

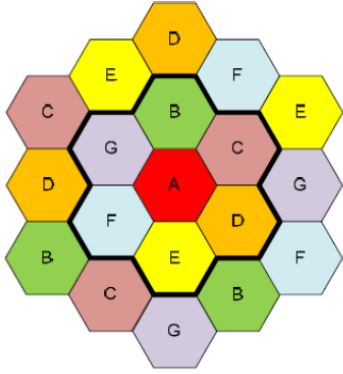
**BSM 422**

# **KABLOSUZ AĞ TEKNOLOJİLERİ VE UYGULAMALARI**

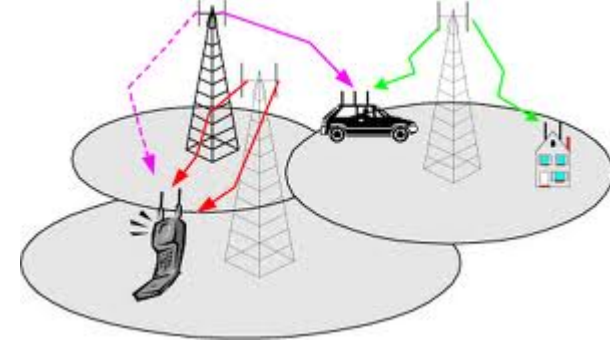
**Doç. Dr. Cüneyt BAYILMIŞ**



BSM 422  
KABLOSUZ AĞ TEKNOLOJİLERİ VE UYGULAMALARI

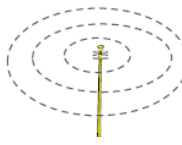


5. Hafta

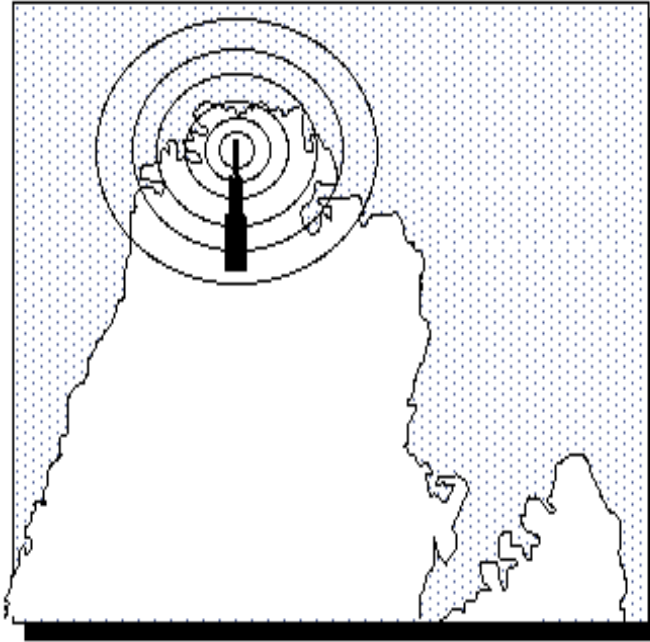


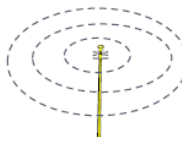
HÜCRESEL AĞLAR

Hücre Kavramı (Cell Consept)



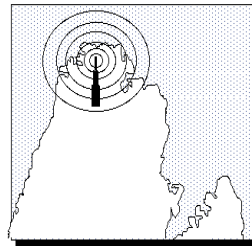
- ❑ Geleneksel mobil servisi televizyon yayıncılığına benzer bir şekilde yapılandırılmıştır.
- ❑ Bir bölgedeki en yüksek noktada bulunan çok güçlü bir vericisi 50 kilometrelik bir yarıçap içinde yayın yapar.

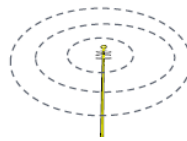




## ❑ Dezavantajları

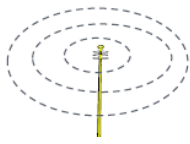
- Gerekli olan anten gücünün fazla olması,
- Kapsama alanı olarak her noktaya ulaşamaması,
- Antene yakın olanların alışı gücü yüksekken, antenden uzak olanların iletişim sorunu çekmesi,
- Uzak Kullanıcılar istasyona ulaşmak için daha fazla güç harcar. (Batarya Problemi)
- Kullanılan toplam bant genişliği bir daha kullanılamaz.
- Aynı bandı kullanmak isteyen başkası olursa karışım (interference) olur.
- Verici antenin bozulması durumunda tüm yayının kesilmesi.





- ❑ Hücre kavramı spektral tıkanıklık ve kullanıcı kapasitesi sorununun çözümünde önemli bir atılım olmuştur.
- ❑ Sınırlı bir spektrum tahsisinde herhangi önemli bir teknolojik değişiklik olmadan çok yüksek kapasite sunar.
- ❑ Hücre kavramı aşağıdaki sistem düzeyinde fikirler üzerine inşa edilmiştir.
  - ❑ Tek bir yüksek güçlü vericilerin her hizmet (service) alanının sadece küçük bir bölümünü kapsama alanı içine alan **bir çok düşük güçlü vericiler** ile yer değiştirmesi
  - ❑ Girişimi en aza indirmek için **komşu hücreler** farklı kanal (**frekans**) gruplarına atanır.
  - ❑ **Aynı frekanslar** coğrafi olarak birbirinden ayrı alanlarda **tekrar kullanılır**.

