

# Mobil ve Kablosuz Ağlar (Mobile and Wireless Networks)

---

Hazırlayan: M. Ali Akcayol  
Gazi Üniversitesi  
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

## Ders konuları

- Kablosuz ağ topolojileri
- Hücre oluşturulması ve frekans yeniden kullanımı
- Interference
- Hücresel sistemlerde kapasite artırma yöntemleri
  - Hücre bölme
  - Sektör oluşturma
- Kanal atama yöntemleri
  - Sabit kanal tahsisi
  - Dinamik kanal tahsisi
  - Hibrit kanal tahsisi
- Handoff yönetimi
- Roaming

## Kablosuz ağ topolojileri

- Hücresel ağlara ilişkin ilk prensipler Bell laboratuvarlarında yapılan çalışmaların sonucunda 1947 yılında geliştirilmiştir.
- Hücresel ağlarda frekans yeniden kullanımı (frequency reuse) kapasiteyi çok artırmaktadır.
- Hücresel telefon sistemleri az sayıdaki kanalın çok sayıdaki kullanıcı tarafından paylaşılarak kullanılmasına olanak sağlar.
- **Kablosuz servis sağlayıcılar genellikle küçük bir altyapı ve anten ile başlarlar ve kullanıcı sayısı arttıkça altyapılarını geliştirirler.**
- Ağ altyapısının geliştirilmesi için farklı teknolojiler, ağ topolojileri ve kanal tahsis yöntemleri kullanılmaktadır.

## Kablosuz ağ topolojileri

- Kablosuz ağ topolojileriyle cihazların birbirleriyle nasıl iletişime geçecekleri belirlenmektedir.
- **Kablosuz ağlarda iki farklı topoloji kullanılmaktadır.** Bunlar;
  - **Altyapılı ağ topolojisi**
  - **Ad hoc ağ topolojisi**

## Kablosuz ağ topolojileri

### Altyapılı ağ topolojisi

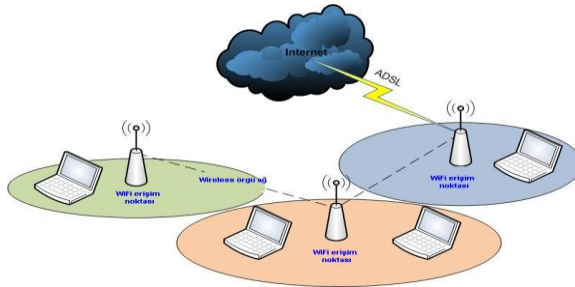
- Bu topolojide genellikle **kablolu bir şekilde oluşturulan altyapı ve mobil cihazlar üzerinden iletişim yapılır.**
- **Altyapılı kablosuz ağ topolojisi** çok büyük kapsama alanlarında ve **çok sayıda baz istasyonu**yla birlikte kullanılır.
- **Baz istasyonu (base station) veya erişim noktası (access point)** sayısı kapsama alanının büyüklüğüne göre bir tane de olabilir çok sayıda da olabilir.

5

## Kablosuz ağ topolojileri

### Altyapılı ağ topolojisi

- Şekilde baz istasyonlarıyla oluşturulan altyapılı kablosuz ağ topolojisi görülmektedir.



- **Baz istasyonu veya erişim noktası kablolu ağlardaki hub veya anahtar görevi görmektedir.**
- Hub veya anahtardaki gibi iki mobil cihazın iletişime geçmesi baz istasyonu veya erişim noktası üzerinden yapılır.

6

## Kablosuz ağ topolojileri

### Ad Hoc ağ topolojisi

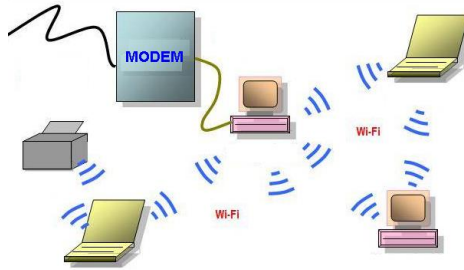
- Ad Hoc kablosuz ağlar iletişim için altyapıya ihtiyaç duymazlar.
- Ağ içerisindeki herhangi bir cihaz diğer cihazlarla doğrudan iletişim yapabilir ve ağ içerisinde baz istasyonu veya erişim noktasına ihtiyaç yoktur.
- Bu tür ağlar, veri ve ses aktarımı için kullanılan sivil uygulamalarda ve askeri uygulamalarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.
- Ad Hoc ağ topolojisinde ölçeklenebilirlik altyapılı kablosuz ağ topolojisine göre çok daha iyidir.
- Ad Hoc ağa herhangi bir cihaz eklendiğinde ağ genişlemiş olacaktır.

7

## Kablosuz ağ topolojileri

### Ad Hoc ağ topolojisi

- Şekilde Ad Hoc ağ görülmektedir.



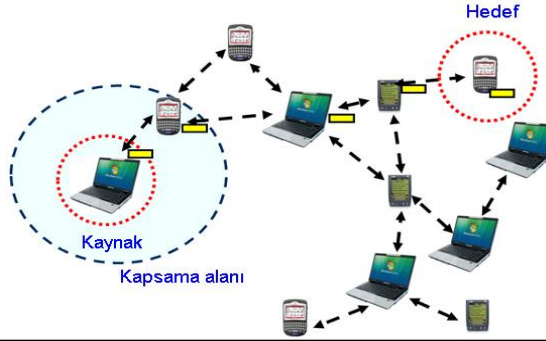
- Ad Hoc ağların çoğunda mobil cihazlar geniş alanlara yayılmış durumdadır ve cihazların büyük bölümü komşu değildir.
- Bu yüzden kapsama alanı dışındaki cihazlarla doğrudan iletişime geçemezler.

8

## Kablosuz ağ topolojileri

### Ad Hoc ağ topolojisi

- Doğrudan iletişime geçemeyen cihazlar arasında mesajların taşınması için diğer cihazlar ara düğüm olarak görev yaparlar.
- Bu tür ad hoc ağlara çok atlamalı (multihop) ad hoc ağlar denilmektedir.
- Şekilde çok atlamalı bir ad hoc ağ görülmektedir.



