

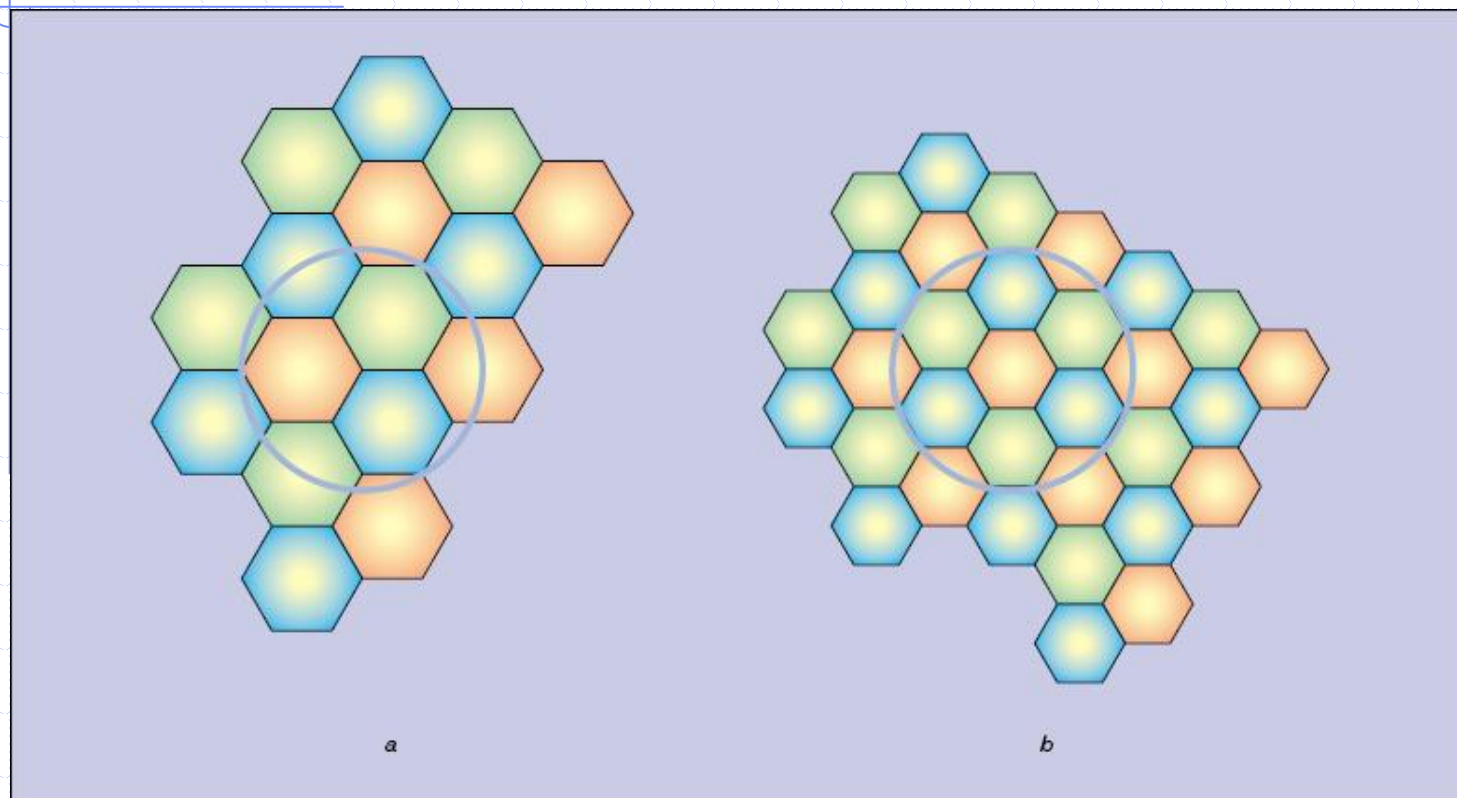
HAP deo I: Uvod i Dodela Kanala

Pojam HAP (High Altitude Platforms).
Tehnike dodele fiksnih kanala.

Uvod u HAP (High Altitude Platforms)

- ◆ Bežične komunikacije mogu obezbediti širokopojasne usluge (high-bandwidth, broadband) bez oslanjanja na fiksnu infrastrukturu.
- ◆ Dolazi do konvergencije brzog Interneta, telefonije, TV, videa na zahtev i radija.
- ◆ B-FWA (Broadband Fixed Wireless Access) obezbeđuje multimedijalne usluge brzinama 2Mb/s.
- ◆ Bežična isporuka podataka velikom brzinom je težak problem zbog veoma ograničenog radio spektra.
- ◆ Da bi se omogućilo ponovno korišćenje istih frekvencija u različitim oblastima uvod se ćelijska struktura.

Koncept ponovnog korišćenja istih frekvencija u različitim ćelijama



- ◆ Na slici b manje ćelije obezbeđuju veći ukupan kapacitet pošto se frekvencije više puta koriste na istom geografskom području.

Neophodnost korišćenja opsega visokih frekvencija

- ◆ Velika potražnja radio frekvencija dovodi do potrebe korišćenja visokih frekvencija.
- ◆ Najviše se koriste opsezi 28GHz (u nekim zemljama 26GHz) i 38GHz.
- ◆ Korišćenje milimetarskih talasnih dužina podrazumeva prostiranje po liniji vidljivosti LOS (Line-Of-Sight).
- ◆ Korisnik mora da vidi baznu stanicu BS (Base Station).
- ◆ Rešenje u obliku visokih tornjeva radi LOS u nekim sredinama može biti neprihvatljivo.