# Hücresel Ağ Organizasyonu



❑ Birçok düşük güçlü verici

➤ 100w ya da daha az

❑ Hücrelere bölünmüş coğrafik alan

➤ Her biri kendi antenine sahip

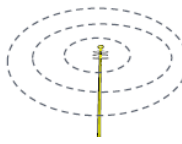
➤ Her biri kendi frekans aralığına sahip

➤ Baz istasyonu tarafından servis sağlanır

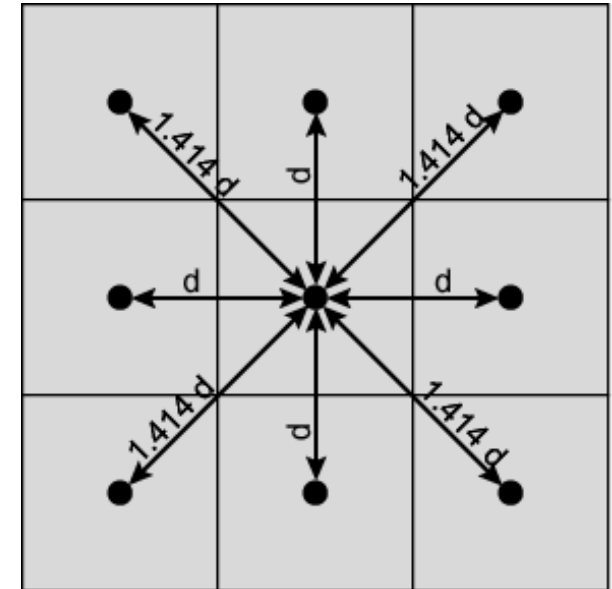
▪ Verici, alıcı, kontrol ünitesi

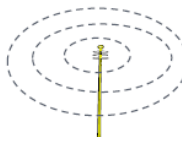
❑ Baz istasyonun bozulması durumunda sadece kendi kapsama alanını etkiler.



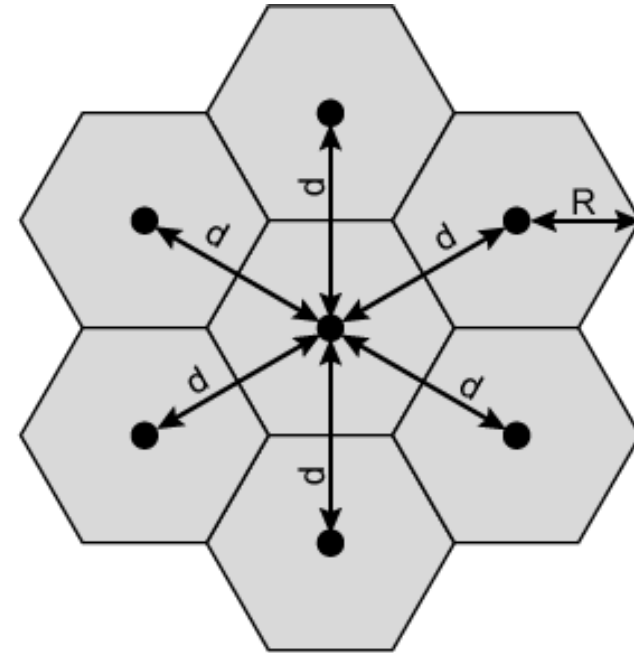


- ❑ Genişliği  $d$  olan hücre  $d$  mesafesinde ve  $\sqrt{2} d$  mesafesinde dört komşuya sahiptir.
- ❑ Tüm komşu antenler eşit uzaklıkta ise
  - ❑ Yeni bir antene geçişi ve seçmeyi kolaylaştırır.

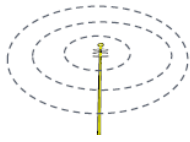




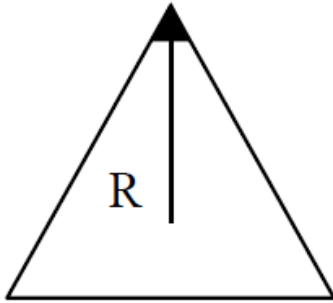
- ❑ Tüm komşu antenler eşit uzaklıktadır
- ❑ Yarıçapı çevrel çemberin yarıçapı olarak tanımlanır
  - Merkezden köşe noktaya uzaklık yan uzunluğa eşittir
- ❑ Hücre merkezlerinin yarı çapları (R) arasındaki uzaklık  $\sqrt{3} R$ 'dir.
- ❑ Her zaman kesin **hexagon** değildir.
  - Topografik (yeryüzünün kağıt üzerindeki gösterimi) sınırlamalar
  - Yerel sinyal yayılım koşulları
  - Antenlerin lokasyonları



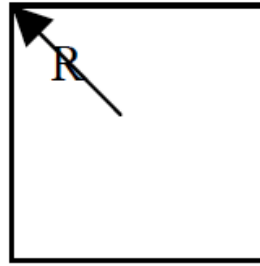




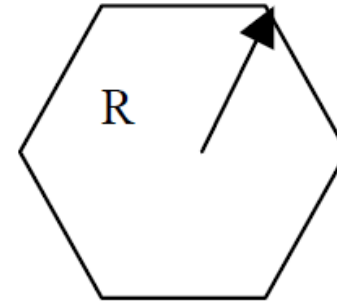
□ Maksimum kapsama alanından dolayı altıgen (hexagonal) hücre şekli seçilmiştir.