## Kablosuz ağ topolojileri

### Altyapılı ağlar ile ad hoc ağların karşılaştırılması

- Altyapılı ağlarda kurulum, daha fazla zaman ve maliyet gerektirir.
- Ad hoc ağlarda kurulum ve ölçeklenebilirlik çok daha kolay ve düşük maliyetlidir.
- Altyapısız ağlarda çok atlamalı peer-to-peer iletişimde, her bir mobil cihaz mesajları yönlendirme kapasitesine sahiptir.
- Bunun için tüm cihazların kendi komşularını ve hedef cihazın bulunduğu yere göre en kısa yolu bulması gereklidir.
- Altyapılı ağlarda ve tek atlamalı peer-to-peer altyapısız ağlarda yönlendirme problemi yoktur.
- Ad hoc kablosuz ağlarda iletişim için önceden bir hazırlığa veya kablolamaya ihtiyaç olmaz. Ağdaki cihazlar aynı standartlara ve protokollere sahip olduğu sürece iletişimde sorun oluşmaz.

## Kablosuz ağ topolojileri

### Altyapılı ağlar ile ad hoc ağların karşılaştırılması

- Altyapılı ve kablolu ağlarda, bağlantı noktalarındaki **konnektörler, kablolama ve diğer ağ bileşenlerinde standart ve aynı bağlantıyı sağlamak zorunludur.**
- Peer-to-peer tek atlamalı altyapısız ağ topolojisinde cihazlar arasındaki **maksimum uzaklık kablosuz arayüzün kapsama alanına bağlıdır.**
- Altyapılı ağlarda cihazlar erişim noktasını kullanarak iletişim yaptıkları için **iki cihaz arasındaki uzaklık doğrudan birbirlerinin kapsama alanlarında olmaları gerekmediğinden ad hoc ağlara göre iki kat olmaktadır.**
- Altyapılı ağlarda **baz istasyonu** veya erişim noktası kapsama alanının orta noktasında ve **yüksek bir yerde bulunmaktadır.** Böylelikle **kapsama alanı artmakta ve düzgün dağılıma sahip olmaktadır.**

11

## Kablosuz ağ topolojileri

### Altyapılı ağlar ile ad hoc ağların karşılaştırılması

- Altyapılı ağlarda **mesajlar iki kez iletilir.**
- Birincisinde **gönderici mobil cihazdan erişim noktasına iletilir.**
- Erişim noktası mesajın tamamını saklar ve ardından **alıcı mobil cihaza gönderir.**
- Bundan dolayı **mesajın iletilmesindeki gecikme tek atlamalı ad hoc ağlara göre daha fazladır.**
- Çok atlamalı ad hoc ağlarda mesaj birden çok **kopya halinde saklanıp yönlendirileceği için gecikme altyapılı ağlara göre daha fazla olmaktadır.**

12

## Ders konuları

- Kablosuz ağ topolojileri
- Hücre oluşturulması ve frekans yeniden kullanımı
- Interference
- Hücresel sistemlerde kapasite artırma yöntemleri
  - Hücre bölme
  - Sektör oluşturma
- Kanal atama yöntemleri
  - Sabit kanal tahsisi
  - Dinamik kanal tahsisi
  - Hibrit kanal tahsisi
- Handoff yönetimi
- Roaming

13

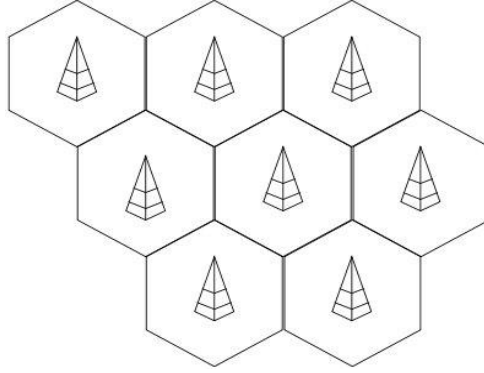
## Hücre oluşturulması ve frekans yeniden kullanımı

- Mobil kablosuz iletişimde kullanılan hücresel sistemlerde **Space Division Multiplexing (SDM)** yöntemi kullanılmaktadır.
- Bir baz istasyonu etrafında coğrafik ve atmosferik şartlara göre bir kapsama alanı oluşturulur. **Bu alana hücre (cell) denilmektedir.**
- **Hücrenin kapsadığı alanın boyutu kullanılan antene göre değişmektedir.**
- Bu alan **ofis alanı veya bina içerisinde metreler** düzeyinde iken **açık alanlarda yüzlerce metre** ve **şehir ölçeğinde ise onlarca kilometre** olabilmektedir.
- **Hücreler altıgen olarak gösterilir.** Gerçekte daireye daha çok benzer yapıdadır ancak kapsama alanları arasında boşluk olmadığını göstermek ve daireye en yakın gösterimi sağlamak için altıgen yaygın bir şekilde kullanılır.

14

## Hücre oluşturulması ve frekans yeniden kullanımı

- Şekilde bir hücresel ağdaki hücrelerin genel görünümü örnek olarak verilmiştir.



15

## Hücre oluşturulması ve frekans yeniden kullanımı

### Frekansın yeniden kullanımı

- Radyo ve televizyon yayınlarında **bir antenin gücüne göre sinyalin gidebileceği maksimum uzaklık bulunmaktadır.**
- **Bu noktadan sonra aynı frekans başka bir iletişim için kullanılabilir.**
- Hücresel ağlarda ise hücrenin alanı dışında aynı frekans tekrar tekrar kullanılabilir.
- **Bir hücre kendi içerisinde de daha küçük parçalara bölünerek bu parçalarda da aynı frekansların tekrar kullanılması sağlanabilir.**
- Bir hücresel ağda kapsama alanının tamamı hücre adı verilen küçük parçalara ayrılır.
- **Oluşturulan küçük alanların genellikle orta noktasına bir baz istasyonu yerleştirilir.**

16



## Hücre oluşturulması ve frekans yeniden kullanımı

### Frekansın yeniden kullanımı

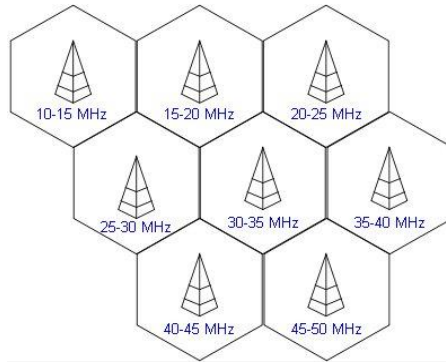
- Bu hücre içerisindeki tüm mobil cihazların iletişimi baz istasyonu tarafından gerçekleştirilir.
- Bu hücelere atanan kanallar komşu hücreler arasında karşılıklı etkileşimi en aza indirecek ve kapsama alanı dışında kalan alan kalmayacak şekilde planlanır.
- Hücresel ağlarda her hücreye tüm komşu hücrelerden farklı bir grup kanal atanır.
- Aynı frekans grubu komşu olmayan diğer hücrelerde tekrar tekrar kullanılabilir.

