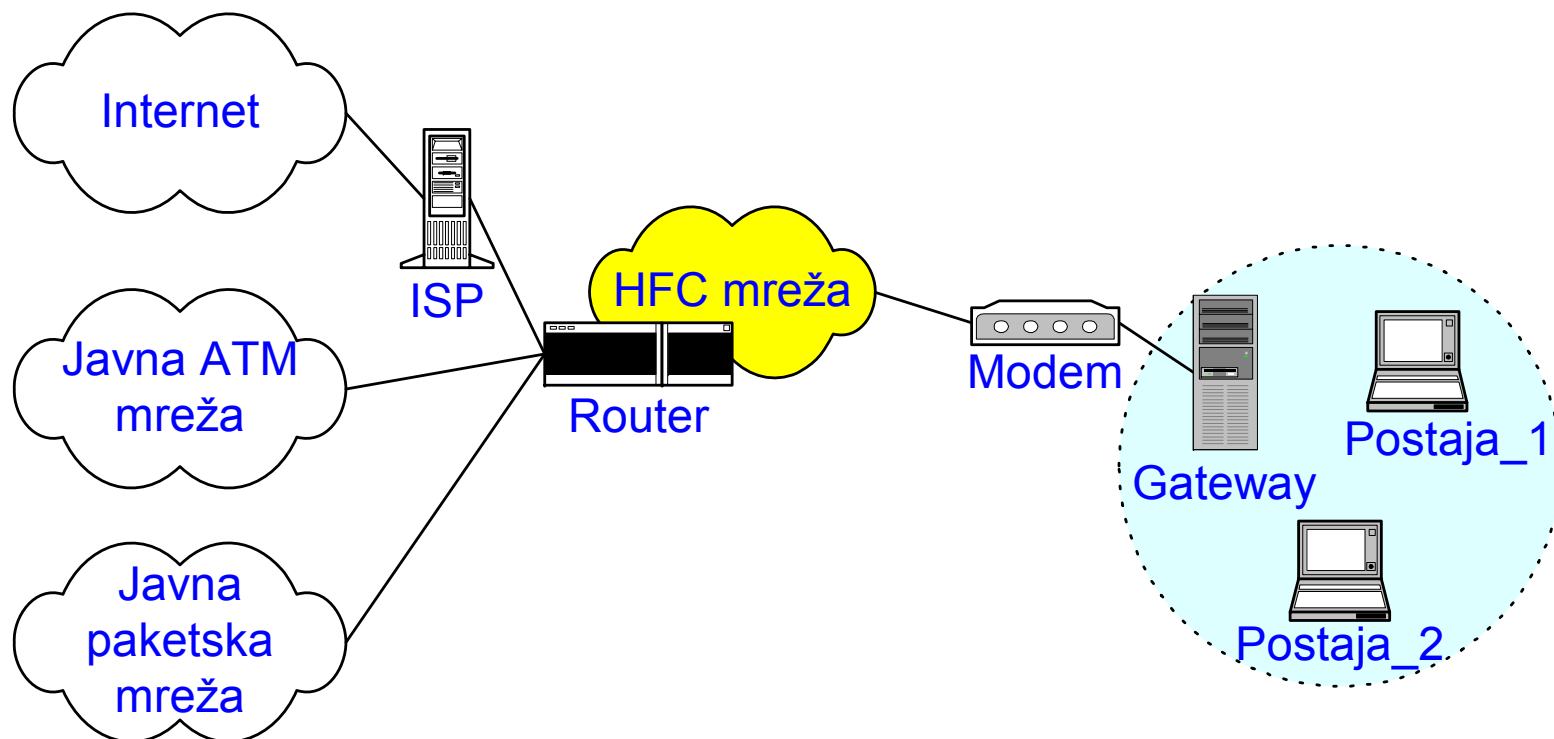
WLAN	GPRS	Namjena
Server AAA	SGSN	Provjera vjerodostojnosti prijave korisnika i pristup naplati usluge
Pristupni router	GGSN	Usmjeravanje IP prometa
Pristupna točka (AP)	BTS	Radijski dio mreže
Mrežna postaja	Pokretni telefon	Krajnji korisnički uređaj

- Oba pristupa su prihvaćena iz sljedećih razloga:
 - neovisni su o pristupnoj tehnologiji (mogu biti implementirani u mreže temeljene na različitim tehnologijama),
 - temeljeni su na IP (*Internet Protocol*) tehnologiji,
 - zahtijevaju male nadopune u postojećoj normizaciji,
 - podržavaju rad s postojećom WLAN tehnologijom

Veza WLAN-a s fiksnom javnom mrežom

- Načini povezivanja WLAN-a s drugim mrežama mogu se iskoristiti i u svrhu povezivanja s fiksnom (paketskom ili ćelijskom) operatorskom mrežom

Primjer vezivanja WLAN-a na fiksnu operatorsku mrežu i Internet preko HFC (Hybrid Fiber Coax) pristupne mreže



Veza WLAN-a s fiksnom javnom mrežom

- Na mjestu HFC mreže, kao pristupne mreže, mogu biti mreže temeljene na različitim naprednim mrežnim tehnologijama kao što su:
 - pristupne tehnologije po bakrenim paricama (DSL, *Digital Subscriber Line*),
 - optičke pristupne tehnologije (FITL, *Fiber in the Loop*),
 - radijske pristupne tehnologije (WLL, *Wireless Local Loop*), itd.