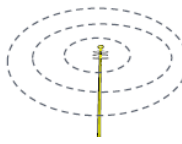
$$A_{tri} = 1.3R^2$$



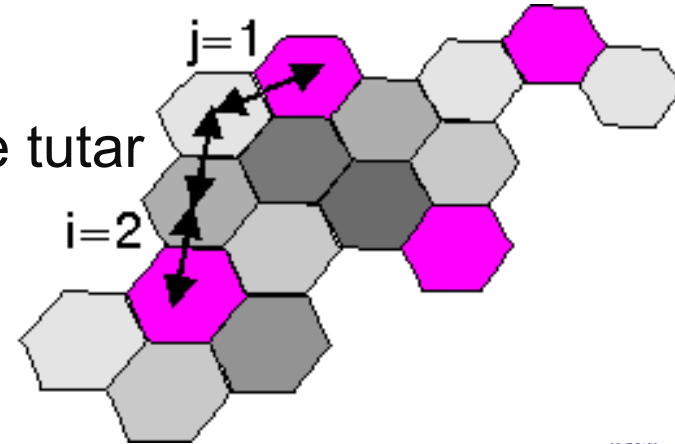
$$A_{sq} = 2.0R^2$$

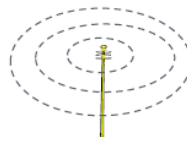


$$A_{hex} = 2.6R^2$$



- ❑ Bir sistem içindeki tüm hücresel baz istasyonları için kanal gruplarını seçme ve tahsis etme tasarım sürecidir.
- ❑ Hücresel mobil radyo temel kavramdır
- ❑ Farklı coğrafi alanlarda (farklı hücrelerde) kullanıcılar aynı frekans kanalını eş zamanlı kullanabilir.
- ❑ Kullanıcı kapasitesini ve spektrum verimliliğini şiddetli bir şekilde artırır.
- ❑ Girişim seviyelerini tolere edilebilir seviyede tutar





- ❑ Toplam  $S$  dupleks kanala sahip bir hücresel sistemde,
- ❑  $S$  kanal her biri tek ve ayırık kanal kullanan  $N$  hücre arasında bölünür ve her bir hücre  $k$  kanal grubuna tahsis edilirse

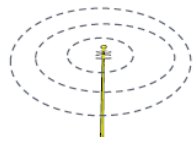
- ❑ Mevcut dupleks radyo kanallarının sayısı

$$S = k N.$$

- ❑ **Küme (cluster):** Mevcut tüm frekans kümesini toplu olarak kullanan  $N$  hücreye “cluster” denir.
- ❑ Küme sistem içerisinde  $M$  kez tekrarlanırsa, toplam kanal sayısı (kapasite ölçüsü)

$$C = M k N = M S.$$

- ❑ **Eş kanal hücresi (co-channel cell):** Aynı frekans setini kullanan hücreler kümesi.



❑ Toplam 33 MHz bant genişliği full duplex ses ve kontrol kanalı sağlamak için iki 25 kHz simplex kanal kullanan FDD hücresel telefon sistemine tahsis ediliyor.  $N=4$ , 7, ve 12 değerleri için her bir hücredeki kanal sayısını,  $k$ , bulunuz.

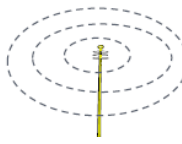
❑  $33000 / (25 \times 2) = 660$  toplam kanal sayısı

❑  $660 / 4 = 165$  kanal / hücre

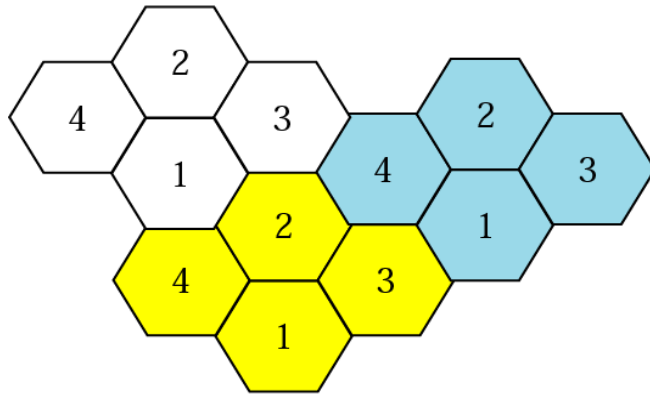
❑  $660 / 7 = 94$  kanal / hücre

❑  $660 / 12 = 55$  kanal / hücre

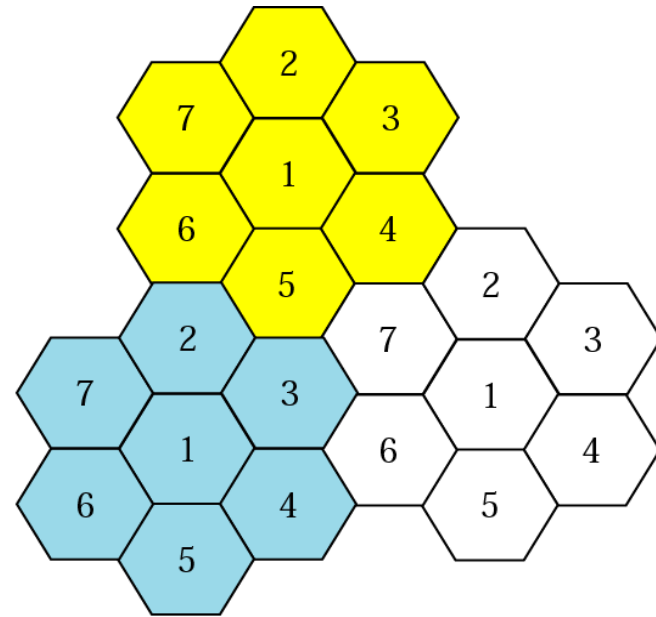
# Frekans Yeniden Kullanımı



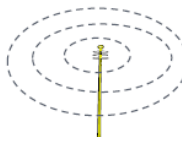
- ❑ Küme boyutu  $\rightarrow i^2+ij+j^2$  eşitliği ile hesaplanır.  $i$  ve  $j$  negatif olmayan tamsayılardır.
- ❑  $N \rightarrow 3, 4, 7, 9, 12, 13, 19, \dots$  değerlerini alabilir.