17

## Hücre oluşturulması ve frekans yeniden kullanımı

### Frekansın yeniden kullanımı – Örnek

- Bir hücresel ağ operatörü **20 km alan içerisinde 40 MHz bant** kullanacak olsun. Kapsama alanının tamamını **8 eşit parçaya** bölerek her birisine **5 MHz bant ayrılabilir**. Bu şekilde oluşturulabilecek hücreler aşağıdaki şekilde verilmiştir.



18

## Hücre oluşturulması ve frekans yeniden kullanımı

### Frekansın yeniden kullanımı – Örnek

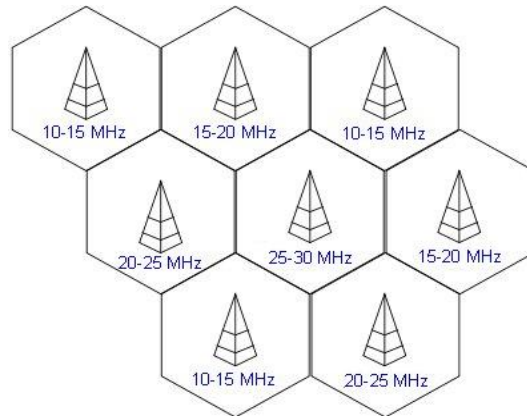
- Her bir hücreye 5 MHz kanal ayrılarak toplam 8 hücre oluşturulmuştur.
- **Bunun yerine, her hücreye 4 MHz kanal ayrılarak toplam 10 hücre de oluşturulabilir.**
- Bu şekilde **her hücreye ayrı kanal ayırmak yerine komşu olmayan hücelere aynı kanal grubu ayrılarak** daha yüksek verimlilik ve bant genişliği sağlanabilir.

19

## Hücre oluşturulması ve frekans yeniden kullanımı

### Frekansın yeniden kullanımı – Örnek

- Şekilde frekans yeniden kullanımı ile hücrelerin oluşturulması görülmektedir.



20

## Hücre oluşturulması ve frekans yeniden kullanımı

### Frekansın yeniden kullanımı

- Aynı frekans grubunun komşu hücrelerde kullanılamamasından dolayı frekans dağılımını iyi bir şekilde planlamak gereklidir.
- **Komşu hücrelerde** kapsama alanları arasında **örtüşme (overlap)** olabileceğinden **iletişim sırasında birbirini bozucu etkiye neden olabilmektedirler.**
- **Hücresel ağlarda** bölünen her parçanın genellikle **orta noktasına baz istasyonu yerleştirilir.** Ardından, **belirli bir grup radyo kanalı bu hücreye atanır.**
- Bazı durumlarda parçalara ayrılan hücreler kendi içerisinde de tekrar daha küçük parçalara ayrılabilirler.
- **Hücreleri kendi içerisinde de parçalara ayırarak cluster (öbek) oluşturulur.**

21

## Hücre oluşturulması ve frekans yeniden kullanımı

### Frekansın yeniden kullanımı

- Şekilde kapsama alanının beş grup halinde oluşturulmuş hali görülmektedir.



- Şekilde görüldüğü gibi aynı rakama sahip olan hücreler aynı kanal grubunu dolayısıyla aynı frekans aralığını kullanmaktadır.
- **Komşu hücrelerde aynı frekanslar kullanılmamaktadır.**
- Bir hücrenin kapsama alanına **footprint** denilmektedir

22

## Hücre oluşturulması ve frekans yeniden kullanımı

### Frekansın yeniden kullanımı

- Bir hücresel ağda frekans yeniden kullanım faktörü aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$FYKF = AKS / HKS$$

- Burada, **FYKF**, frekans yeniden kullanım faktörünü, **AKS**, alandaki toplam full duplex **kanal sayısını** ve **HKS** ise **bir hücredeki** toplam full duplex **kanal sayısını** göstermektedir.
- Bir alandaki toplam kanal sayısı ile bir hücreye ayrılan kanal sayısı aynı frekans kanallarının kullanımı için önemlidir.
- **Alandaki kanal sayısı arttıkça frekans yeniden kullanım oranı artar, hücredeki kanal sayısı arttıkça frekans yeniden kullanımı düşer.**

23

## Hücre oluşturulması ve frekans yeniden kullanımı

### Frekansın yeniden kullanımı

- Bir alan içerisindeki hücre sayısı arttıkça frekans yeniden kullanım oranı artmaktadır.
- O halde, hücrelerin kapsama alanlarını küçülterek sayılarını artırmak frekans yeniden kullanımını artırmak için yeterli olacaktır.
- Bir alan içerisinde aynı frekans grubunu kullanmayan hücreler **öbek (cluster)** olarak adlandırılır.
- Her öbek içerisindeki hücre sayısı aşağıdaki eşitlikteki gibi hesaplanabilir;

$$N = i^2 + ij + j^2$$

- Burada,  $N$ , bir öbek içerisindeki toplam hücre sayısı,  $i$  ve  $j$  ise pozitif tamsayılardır.