Sateliti kako alternativno rešenje

- ◆ Moguća alternativa su širokopojasne usuge preko geostacionarnih satelita (GEO).
- ◆ Kod GEO postoji ograničenje performanse zbog velike udaljenosti od 40.000km.
- ◆ Ova udaljenost dovodi do velikih gubitaka snage signala, reda 200dB FSPL (Free-Space Path Loss).
- ◆ Drugi problem je znatna veličina antene na zemlji, što dalje ograničava smanjenje ćelije.
- ◆ Veliko kašnjenje reda 0.25s predstavlja problem kako za govor tako i za neke protokole prenosa podataka.

LEO sateliti kao rešenje?

- ◆ Sateliti na niskim orbitama (LEO – Low Earth Orbit) bi mogli da smanje neka od gornjih ograničenja.
- ◆ Međutim LEO sateliti imaju druge probleme.
- ◆ Pre svega to je brz prenos veze (handover) ne samo između ćelija, već i između platformi.
- ◆ Dodatno, potreba za velikim brojem LEO satelita da bi se obezbedilo kontinualno pokrivanje predstavlja značajan ekonomski zahtev.

Vazdušne platforme: Moguće rešenje?

- ◆ Moguće rešenje su vazdušne platforme u stratosferi na visinama 17-22km sa opremom za bežičnu dostavu podataka.
- ◆ Ta oprema može biti cela BS ili prost primopredajnik kao u slučaju većine satelita.
- ◆ Ovo rešenje obezbeđuje LOS do većine korisnika uz skroman FSPL, i poseduje najbolje osobine i zemaljskih (terrestrial) i satelitskih komunikacija.
- ◆ Jedna vazdušna platforma može zameniti veliki broj zemaljskih tornjeva i prateću infrastrukturu.
- ◆ Ovakve platforme nose naziv HAP (High Altitude Platform).

Baloni:

Zeppelin NT balon, pušten juna 2000.



- ◆ Prvi balon u EU – Braća Montgolfier, Francuska 1783.
- ◆ Eksploatacija prekinuta nakon velike nesreće u Lakehurst, USA, 1937.
- ◆ Kompanija Zeppelin pustila nov balon 2000 g. Tačno 100 godina nakon prvog balona iste kompanije.

Specijalni vazduhoplovi: primer Helios



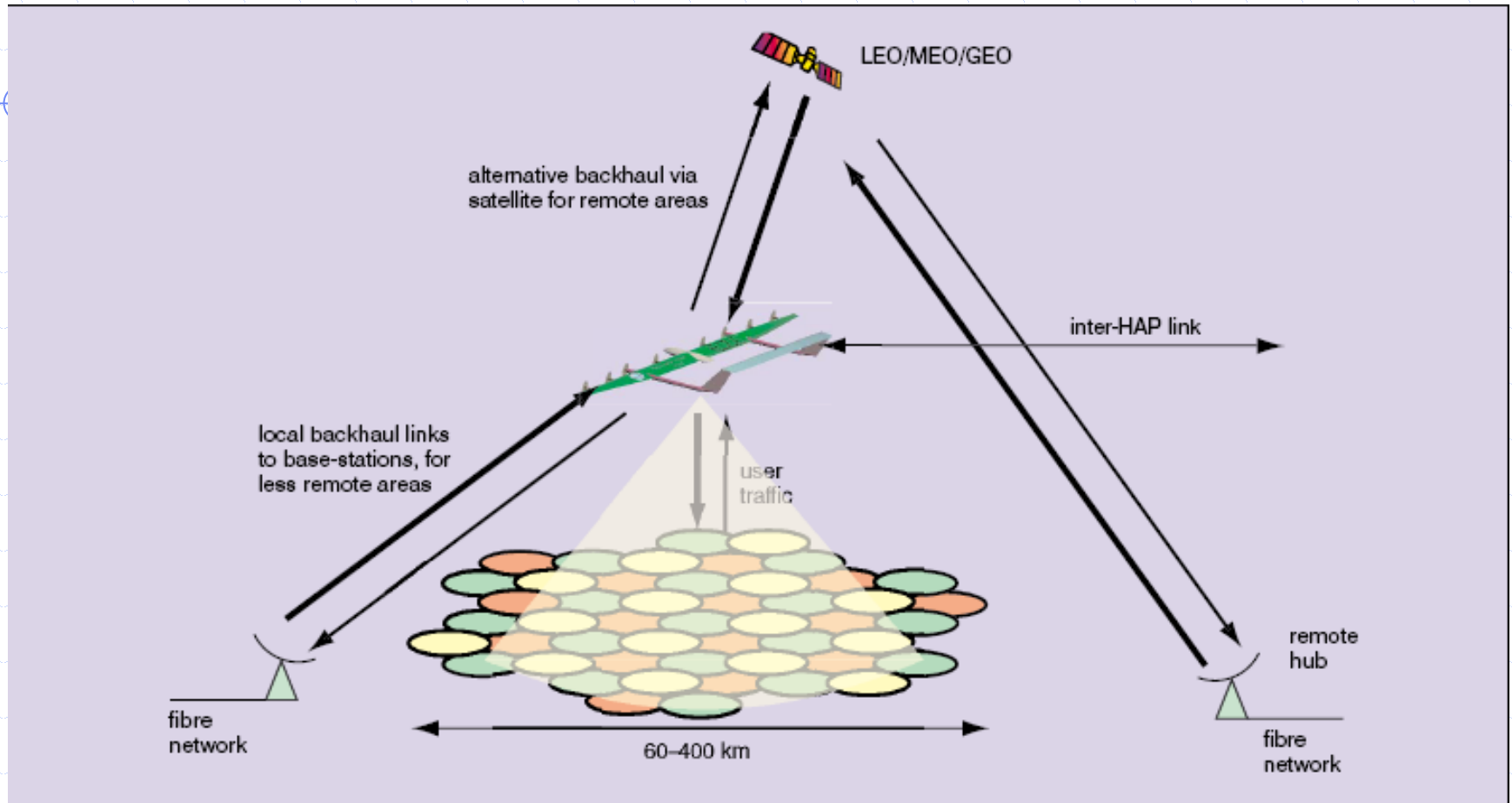
- ◆ Helios: vazduhoplov kompanije AeroVironment, raspon krila 75m, leti na visinama od 100.000 stopa, radi na solarni pogon.