N=4

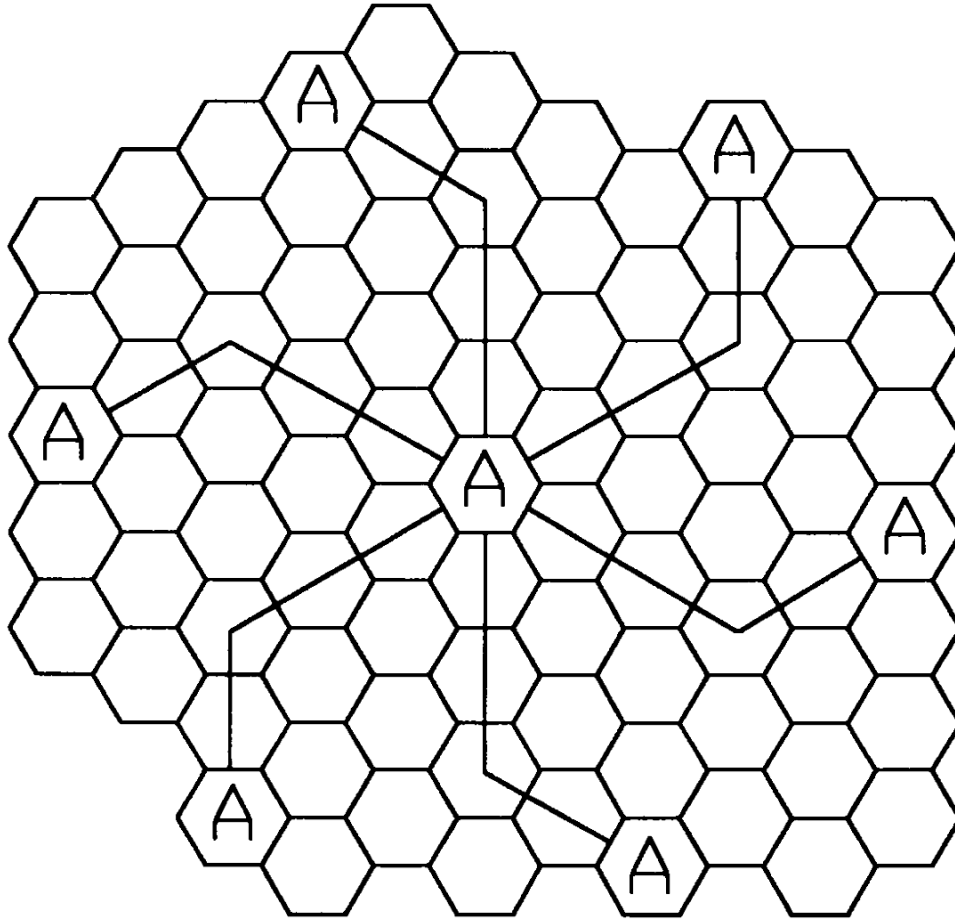


N=7



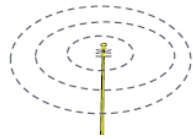
❑ Hücresel bir sistemde ortak kanal hücrelerinin konumlandırılması

❑  $N = 19$  ( $i = 3, j = 2$ )

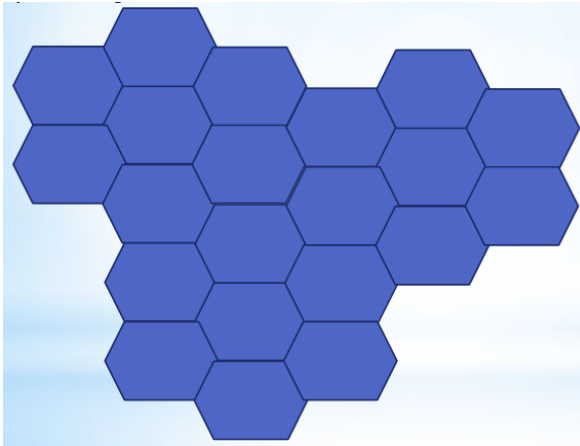


Bir komşu hücrenin en yakın eş-kanalını bulmak için:

- ❑ Altıgenlerin herhangi dizisi boyunca  $i$  hücre hareket edilir.
- ❑ 60 derece saat yönünün tersine dönülür.
- ❑  $j$  hücre hareket edilir.



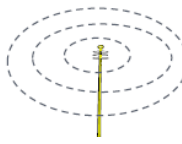
- ❑ Hücre büyüklüğü sabitken küme büyüklüğünü ifade eden  $N$  azaltılırsa aynı alanı kapsamak için daha fazla küme gerekmektedir. Böylece daha fazla kapasite sağlanabilir.



$$\begin{aligned} S &= 210 \\ N &= 7 \\ k &= 30 \\ 3 \text{ küme var} \\ \text{Kapasite} &= 210 \cdot 3 = 630 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= 210 \\ N &= 3 \\ k &= 70 \\ 7 \text{ küme var} \\ 210 \cdot 7 &= 1470 \end{aligned}$$

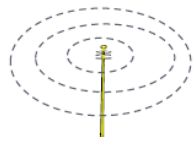
- ❑ Frekans tekrar kullanım faktörü =  $1/N$



- ❑ Küme büyüklüğünün artması ile aynı frekansı kullanan hücreler arası mesafe ile bir hücrenin yarıçapı arasındaki oran azalır. Böylece aynı frekansı kullanan hücreler arasında oluşacak eşkanal karışımı azalır.
- ❑ Tersten düşünülürse  $N$ 'nin azalması ile karışım ihtimali artar.
- ❑ Kapasite açısından düşünülürse  $N$  sayısının azaltılarak kapasitenin maksimize edilmesi planlanır.