24

## Hücre oluşturulması ve frekans yeniden kullanımı

### Frekansın yeniden kullanımı

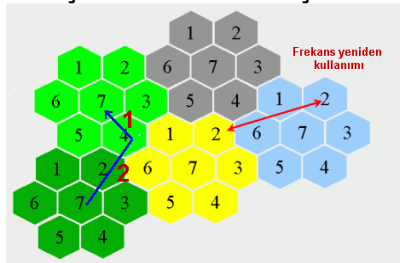
- Hücreler altıgen olarak çizilir ve bir hücrenin iki komşusunun merkezleri arasındaki açı  $60^\circ$  dir.
- Herhangi bir hücrenin merkezinden komşu diğer bir hücrenin merkezine doğru  $i$  hücre geçildikten sonra saat yönünün tersine doğru  $60^\circ$  dönüldükten sonra  $j$  hücre geçilir.
- Ulaşılan hücre bir komşu öbeğe aittir ve başlangıçtaki hücre ile aynı frekans grubunu kullanır.

25

## Hücre oluşturulması ve frekans yeniden kullanımı

### Frekansın yeniden kullanımı

- Şekilde  $i = 2$  ve  $j = 1$  için örnek verilmiştir:



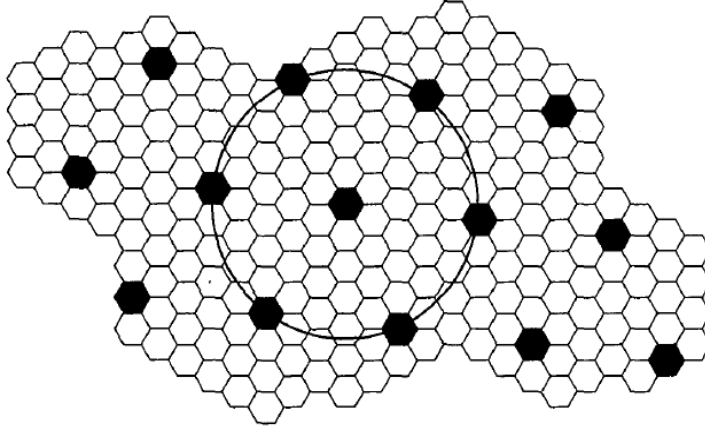
- Şekilde 7 numaralı hücreden başlanarak 2 hücre geçilmiş ardından saat yönünün tersine dönüldükten sonra 1 hücre geçilmiştir ve aynı frekans grubuna sahip hücreye ulaşılmıştır.
- Her öbek içerisindeki hücre sayısı ise,  
$$N = i^2 + ij + j^2 = 2^2 + 2 \cdot 1 + 1^2 = 7$$
 olur.

26

## Hücre oluşturulması ve frekans yeniden kullanımı

### Frekansın yeniden kullanımı

- Şekilde  $N = 19$  için öbekler verilmiştir.

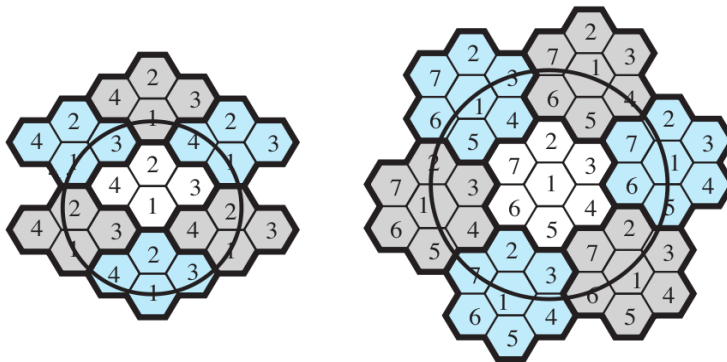


27

## Hücre oluşturulması ve frekans yeniden kullanımı

### Frekansın yeniden kullanımı

- Şekilde  $N = 4$  ve  $N = 7$  için frekans yeniden kullanımı verilmiştir.



28

## Hücre oluşturulması ve frekans yeniden kullanımı

- **Hücrelerin küçük parçalara bölünmesi ile daha düşük güce sahip gönderici ve alıcı antenleri kullanılabilir.**
- Bir mobil cihaz baz istasyonundan uzaklaştıkça daha güçlü sinyal gönderimi gereklidir.
- Güç sorunu genellikle baz istasyonu için değil mobil cihaz için geçerlidir. Bu yüzden hücrelerin küçük parçalara ayrılması ile gerekli olacak sinyal gücü azaltılmış olur.
- **Hücrelerin içerisindeki eşzamanlı kullanıcı sayısı genellikle toplam kapasiteye bağlı olarak sınırlıdır.**
- Bunun sonucunda bazı kanallar kullanılmadan boş kalır. Bu yüzden verimsiz kullanım da ortaya çıkabilmektedir.

29

## Hücre oluşturulması ve frekans yeniden kullanımı

- **Hücreler parçalanarak başka bir deyişle hücrelerin kapsama alanları küçültülerek (splitting cell) ayrılan kanal sayısı azaltılmakta ve verim artırılmaktadır.**
- **Hücresel sistemlerde bir baz istasyonunun çalışmaması durumunda hücre iletişim yapamaz.**
- Hücrenin boyutu küçükse bu durumdan etkilenen kullanıcı azalır ve diğer bölgelerde iletişim yürütülebilir.
- **Hücreler parçalanıp küçüldükçe hücrelerin alanları küçülür ve hareketli kullanıcıların hücre değiştirme sıklığı artar.**
- Bunun sonucunda **hücreler arası geçiş (roaming) sıklaşır ve hücreler arası geçişin iletişim kesintiye uğramadan gerçekleştirilmesi gereklidir.**

30

## Hücre oluşturulması ve frekans yeniden kullanımı

- Farklı baz istasyonları arasında yapılan geçişe **handover** veya **handoff** denilmektedir.
- **Handoff veya handover sıklığı hücrenin boyutuna ve mobil cihazın hareket hızına bağlıdır.**
- Hücreler küçüldükçe iletişim yapılan alan içerisindeki hücrelerin sayısı artacağından gerekli olacak altyapı da artacaktır.