Letilice bez ljudske posade UAV (Unmanned Aerial Vehicle)



◆ HALO Proteus, kompanija Angel Technologies.

Komunikacione aplikacije



- ◆ Min ugao elevacije je 5 stepeni. 15-30 stepeni u realnim primenama.
- ◆ Npr. $h=20\text{km}$ i elevacija 15 stepeni, daje oblast poluprečnika 200km, ili 120.000 km².

HAP specifičnost: Centralno upravljanje svim ćelijama

- ◆ Ova specifičnost omogućava rekonfigurisanje broja i veličine ćelija prema zatevima saobraćaja.
- ◆ HAP arhitektura je pogodna za adaptivne tehnike dodele resursa.
- ◆ Time se efikasnije koristi spektar i maksimizira kapacitet sistema.
- ◆ Snaga predajnog signala sa HAP može biti 34dB manja nego sa LEO, ili 66dB nego sa GEO satelita.

BWA aplikacije

- ◆ Veoma velike brzine prenosa podataka.
- ◆ Npr. dodela frekvencija na 47/48GHz, nudi opseg od 2x300MHz, što se može podeliti na pola između korisničkih i mrežnih (backhaul) veza, što se dalje može podeliti na pola između bežičnih veza na više (up-link) i na niže (down-link).
- ◆ U slučaju Interneta podela opsega između bežičnih veza na niže i na više je tipično asimetrična (veći deo se dodeljuje vezi na niže).

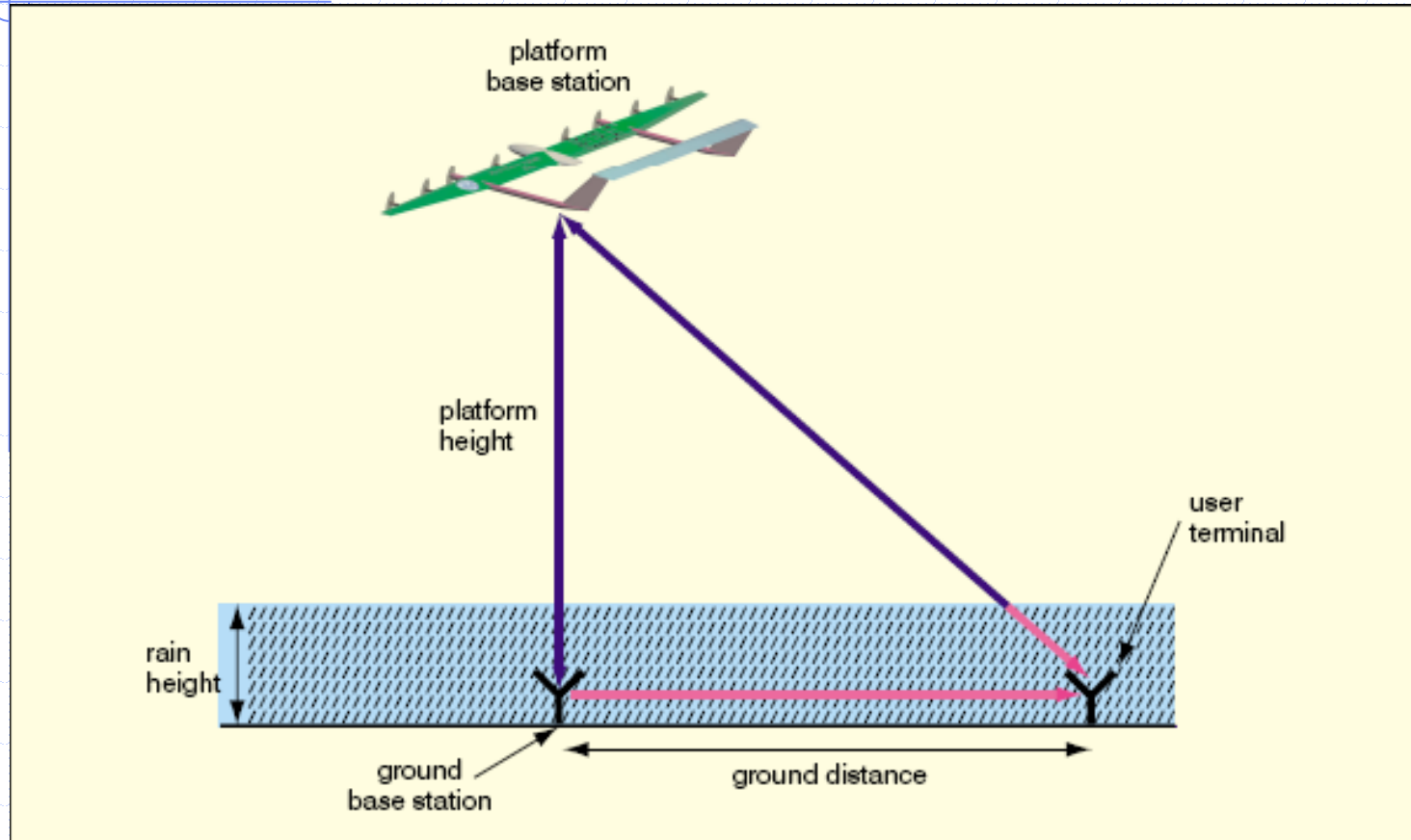
Studija HeliNet scenarija

- ◆ Ukupna oblast pokrivanja je oblast prečnika 60km.
- ◆ Oblast pokrivena sa 121 ćelijom, prečnika 5km.
- ◆ Potrošnja 1W po ćeliji obezbeđuje prenos podataka brzinom do 60Mb/s, što je unutar propusnog opsega od 25MHz, po ćeliji, kada se koristi 16-QAM ili neka viša modulaciona šema.
- ◆ Ukupna propusnost sistema (throughput) je preko 7Gb/s, u ovom konzervativnom primeru, a tvorci HALO šeme tvrde da ide do 100Gb/s.