# Eş Kanal Yeniden Kullanımı Oranı, $Q$

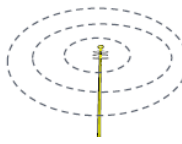


- $D$  (yeniden kullanım mesafesi – reuse distance)
  - en yakın eş kanal hücrelerin merkezlerinin arasındaki uzaklık
- $R \rightarrow$  Hücrenin yarı çapı

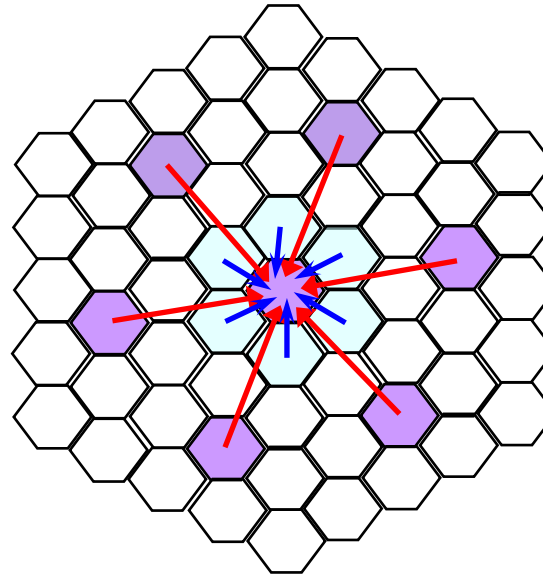
$$Q = \frac{D}{R} = \sqrt{3N}$$

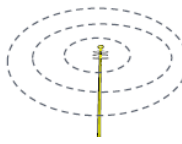
- Küçük  $Q$  değeri daha büyük kapasite sağlar ( $N$  değeri küçük)
- Büyük  $Q$  değeri daha iyi servis kalitesi (Quality of Service, QoS) sunar (Daha büyük  $D$  değerleri)

# Girişim (Interference)



- ❑ Hücresel mobil haberleşmenin performansını sınırlayan başlıca faktördür.
- ❑ Girişim kaynakları
  - ❑ Aynı hücredeki başka bir mobil kullanıcı
  - ❑ Bir komşu hücredeki devam eden bir çağrı
  - ❑ Aynı frekans bandında çalışan diğer baz istasyonları
  - ❑ Hücresel frekans bandının içine yanlışlıkla enerji sızdıran herhangi bir hücresel olmayan sistem
- ❑ İki başlıca girişim türleri
  - ❑ Eş kanal girişimi →
  - ❑ Komşu kanal girişimi →





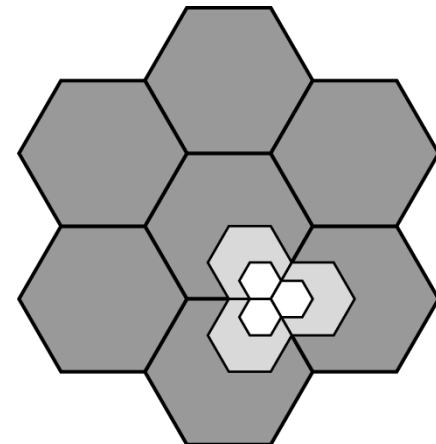
❑ Yeni bir kanal eklemek

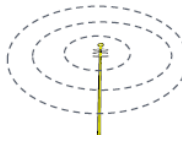
❑ Frekans ödünç alma

- Tıkanık hücreler tarafından komşu hücrelerden alınır
- Veya frekans dinamik olarak atanır.

❑ Hücre bölme (Cell Splitting)

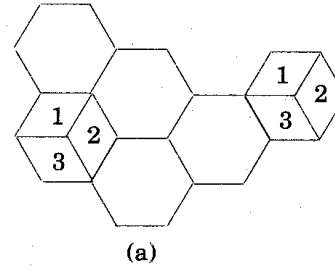
- Düzgün olmayan dağılıma sahip topografya ve trafik
- Yüksek kullanım alanlarında daha küçük hücreler
  - Orijinal hücreler 6,5-13 km
  - Genel olarak 1,5 km ile sınırlı
  - Daha sık frekans değiştirme (handoff)
  - Daha fazla baz istasyonu





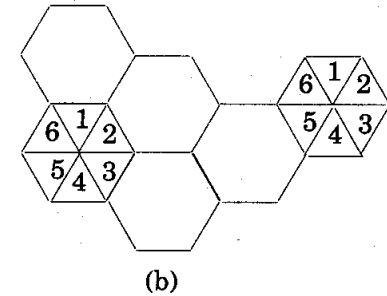
## ❑ Hücreyi sektörlere ayırma

- Hücre kama şeklinde sektörlere ayrılır
- Hücre başına 3 (a) - 6 (b) sektör
- Her biri kendi kanal setine sahip
- Yönlü antenler kullanılır.