31

## Ders konuları

- Kablosuz ağ topolojileri
- Hücre oluşturulması ve frekans yeniden kullanımı
- **Interference**
- Hücresel sistemlerde kapasite artırma yöntemleri
  - Hücre bölme
  - Sektör oluşturma
- Kanal atama yöntemleri
  - Sabit kanal tahsisi
  - Dinamik kanal tahsisi
  - Hibrit kanal tahsisi
- Handoff yönetimi
- Roaming

32



## Interference

- **Interference mobil hücresel ağ sistemlerini etkileyen en önemli faktördür.**
- **Bir hücrede kullanılan frekans ile iletişim yapılırken aynı frekansla başka bir iletişim yapılmasına interference denilmektedir.**
- **Ses kanallarında interference** olması halinde **crosstalk** adı verilen gürültü oluşur.
- Hücresel ağlarda **co-channel interference** ve **adjacent channel interference** olarak iki tür interference bulunmaktadır.
- **Aynı frekans grubunu kullanan iki hücreye co-channel hücreler denilmektedir.**

33

## Interference

### Co-channel interference

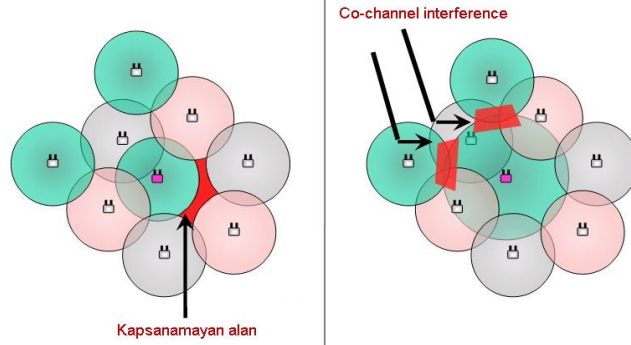
- Frekansların yeniden kullanımı yöntemi ile **aynı frekansların bir alan içerisinde birden fazla kullanılması sağlanmaktadır.**
- **Aynı frekans grubunu kullanan hücreler co-channel hücreler** olarak ifade edilmektedir.
- **Bu iki hücre arasında** ortaya çıkacak interference ise **co-channel interference** olarak adlandırılmaktadır.
- Co-channel interference göndericinin gücünü artırarak veya azaltarak çözülememektedir.
- Sinyalin gücünü artırmak veya azaltmak ile sinyal seviyesi değiştiğinden ve interference aynı frekansların kullanımıyla ortaya çıktığından co-channel interference bu şekilde engellenemez.

34

## Interference

### Co-channel interference

- Co-channel interference oluşmasını engellemenin tek yolu hücreler arasında yeterli mesafeyi bırakmaktır.
- Şekilde co-channel interference oluşması görülmektedir:



35

## Interference

### Adjacent channel interference

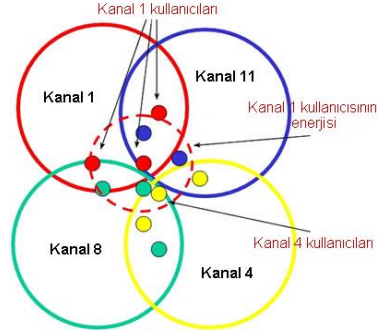
- Komşu kanalların birbirini etkilemesine adjacent channel interference denilmektedir.
- Adjacent channel interference oluşması genellikle alıcı tarafta kullanılan filtrenin iyi olmamasından kaynaklanmaktadır.
- Bu filtre, birbirine yakın frekansların da alınmasına izin verirse interference ortaya çıkmaktadır.
- Bir alıcı komşu frekansı da alırsa bu şekilde etkilenme kaçınılmaz hale gelir.

36

## Interference

### Adjacent channel interference

- Şekilde adjacent channel interference görülmektedir:



- Bazı kullanıcıların kullandıkları frekanslar diğer hücrelere taşmaktadır.
- Bu hücrelerde aynı frekans kullanılırsa interference ortaya çıkacaktır.
- Interference olmaması için alıcı devredeki filtrenin kalitesi artırılabilir veya kanallar arasında yeterli guard band oluşturulabilir.

37

## Ders konuları

- Kablosuz ağ topolojileri
- Hücre oluşturulması ve frekans yeniden kullanımı
- Interference
- **Hücresel sistemlerde kapasite artırma yöntemleri**
  - Hücre bölme
  - Sektör oluşturma
- Kanal atama yöntemleri
  - Sabit kanal tahsisi
  - Dinamik kanal tahsisi
  - Hibrit kanal tahsisi
- Handoff yönetimi
- Roaming

38

## Hücresel sistemlerde kapasite artırma yöntemleri

- Hücresel telefon sistemlerine yönelik çalışmalar 1960'lı yıllarda yapılmıştır.
- O yıllarda yüksek güce sahip LOS olarak yayılım yapan göndericilerle geniş alanları kapsama alanına alabilecek hücresel sistemler önerilmiştir.
- O yıllardaki ilk hücresel sistemler geniş alanları kapsamaktaydı ancak frekans kanalları çok kısa sürede yetersiz hale gelmekteydi.
- 1970'li yıllarda New York'ta eş zamanlı 12 mobil telefon çağrısı yapılabilmekteydi.
- 1990'lı yıllarda kablosuz iletişimde ağırlıklı olarak hücresel telefon hizmetleri yaygınlaşmaya başlamıştır.

39

## Hücresel sistemlerde kapasite artırma yöntemleri

- Hücresel ağ sistemlerinde 1990'lı yıllarda en büyük yatırım, baz istasyonu, anahtarlar, kurulum ve baz istasyonları arasındaki linklere yapılmaktaydı.
- O yıllarda yatırımcılar için abone sayısı oldukça önemliydi.
- Belirli bir alan içerisindeki abone sayısındaki hızlı artıştan dolayı hücresel telefon hizmet sağlayıcıları sürekli yeni yatırımlar yapmak zorundaydılar.
- Hücresel servis sağlayıcılar, belirli bir alanı kapsama alanına alacak şekilde yatırım yaparlar ve abone sayısı arttıkça kapasiteyi artıracak şekilde genişletme yaparlar.

40

## Hücresel sistemlerde kapasite artırma yöntemleri

- Hücresel ağların kapasitesini artırmak için farklı yöntemler kullanılmaktadır.
- Bunlardan en önemli olanlar,
  - kullanılan bandı genişletecek şekilde **yeni spektrum ekleme**,
  - **hücre mimarisini değiştirme**,
  - **frekans atama yöntemini değiştirme**,
  - **modem ve erişim yöntemlerini değiştirme**olarak sıralanabilir.