Prednosti HAP komunikacija

- ◆ Velika oblast pokrivanja.
- ◆ Dinamička prilagodivost zahtevima saobraćaja.
- ◆ Mala cena.
- ◆ Inkrementalno i brzo postavljanje.
- ◆ Mogućnost dogradnje platforme i opreme (tereta).
- ◆ Ekološko rešenje (rad na solarnu energiju).

Manje slabljenje signala u uslovima kiše nego sa zemaljskih baznih stanica



- ◆ Signal prelazi kraći put kroz oblake i oblast izloženu dejstvu kiše.

Uporedna analiza zemaljskih, HAP i satelitskih komunikacija: tipični parametri

	Terrestrial (e.g. B-FWA)	HAP	LEO satellite (e.g. Teledesic ³¹)	GEO satellite
Station coverage (typical diameter)	<1 km	up to 200 km	>500 km	up to global
Cell size (diameter)	0.1–1 km	1–10 km	c. 50 km	400 km minimum
Total service area	spot service	national/regional	global	quasi-global
Maximum transmission rate per user	155 Mbit/s	25–155 Mbit/s	<2 Mbit/s up 64 Mbit/s down	155 Mbit/s
System deployment	several base stations before use	flexible	many satellites before use	flexible, but long lead time
Estimated cost of infrastructure	varies	\$50 million upwards?	c. \$9 billion	>\$200 million
In-service date	2000	2003–2008?	2005	1998

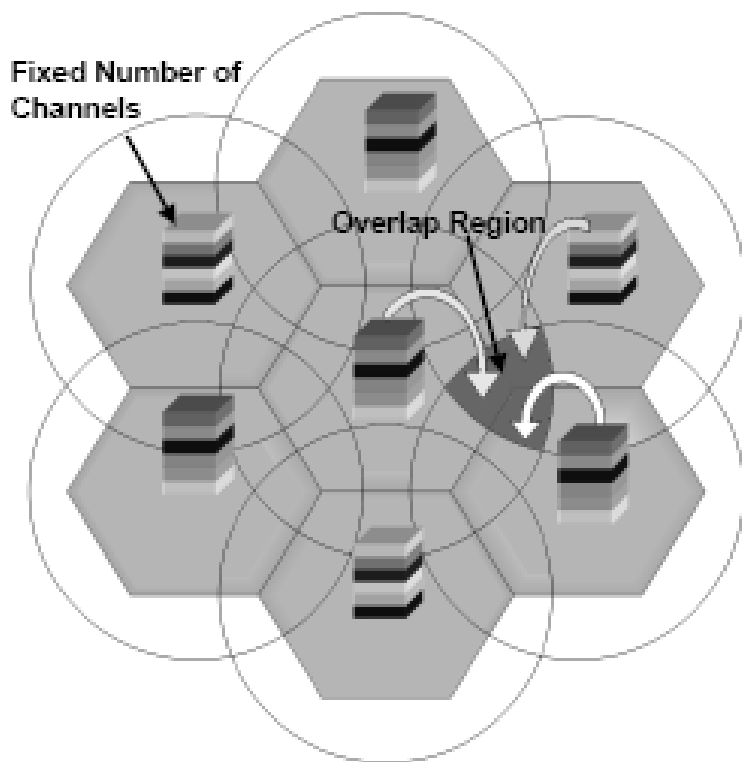
Neka otvorena pitanja i izazovi

- ◆ Sistemski zahtevi (frekvencijski plan, umrežavanje...).
- ◆ Prostiranje i raznolikost (diversity) u uslovima kiše.
- ◆ Modulacije i kodovanje (dati QoS pri datom BER: niske šeme modulacije i moćni FEC pri velikom BER i visoke modulacione tehnike pri malom BER).
- ◆ Dodela resursa i mrežni protokoli (IEEE 802.16/ETSI BRAN, integracija sa zemaljskim i satelitskim sis.).
- ◆ Konstrukcije namenskih antena.
- ◆ Prenos veze između ćelija (handoff/handover).
- ◆ Zemaljske antene fiksirane ili sa zaokretanjem?
- ◆ Potrošnja opreme (tereta): tipična snaga 20kW, problem solarne energije: šta da se radi 22 dec?