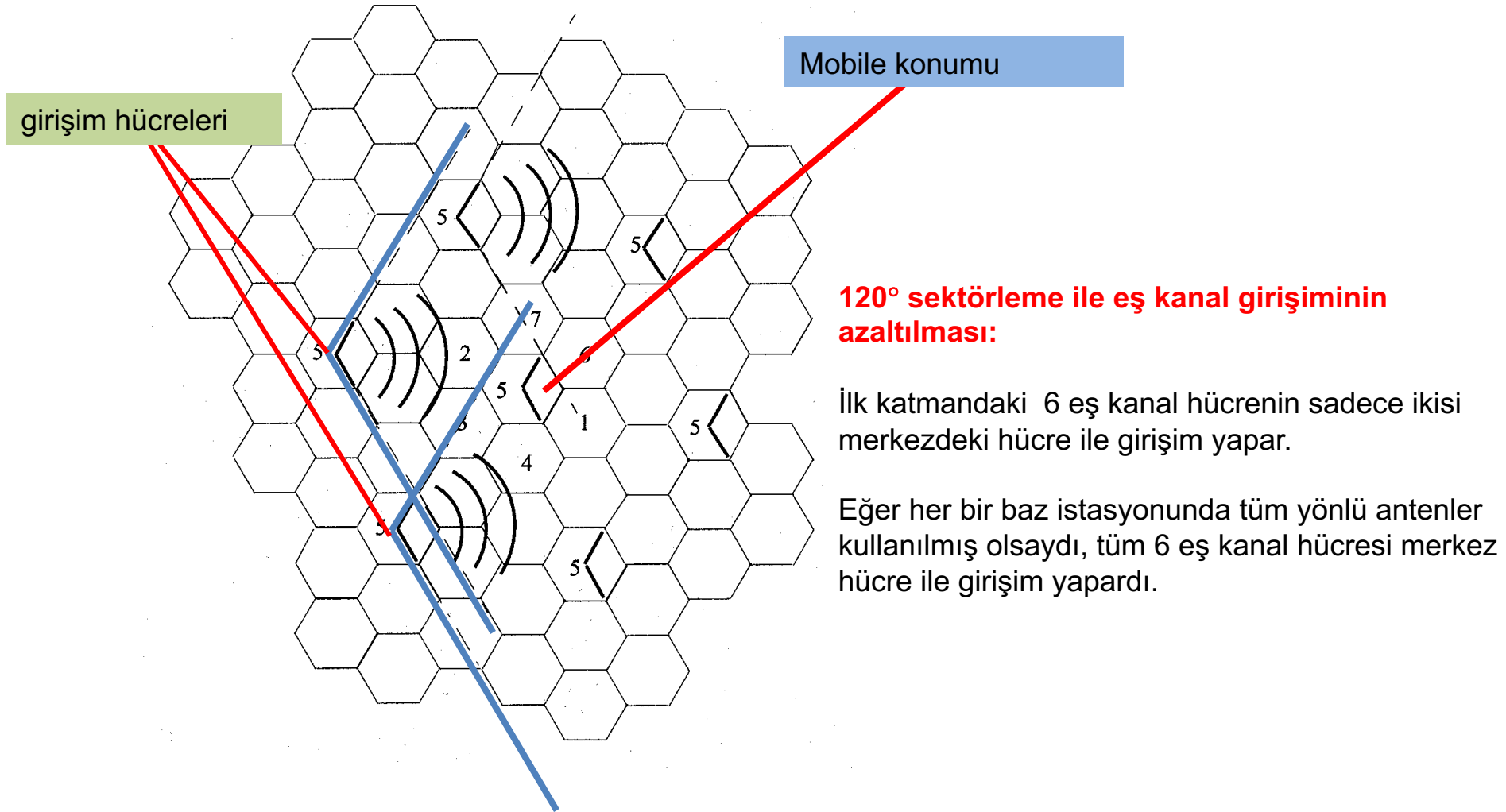
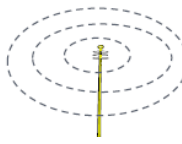


## ❑ Mikro hücreler (Microcells)

- Antenler büyük tepelerin ve büyük binaların tepesinden küçük binaların tepesine ve büyük binaların kenarlarına taşınır.
  - Hatta lamba direkleri
- Azaltılmış güç
- Şehir caddeleri, yollar boyunca ve büyük binaların içinde iyi sonuç verir.



# Girişim Azaltımı



# Frekans Değiştirme (Handoff) Stratejileri

❑ Bir konuşma devam ederken, mobil kullanıcı başka bir hücre içine hareket ederken, MSC otomatik olarak çağrıyı yeni baz istasyonuna ait olan yeni bir kanala aktarır.

## ❑ Handoff İşlemi

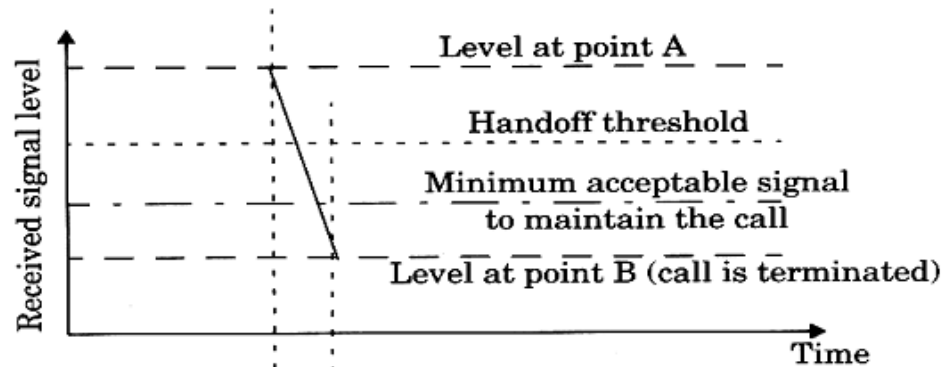
- Yeni bir baz istasyonu tanımlanır.
- Yeni baz istasyonu ile ses ve kontrol kanalı yeniden tahsis edilir.