41

## Hücresel sistemlerde kapasite artırma yöntemleri

### Spektrumu genişletme

- **En basit ve hızlı uygulanabilir yöntemdir** ancak diğerlerine göre **maliyeti daha yüksektir.**
- Mevcut **aboneler için kullanılan bant genişliği artırılarak yeni iletişim kanalları eklenir** ve eş zamanlı iletişim yapan abone sayısı artırılır.
- Statik olarak hücrenin kanal kapasitesi artırılmış olur. Bu sistemle **geçici veya sezona bağlı bir şekilde abone sayısındaki artışa yönelik çözüm maliyetlidir.**
- Bir yerleşim yerinde veya kapsama alanında **kalıcı olarak abone sayısında artış varsa** maliyeti yüksek olsa bile **etkin bir çözüm sunmaktadır.**

42

## Hücresel sistemlerde kapasite artırma yöntemleri

### Hücre mimarisini değiştirme

- Bu yöntemle mevcut hücrenin kapsama alanında veya toplam kanal kapasitesinde artış yapılmaz.
- Bunun yerine, mevcut hücreler daha küçük parçalara ayrılarak space division multiplexing yöntemiyle kapasite artırımı yapılır.
- Bunun için kullanılan yöntemler cell splitting veya cell sectoring olarak adlandırılır.
- Bir hücrenin daha küçük alanlara bölünmesi için genellikle yönlü antenler kullanılır.
- Hücrelerin daha küçük parçalara bölünmesiyle birlikte frekans yeniden kullanım oranı da artırılmış olmaktadır.
- Hücre mimarisini değiştirerek kanal kapasitesi artırımında kullanılan yöntemler genellikle daha düşük maliyete sahiptir.

43

## Hücresel sistemlerde kapasite artırma yöntemleri

### Frekans atama yöntemini değiştirme

- Bu yöntemle hücrelere kanal atama işlemi düzgün dağılımlı olarak değil abone sayısına göre yapılmaktadır.
- Her hücreye ayrılan kanal sayısı eşit olmamaktadır. Hücrelere kanal ataması statik veya dinamik olarak yapılabilmektedir.
- Hücrelere kanal atamasında göz önüne alınan en önemli kriter hücre içerisindeki veri trafiğidir.
- Frekans atama yöntemiyle dinamik olarak hücre trafiğinin durumuna göre kanal tahsisi veya ödünç verme işlemleriyle çok daha etkin ve verimli kanal kullanımı yapılarak kanal kapasitesi artırılmaktadır.
- Frekans atama yöntemleri verimi artırmanın yanı sıra düşük maliyetli çözüm ortaya koymaktadır.

44

## Hücresel sistemlerde kapasite artırma yöntemleri

### Modem ve erişim yönteminin değiştirilmesi

- İlk hücresel sistemler FM modülasyonu kullanmaktaydı.
- Günümüzde TDMA veya CDMA gibi daha etkin yöntemler kullanılmaktadır.
- Yeni yöntemlerle hücrelerdeki kanal kapasitesi artırılmakta ancak ek donanım bileşenlerine de ihtiyaç ortaya çıkmaktadır.
- Bu aboneler için daha yüksek maliyete hizmet almaya neden olmaktadır.

45

## Ders konuları

- Kablosuz ağ topolojileri
- Hücre oluşturulması ve frekans yeniden kullanımı
- Interference
- Hücresel sistemlerde kapasite artırma yöntemleri
  - Hücre bölme
  - Sektör oluşturma
- Kanal atama yöntemleri
  - Sabit kanal tahsisi
  - Dinamik kanal tahsisi
  - Hibrit kanal tahsisi
- Handoff yönetimi
- Roaming

46

## Hücre bölme

- Bir hücresel ağda belirli bir alan içerisindeki **talep arttığında** hücrelere ayrılan kanallar hızlı bir şekilde kullanılır ve **yeni gelen çağrılara ayrılacak boş kanal kalmaz.**
- Bir alan içerisindeki abone sayısı arttıkça aboneler için ayrılan kanallar yetersiz hale gelmeye başlar ve çağrı başlatma isteklerine meşgul veya kullanılabilir hat bulunmamaktadır şeklinde mesaj verilme sıklığı artmaya başlar. Bunun sonucunda **hizmet kalitesi düşer.**
- Ayrılan **kanal sayısını artırarak** bu **sorun giderilebilir** ancak bu **maliyeti yüksek bir çözümdür.**
- Bunun yerine **hücreler daha küçük parçalara bölünür** ve **kanalların yeniden kullanım oranı artırılır.**
- Ayrıca **hücreler içerisinde belirli bölgelere daha fazla kanal tahsis edilerek trafik yoğunluğuna göre kanal sayısı düzenlenebilir.**

47

## Hücre bölme

- **Hücre bölmenin amacı,** kanal kapasitesini artırarak **hücresel ağın güvenilirliğini** ve **servis sunma süresini artırmaktır.**
- Bir hücre içerisindeki **maksimum trafik** hücreye ayrılan kanal sayısına dolayısıyla **eş zamanlı iletişim yapan abone sayısına bağlıdır.**
- Hücrelerin küçük parçalara bölünmesiyle bir kanal içerisinde frekans yeniden kullanım oranı artar ve toplam eş zamanlı iletişim yapan abone sayısı artırılmış olur.
- Hücrelerin parçalanarak daha küçük hücrelerin oluşturulmasının **iki temel dezavantajı bulunmaktadır.**
- **Birincisinde,** küçük kapsama alanlarına sahip hücrelerde hareketli kullanıcıların **baz istasyonu değiştirme (handoff) sıklığı artacaktır.**
- **İkincisinde,** **aboneler ve baz istasyonları ile merkezi anahtarlama ofisinin iş yükü artmaktadır.**

48



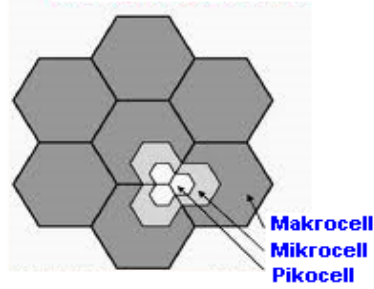
## Hücre bölme

- Cell splitting ile parçalanmış küçük kapsama alanına sahip hücrelerin her birisinde düşük güce sahip göndericiler vardır.
- Buna karşılık parçalanmamış büyük bir hücrede yüksek güce sahip gönderici bulunmaktadır.
- Eğer bir hücrede yeni bir çağrı geldiğinde **tüm kanallar kullanımdaysa** ve bu yeni gelen çağrıya kanal ayırlamıyorsa buna **call blocking** denilmektedir.
- **Cell splitting ile** küçük parçalar halinde oluşturulan hücrelerde **call blocking oluşma sıklığı da azalmaktadır.**

49

## Hücre bölme

- Şekilde bir macrocell içerisinde cell splitting ile mikrocell, mikrocell ve pikocell oluşturulması görülmektedir.