Tehnike dodele fiksnih kanala

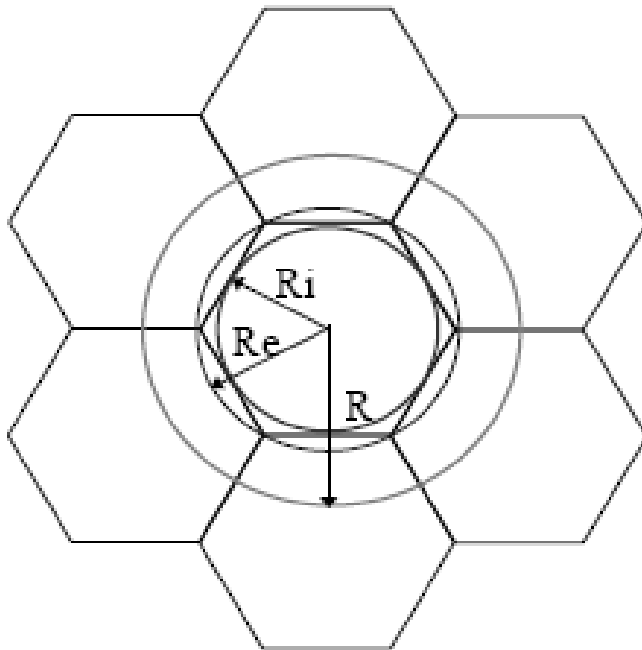
- ◆ HAP se realizuje kao centralizovana arhitektura koja upravlja svim kanalima u svim ćelijama.
- ◆ Postoje arhitekture bez i sa preklapanjem ćelija.
- ◆ Kako se veličina ćelije povećava, povećava se i oblast u kojoj je moguće posluživanje od strane više ćelija.
- ◆ Veličina oblasti preklapanja se određuje na osnovu min CIR (Carrier to Interference Ratio), koji je povezan sa smanjenjem snage signala sa uglom otklona od profila antene.
- ◆ Izborom veličine klastera ćelija postiže se da je CIR dovoljan da se poziv može održavati po celoj oblasti pokrivanja (coverage area).

Dodela kanala u preklapljenim ćelijama



- ◆ Korisnicima u oblastima preklapanja mogu se dodeljivati kanali iz bilo koje od preklapljenih ćelija.
- ◆ U primeru sa slike, korisniku u označenom regionu, koji formiraju 3 ćelije, može se dodeliti kanal iz bilo koje od te 3 ćelije.

Geometrija preklopiljenih ćelija

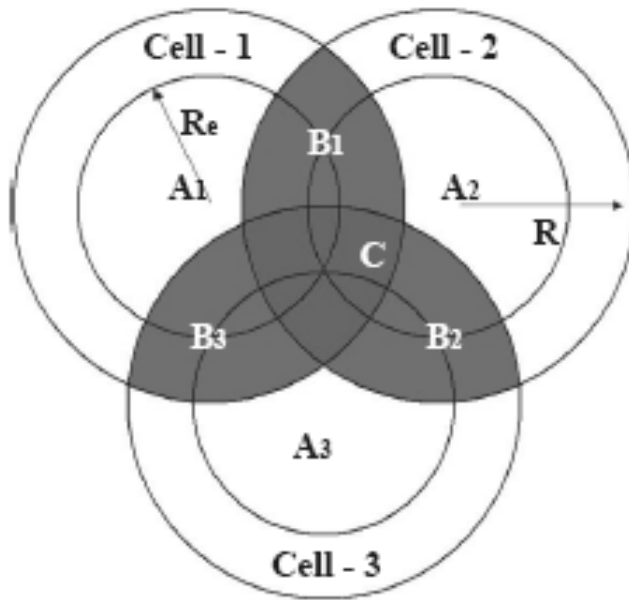


- ◆ Posmatramo $R_e \leq R \leq 1.5R_e$ da bi br. preklopljenih ćelija ograničili na 3.
- ◆ Teorijski mogu se preklopiti 4 i više ćelija ako se R dovoljno poveća, pod uslovom da su smetnje između kanala i snaga prijemnog signala prihvatljivi.

Definicije regiona i oblasti

- ◆ Regioni su sekcije zemljišta, koje nastaju preklapanjem više od jedne ćelije.
- ◆ Tipovi preklapanja: A (jedna ćelija), B (dve ćelije) i C (tri ćelije).
- ◆ Jedna ćelija sadrži više regiona.
- ◆ Oblast sadrži jedan ili više regiona istog tipa.
- ◆ Sledi primer regiona i oblasti.

Primer regiona i oblasti



- ◆ Oblasti za npr. ćeliju br. 2 su A – A2, B – B1 i B2, C – C.
- ◆ Oblastima se dodeljuju skupovi sa različitim brojem kanala Ca, Cb, Cc.

Scenario dodele kanala

- ◆ Korisnik skanira sve frekvencije radi otkrivanja onih na kojima je najbolji signal.
- ◆ Na osnovu toga korisnik zna koliko BS pokriva njegovu poziciju i on to javlja HAP-u kada se uključuje u sistem.
- ◆ Od interesa je šema dodele kanala sa min verovatnoćom blokiranja korisnika $P(\text{Block})$.
- ◆ Zadatak: Kako raspodeliti kanale između oblasti tako da $P(\text{Block})$ bude ista u svim oblastima?

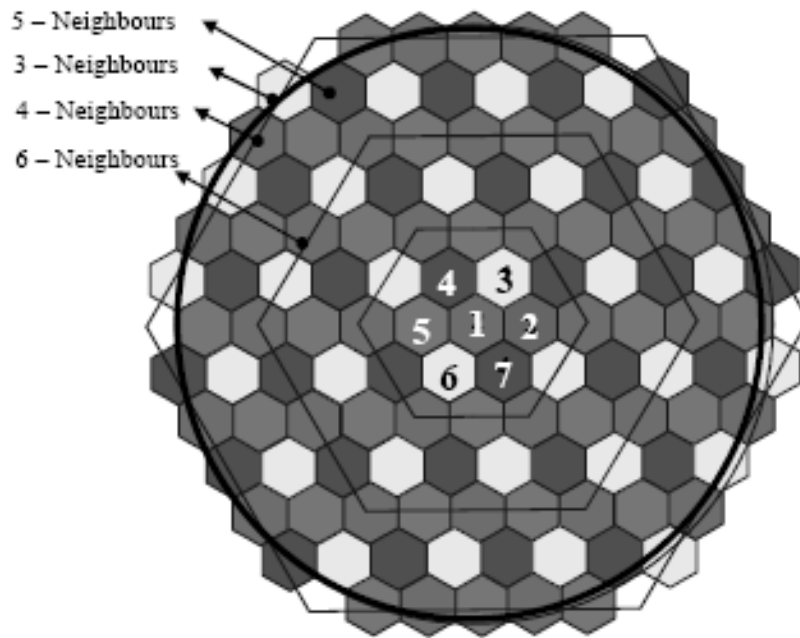
Verovatnoća blokiranja korisnika (skraćeno verovatnoća blokiranja)