## ❑ Handoff Eşik Değeri

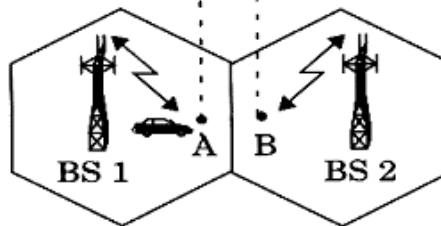
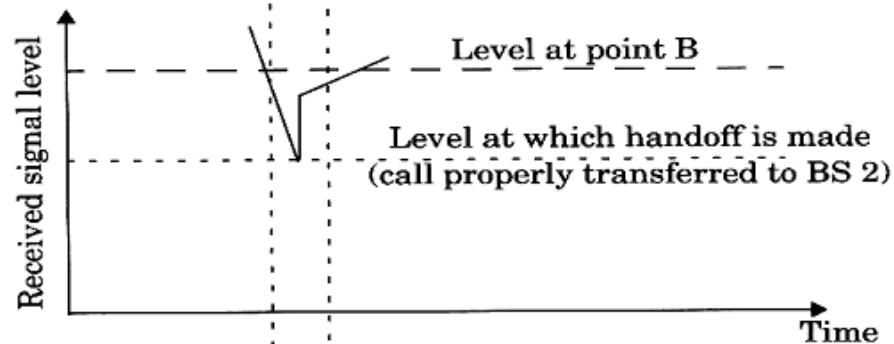
- Kabul edilebilir ses kalitesi (-90dBm to -100dBm) için minimum kullanılabilir sinyal değeri (baz istasyonu için).
- Handoff sınırı  $\Delta = P_{r,handoff} - P_{r,minimumusable}$  çok büyük veya çok küçük olamaz.
- $\Delta$  çok büyük olursa, MSC için gereksiz handoff yükü olur.
- $\Delta$  çok küçük ise, bir çağrı kaybolmadan önce handoff'u tamamlamak için yetersiz zaman olabilir.

# Hücre kenarında handoff senaryosu

(a) Improper handoff situation



(b) Proper handoff situation



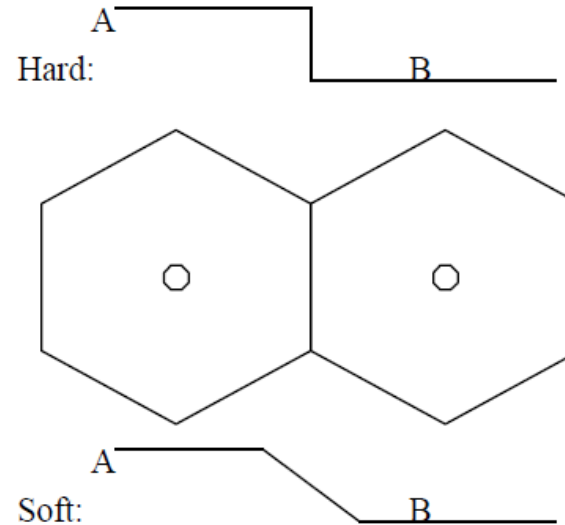
# Frekans Değiştirme (Handoff) Stratejileri

## ❑ Sıkı Handoff (Hard Handoff)

- Yeni tahsis edilen kanal bağlantısı kurulmadan önce eski kanal bağlantısı koparılır. Bu durum açıkça çağrıların düşmesine neden olur. (TDMA)

## ❑ Yumuşak Handoff (Soft Handoff)

- Eski kanal bağlantısı sonlandırılmadan önce yeni kanal bağlantısı kurulur. (CDMA)





# Kanal Tahsis Stratejileri

## ❑ Sabit kanal atama (Fixed Channel Allocation, FCA) :

- ❑ Önceden belirlenen ses kanallarına atama yapılır. Çağrı başlatımında kullanılmayan ses kanalına atama yapılır. Tüm kanallar dolu ise çağrı bloke olur.

## ❑ Ödünç alma:

- ❑ Hücredeki tüm kanallar meşgul ise komşu hücreden ses kanalı ödünç alınabilir. Mobil Anahtarlama Merkezi (**Mobil Switching Center, MSC**) bu işlemi yönetir. Ödünç alınan kanalın hücredeki diğer çağrıları interfere etmemesi gerekir. Ayrıca ödünç alınan kanallar çağrı sonlandırılınca iade edilmelidir.

## ❑ Dinamik kanal atama (Dynamic Channel Allocation, DCA) :

- ❑ Kalıcı olarak hücrelere ses kanalları atanmaz. Tüm kanallar merkezi bir havuzda tutulur ve sisteme ulaşan çağrıya dinamik olarak tahsis edilir. Servis veren baz istasyonu, çağrı isteği aldığında MSC den kanal isteği yapar.

# Kanal Tahsis Stratejileri

## ❑ Dinamik kanal atama (Dynamic Channel Allocation, DCA) :

- Çağrının bloke olma olasılığını düşürür.
- Kanalin verimli kullanılmasını sağlar.
- Sistemdeki tüm kanallara tüm hücrelerin erişimi sağlanır.
- Dinamik atama; MSC'nin kanal meşguliyet bilgisini, trafik yoğunluğu ve radyo sinyalinin güç bilgisi (RSSI) gerçek zamanlı olarak toplar.
- Hafıza gereksinimini ve işlem karmaşıklığını artırır.