50

## Hücre bölme

### Örnek

- Bir alan içerisinde toplam 8 tane macrocell bulunmaktadır. Her birisinin kanal sayısı 10 tanedir. **Alan içerisindeki toplam kanal sayısı,  $8 \times 10 = 80$  kanal/alan** olacaktır.
- Her macrocell içerisinde 4 tane mikrocell oluşturulduğunda alandaki toplam kanal sayısı ise,  **$8 \times 4 \times 10 = 320$  kanal/alan** olacaktır.
- Eğer her bir mikrocell içerisinde de 4 tane pikocell oluşturulursa alan içerisindeki toplam kanal sayısı,  **$8 \times 4 \times 4 \times 10 = 1280$  kanal/alan** olacaktır.

51

## Hücre bölme

### Femtocell

- Hüresel ağlarda en küçük birimdir ve kişisel cihazların bağlanmasını ifade eder. Bu cihazlar, laptop, mobil telefon, kulaklık gibi cihazlardır. Bu hücrelerin kapsama alanları birkaç metredir.

### Pikocell

- Bir bina içerisinde lokal ağ cihazlarının bağlantısını sağlamak için kullanılır ve kapsama alanı ortalama 50 metre civarındadır.

### Mikrocell

- Bu hücreler bir caddeyi veya sokağı kapsama alanına alabilir. Yüksek bir noktaya yerleştirilen anten ile birkaç yüz metrelik kapsama alanı oluşturabilir.

52

## Hücre bölme

### Makrocell

- Bu hücreler **şehir ölçeğinde kapsama alanına sahiptirler**. Binaların yüksek çatılarına veya yüksek noktalara yerleştirilen antenlerle **birkaç kilometrelik kapsama alanı oluşturabilirler**.

### Megacell

- Bu hücreler **ülke ölçeğinde kapsama alanına sahiptirler**. Genellikle **uydu tabanlı iletişim yapılı** ve kapsama alanları birkaç yüz kilometrelik alanı içerisine alır.

53

## Ders konuları

- Kablosuz ağ topolojileri
- Hücre oluşturulması ve frekans yeniden kullanımı
- Interference
- Hücresel sistemlerde kapasite artırma yöntemleri
  - Hücre bölme
  - **Sektör oluşturma**
- Kanal atama yöntemleri
  - Sabit kanal tahsisi
  - Dinamik kanal tahsisi
  - Hibrit kanal tahsisi
- Handoff yönetimi
- Roaming

54

## Sektör oluşturma

- **Sektör oluşturma kapasite artırmanın diğer bir yoludur.**
- Burada **bir öbek içerisindeki hücre sayısı azaltılır** ve böylelikle frekans yeniden kullanım oranı artırılır.
- Hücreleri bölmek yerine **hücrelerin yarıçapları sabit kalır** sadece öbek içerisindeki hücre sayısı azaltılır.
- Bir öbek içerisindeki hücre sayısı azaltılarak daha yüksek oranda **space division multiplexing gerçekleştirilmiş olur.**
- Bir hücresel sistemde **co-channel interference azaltmanın yöntemlerinden birisi** hücrelerde bir tane omnidirectional anten kullanmak yerine **çok sayıda yönlendirilmiş anten kullanmaktır.**
- Co-channel interference oranını düşürerek **yönlü antenlerle kapasite artırmaya sektör oluşturma denilmektedir.**

55

## Ders konuları

- Kablosuz ağ topolojileri
- Hücre oluşturulması ve frekans yeniden kullanımı
- Interference
- Hücresel sistemlerde kapasite artırma yöntemleri
  - Hücre bölme
  - Sektör oluşturma
- **Kanal atama yöntemleri**
  - Sabit kanal tahsisi
  - Dinamik kanal tahsisi
  - Hibrit kanal tahsisi
- Handoff yönetimi
- Roaming

56

## Kanal atama yöntemleri

- Bir **hücre**sel ağ hizmet sağlayıcısı altyapı oluştururken ilkönce **hücre sayısına ve her bir hücredeki kanal sayısına karar vermelidir.**
- **Hücre sayısı** daha çok kapsayacağı alanla ilgili iken **hücre içerisindeki kanal sayısı** abone sayısı ve daha da önemlisi **eşzamanlı iletişim yapacak kullanıcı sayısı**yla ilgilidir.
- Oluşturulan ilk altyapıdan sonra **abone sayısında artış olduğunda** veya belirli bir zaman aralığında talep artışı olduğunda **kanal kapasitesinin artırılması gereklidir.**
- Bunun için **statik** veya **dinamik yöntemler kullanılabilir.**
- **Statik yöntemlerde kalıcı** bir şekilde altyapıda veya mimaride **değişikliğe gidilirken, dinamik yöntemlerde** anlık talebi karşılayacak şekilde kanal ödünç alma veya **geçici kanal aktarma** yapılabilir.

57

## Kanal atama yöntemleri

- Genellikle aynı alana sahip hücrelerde aynı sayıda kanal olması **öngörülür.**
- Ancak bu her zaman en iyi çözümü veya durumu ifade etmez.
- Çünkü **abonelerin hücrelere dağılımı düzgün değildir** hatta hücre içerisinde bile abonelerin dağılımı düzgün olmamaktadır.
- **Şehir içerisindeki hücredeki abone sayısı ile kırsal bir bölgedeki hücre içerisindeki abone sayısı farklı olmaktadır.**
- Ayrıca, **zamana göre kanal gereksinimi veya eşzamanlı iletişim sayısı farklılık göstermektedir.**
- Örneğin, gündüz saatleri, akşam saatleri ve gece saatleri gereksinim duyulacak kanal sayıları farklı olabilmektedir. Hatta gündüz içerisinde farklı saatlerde bile kanal ihtiyaç sayısı farklı olabilmektedir.