- ◆ Verovatnoća blokiranja u jednoj ćeliji po Erlang-B raspodeli je funkcija broja raspoloživih kanala i ponuđenog saobraćaja OT (Offered Traffic).

$$P(\text{Block}) = f(\text{OT}_{\text{n-total}}, \text{Cn-total})$$

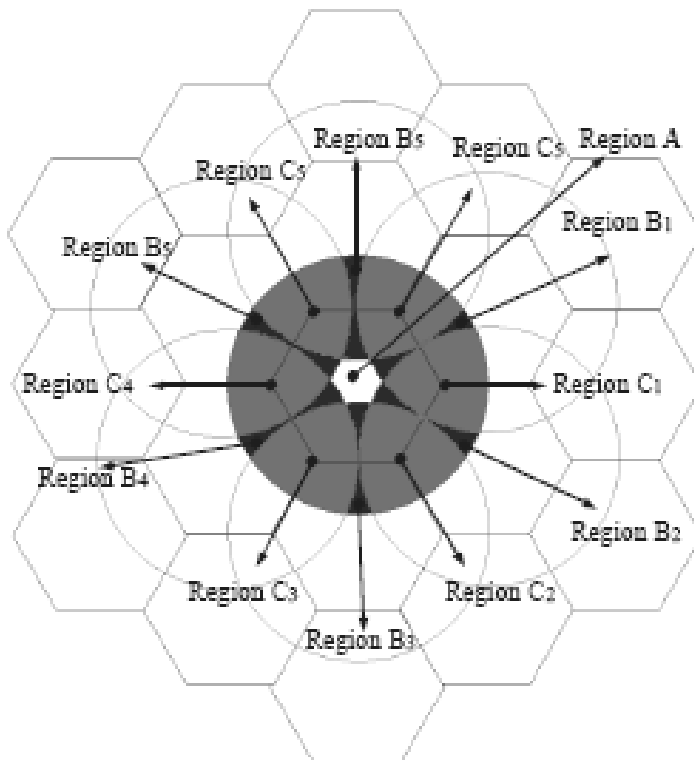
- ◆ Stepen preklapanja ćelija isključivo zavisi od R/Re (ne zavisi od visine na kojoj se nalazi HAP).
- ◆ Zadatak: Koji odnos R/Re je optimalan?

Pojam susednih ćelija na primeru sistema sa 121 ćelijom



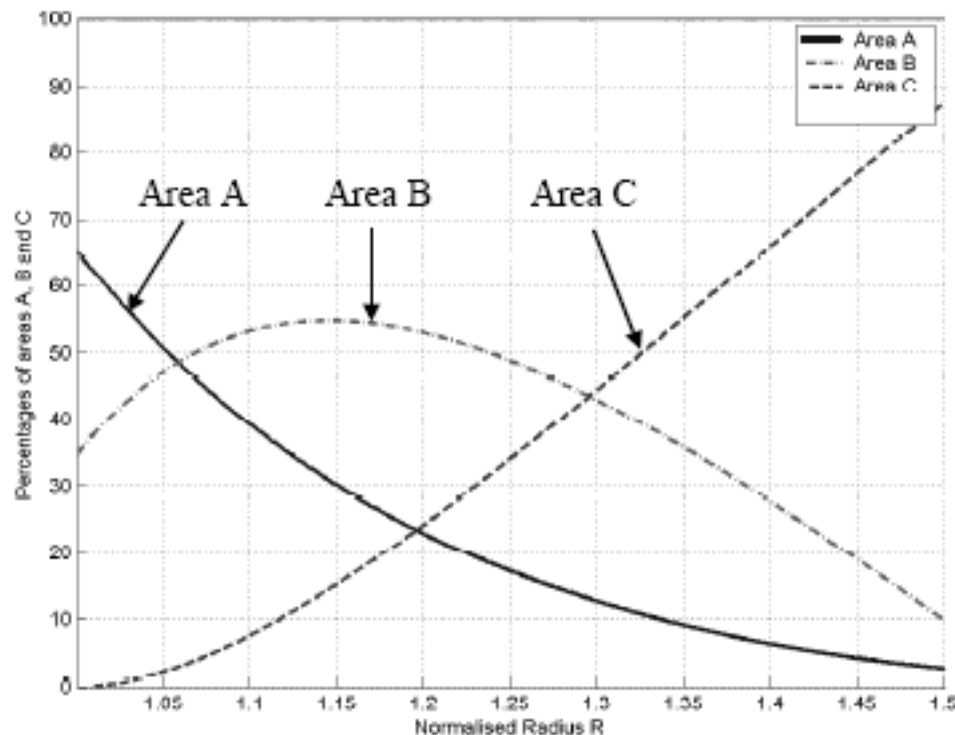
- ◆ Oblast unutar kružnice je oblast pokrivanja.
- ◆ U primeru postoje ćelije sa 3, 4, 5 i 6 susedih ćelija.
- ◆ Dalje se razmatraju ćelije sa 6 susedih ćelija kao najopštiji slučaj.