# Trunking ve Hizmet Kalitesi (Grade of Service, GoS)

- ❑ Trunk: Kullanıcıların arama davranışlarının istatistiksel özelliklerini kullanır. Herhangi bir etkin iletişim sistemi sınırlı sayıda kanallar ile çok sayıda kullanıcı isteklerini karşılaması gerekir.
- ❑ Grade of service (GoS) : Bir kullanıcı bir çağrı bazında bir kanala tahsis edilir. GoS en yoğun saat boyunca bir trunk sistemine erişmek için bir kullanıcının yeteneğinin bir ölçüsüdür. Tipik olarak bir çağrının bloke olma olasılığını verir.
- ❑ Trunk teorisi: Belirli bir GoS değerinde sunulan trafiği servis etmek için gerekli kanal sayısını belirlemek için kullanılır.
- ❑ Çağrı meşguliyet süresi (Call holding time, H): Bir çağrının ortalama süresi.
- ❑ İstek oranı ( $\lambda$ ): Birim zamandaki çağrı isteklerinin ortalama sayısı.

# Truncking ve Hizmet Kalitesi (Grade of Service, GoS)

❑ Trafik yoğunluğu (toplam sunulan trafik) ERLANG cinsinden ölçülür.

$$A = \lambda \cdot H$$

*Örnek : Bir hücrede her saat 3000 çağrı gerçekleşiyor ve her biri ortalama 1.76 dakika sürüyor.*

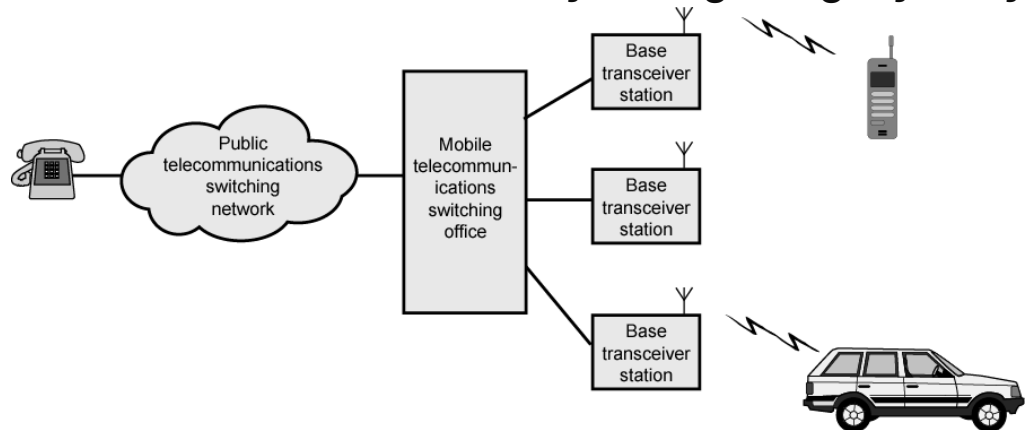
*Sunulan trafik  $A = (3000/60)(1.76) = 88$  Erlangs*

**1 Erlang** dakika başına (veya saat başına) 1 çağrının oluşturduğu trafik yoğunluk miktarıdır.

Eğer sunulan trafik maksimum olası taşınan trafiği aşarsa çağrılar bloklanır.

# Hücresel Sistemlerin Çalışması

- ❑ Her bir hücrenin merkezinde baz istasyon (base station – BS) bulunur.
  - ❑ Anten, Denetleyici, Alıcı-verici
- ❑ **Denetleyici çağrı süreçlerini yönetir**
  - ❑ Belirli bir zamanda birkaç mobil birim kullanımda olabilir.
- ❑ BS mobil telekomünikasyon anahtarlama ofisine (mobile telecommunications switching office –MTSO) bağlıdır.
  - ❑ Bir MTSO bir çok BS'ye hizmet verir.
  - ❑ MTSO - BS bağlantısı kablolu yada kablosuz gerçekleşir.
- ❑ **MTSO:**
  - ❑ Mobil birimler arasındaki ve mobil'den sabit haberleşme ağına gerçekleşen çağrıları bağlar.
  - ❑ Ses kanallarını tahsis eder.
  - ❑ Handoff'ları gerçekleştirir.
  - ❑ Çağrıları faturalandırır.
- ❑ **Tam otomatik**



# Kanallar

## ☐ Kontrol Kanalları

- ☐ Çağrılarının kurulması ve sürdürülmesini sağlar.
- ☐ Mobil birim ve en yakın BS arasındaki bağlantıyı kurar.

## ☐ Trafik kanalları

- ☐ Ses ve datayı taşır

# Bilmemiz Gerekenler

- ☐ Hücresel ve Küme nedir?
- ☐ Hücresel şekilleri nelerdir?
- ☐ Hücresel sistemlerin çalışmasını özetleyiniz.
- ☐  $i=4$   $j=2$  değerleri için bir kümedeki hücre sayısı kaçtır?
- ☐ Handoff nedir? Hard ve Soft Handoff arasındaki fark nedir?

# KAYNAKLAR

## ❖ Kaynaklar

- Theodore S. Rappaport, “*Wireless Communications Principles and Practice*”, Prentice Hall, 2001
- Andreas F. Molisch, “*Wireless Communications*”, Wiley, 2005
- Vijay Kumar Garg, “*Wireless Communications and Networking: An Introduction*”,
- Andrea Goldsmith, “*Wireless Communications*”, Stanford University
- Bruce Fette, Roberto Miron, B. Douglas, “*RF and Wireless Technologies: Know it All*”