Regioni jedne ćelije sa 6 susednih ćelija



- ◆ Svakoj ćeliji sa 6 susednih ćelija odgovara jedan A region, 6 B regiona i 6 C regiona.
- ◆ Ove ćelije se skraćeno nazivaju unutrašnjim ćelijama.

Zavisnost veličina oblasti, tipa A, B i C, od normalizovanog poluprečnika R/R_e



◆ Karakteristične tačke grafikona:

$R/R_e = 1.05$, oblast $A=B$

$R/R_e = 1.2$, oblast $A=C$

$R/R_e = 1.3$, oblast $B=C$

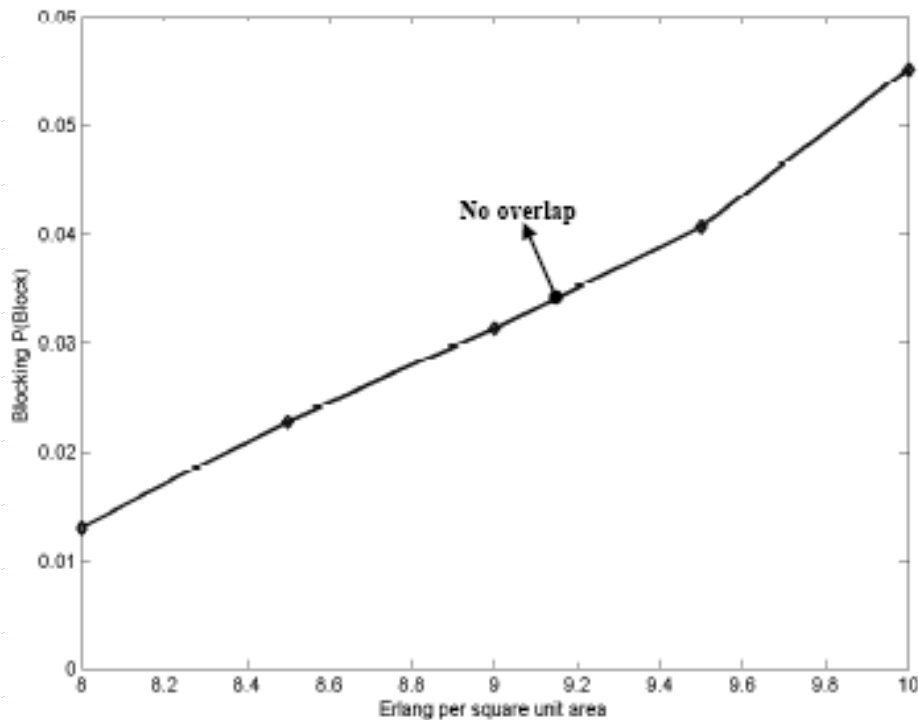
Scenario i strategije dodele kanala

- ◆ Cilj strategije je poboljšati garantovani QoS.
- ◆ Sa povećanjem preklapanja smanjuje se $P(\text{Block})$ u nekim oblastima, a u drugim se povećava.
- ◆ Povećanjem $P(\text{Block})$ u oblastima sa najmanjim $P(\text{Block})$, poboljšava se ukupan najgori slučaj blokiranja.
- ◆ Idealno, QoS isti u svim oblastima.
- ◆ Kod saobraćaja konstantnog toka (npr. video), ovo se postiže minimiziranje $P(\text{Block})$ unutar cele oblasti pokrivanja.

Parametri i pretpostavke

- ◆ Posmatra se sistem sa 37 ćelija.
- ◆ Svaka ćelija koristi različitu grupu kanala.
- ◆ Smetnje između kanala se ignorišu.
- ◆ Postoji direktna linija vidljivosti korisnik-HAP.
- ◆ 100.000 korisnika koji obave 500.000 poziva.
- ◆ Nailazak poziva – Poasonova radpodela.
- ◆ Dužina poziva – negativna eksponencijalna rasp.
- ◆ OT u oblasti varira u intervalu 8-10Erlanga po jedinici površine puta stvarna veličina oblasti.

Šema 1: Standardna FCA šema (Fixed Channel Allocation)

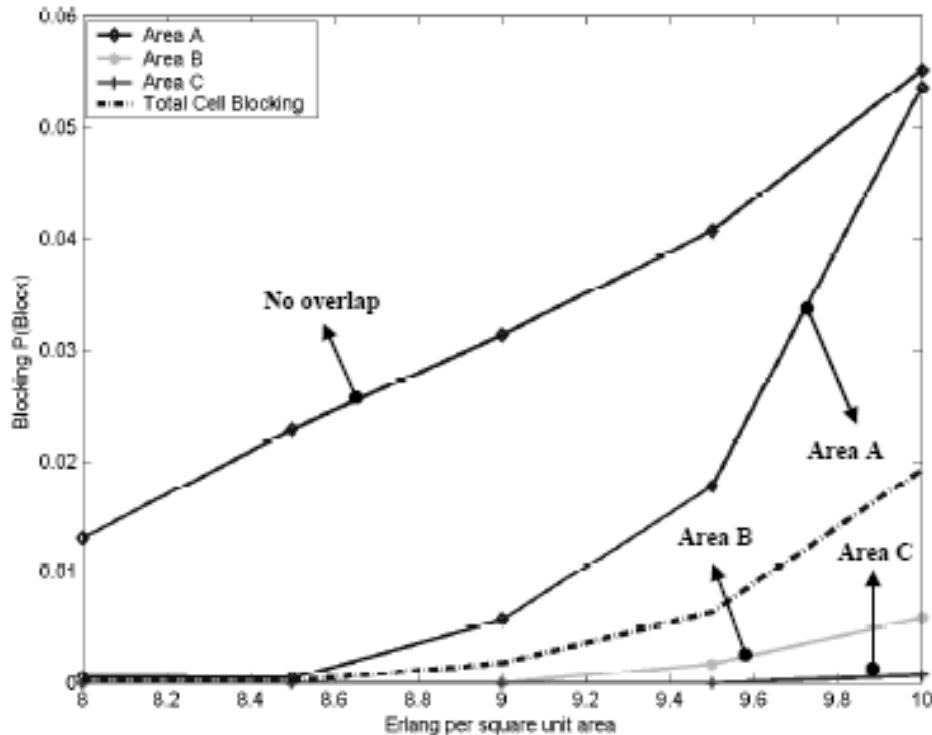


- ◆ Svakoj ćeliji se dodeljuje nepromenljiv skup kanala.
- ◆ Ne koristi se preklapanje ćelija ($R=R_e$).
- ◆ Korisniku se dodeljuje kanal od najbliže BS.
- ◆ Sistem može da održava verovatnoću blokiranja 4% za saobraćaj manji od 9.5 Erlanga po jedinici površine.

Šema 2: Šema zasnovana na površini ABFCA (Area Based FCA)

- ◆ Posmatra se slučaj $R=1.25R_e$.
- ◆ Korisnik prvo traži sve BS u dometu (ima ih do 3), a zatim bira BS sa najviše slobodnih kanala.
- ◆ Npr. ako je u oblasti C, bira kanal od 3 BS, a izabira od one koja ima najviše slobodnih kanala.
- ◆ Generalno, nivo blokiranja kod ABFCA je mnogo niži nego kod FCA šeme bez preklapanja ćelija.
- ◆ Međutim, nije moguće favorizovati oblasti B i C radi smanjenja $P(\text{Block})$ a da se i u oblasti A zadrži snižena verovatnoća $P(\text{block})$.

Performansa šeme ABFCA



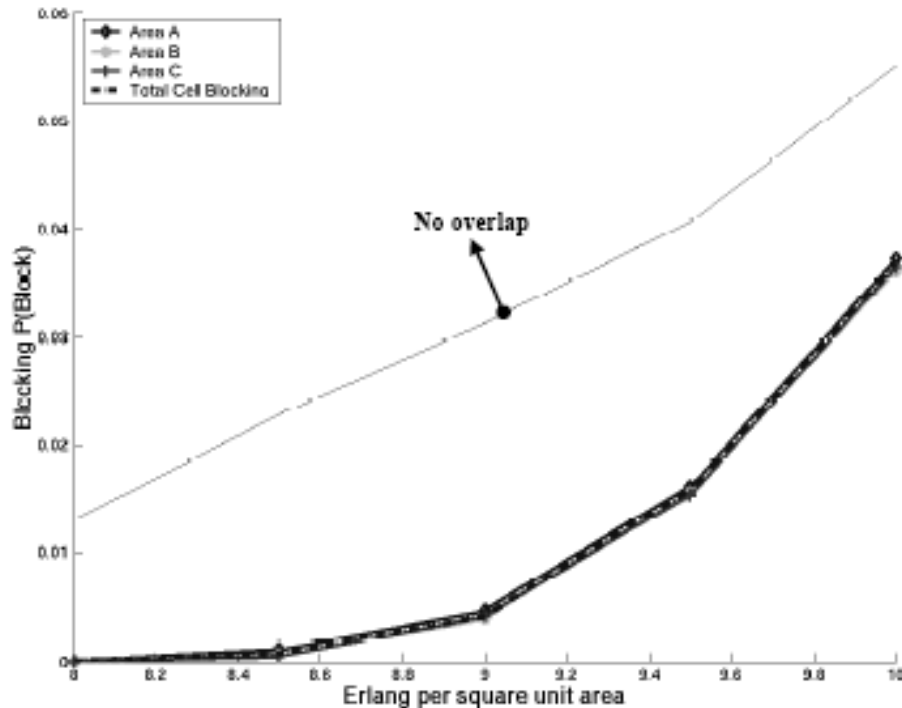
- ◆ Moguće poboljšanje smanjenjem $P(\text{Block})$ u oblasti A na osnovu malog povećanja $P(\text{Block})$ u oblastima B i C.
- ◆ Cilj: držati ukupan nivo $P(\text{Block})$ ispod nivoa za slučaj FCA bez preklapanja ćelija.

Šema 3: Uniformna FCA šema UFCA (Uniform FCA)

- ◆ UFCA ograničava br. kanala koji se mogu dodeliti oblastima B i C, kako bi bili raspoloživi za oblast A.
- ◆ Način da se to uradi bez podele kanala na regione je da se deo korisnika u B i C blokira iako ima slobodnih kanala u ćeliji.
- ◆ Npr. čuva se zadnji kanal u B i zadnja dva kanala u C, tako što se ti kanali koriste samo ako slučajano generisan broj pređe RAF (Random Access Factor):
$$\text{RAF} = a + b \ln(\text{OT}_{\text{Optimum}} / \text{OT}_{\text{varying}})$$

 $a=0.405$ (za B) ili 0.045 (za C), $b=1.7$
 $\text{OT}_{\text{Optimum}}=8.8$ Erlanga po jedinici površine

Performansa šeme UFCA



- ◆ Ukupan nivo $P(\text{Block})$ je smanjen i približno je isti u svim oblastima.
- ◆ Čelije u sredini sada mogu da podnesu 10.5% više OT u odnosu na slučaj bez preklapanja ćelija.