58

## Kanal atama yöntemleri

- Bir hücresel sistemde hücrelerin bulunduğu yer, **abone sayıları, eşzamanlı iletişim sayısı, zamana göre yoğunluklara göre verimli ve yüksek servis kalitesi sağlayacak şekilde kanal atanmalıdır.**
- Çağrı isteği yapıldığında kanal ataması yapılamaması aboneler için en istenmeyen durumdur.
- Abonelerin boş kanal olmadığına yönelik meşgul uyarısı alma sıklığı arttıkça servis sağlayıcıdan memnuniyet düzeyleri düşmektedir.
- Hücresel ağlarda abonelerin call blocking durumuna düşme olasılığı önemli bir ölçüttür.
- Abonelerin **%2 olasılıkla call blocking oluşması** genellikle servis kalitesini veya **kullanıcı memnuniyetini önemli oranda etkilemez.**
- Ancak, abone sayısı sürekli değiştiğinden dolayı bu oran sürekli değişmektedir.

59

## Kanal atama yöntemleri

- Hücreye gelen diğer mobil aboneler veya hücreden çıkan mobil abonelere göre bu oran sürekli değişmektedir.
- Bu değişimler göz önüne alınarak call blocking olasılığı sabit tutulmaya çalışılır.
- **Hücrelere kanal atama** için çok sayıda yöntem bulunmaktadır. Bunlar,
  - **Sabit kanal tahsisi**
  - **Dinamik kanal tahsisi**
  - **Hibrit kanal tahsisi**olarak üç farklı gruba ayrılır.

60

## Ders konuları

- Kablosuz ağ topolojileri
- Hücre oluşturulması ve frekans yeniden kullanımı
- Interference
- Hücresel sistemlerde kapasite artırma yöntemleri
  - Hücre bölme
  - Sektör oluşturma
- Kanal atama yöntemleri
  - Sabit kanal tahsisi
  - Dinamik kanal tahsisi
  - Hibrit kanal tahsisi
- Handoff yönetimi
- Roaming

61

## Sabit kanal tahsisi

- **Sabit kanal ataması yapılan hücrelerde ses iletişimine ayrılan kanal sayısı bellidir ve sabit olarak atanmıştır.**
- Bir çağrı geldiğinde hücre içerisinde ayrılacak **boş kanal varsa iletişim başlar yoksa çağrı bloklanır.**
- Sabit kanal tahsisi yönteminde **bandın tamamı öbek içerisindeki hücre sayısına göre gruplara ayrılır** ve ayrılan kanallar **sadece ayrıldığı hücre içerisinde kullanılabilir.**
- Toplam bant genişliği 100 MHz ise ve kanal için ayrılan bant genişliği 4 MHz ise eşzamanlı bir şekilde yapılabilecek çağrı sayısı 25 olacaktır.
- **Sabit kanal tahsisi yöntemi oldukça basit bir şekilde uygulanabilir.**
- Hücrelerdeki kullanıcı sayıları düzgün dağılıma sahipse ve değişimler çok fazla olmamakta ise genellikle servis kalitesi abonelerin memnuniyetini düşürecek düzeye inmemektedir.

62

## Sabit kanal tahsisi

- Gerçekte **hücrelerdeki abone sayılarını** sabit tutmak veya kanal talep oranını **belirli bir düzeyde tutmak çok mümkün olmamaktadır.**
- Sabit kanal tahsisi yapılırken başlangıçta hücrelerin trafik yoğunluğuna göre kanal sayılarının dağıtılması daha uygundur.
- Hücrelerin kapsadığı alanlar aynı bile olsa **abone sayısı çok olana daha fazla kanal ayrılması** abone sayısı az olana daha az sayıda kanal ayrılması **call blocking olasılığını düşürecektir.**
- Böylelikle **trafik yoğunluğuna göre kanal tahsisi yapılmış olacaktır.**
- Sabit kanal tahsisinde trafik yoğunluğuna göre kanal ataması geçici veya kalıcı olarak yapılabilir.
- Bunlar, **kanal ödünç alma teknikleri** olarak ifade edilir.

63

## Sabit kanal tahsisi

### Kanal ödünç alma teknikleri

- Kanal ödünç alma tekniğinde **trafik yoğunluğuna göre hücreler arasında kanal aktarımı yapılmaktadır.**
- Hücresel ağda kanal ataması altyapı oluşturulurken gerçekleştirilir.
- Bu atama ya düzgün bir dağılıma sahiptir ve hücrelerdeki trafik yoğunluğu dikkate alınmaz veya hücrelerdeki trafik yoğunluğuna göre kanal dağılımı düzgün olmayacak şekilde yapılır.
- **Geçici kanal aktarımı sadece çağrı geldiğinde boş kanal yoksa yapılır** ve çağrı tamamlandıktan sonra ödünç alınan kanal ait olduğu hücreye geri verilir.
- Bu şekilde yapılan kanal tahsisinde **yönetim işlemi zordur** ancak **kanalların verimli kullanılma oranı artar.**

64



## Sabit kanal tahsisi

### Kanal ödünç alma teknikleri

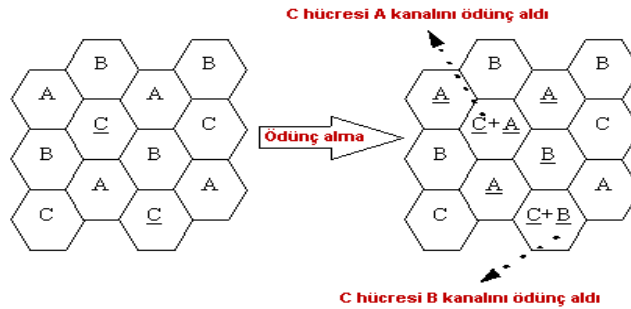
- **Statik veya kalıcı kanal alma işleminde** ise trafik yoğunluğuna veya tahminlere göre **hücreler arasında kanal aktarımı yapılır.**
- Bu kanal tahsisi dinamik değişimlere göre düzenlenemediği için verimli kullanım oranı geçici kanal atamasına göre düşüktür.
- Dinamik bir şekilde **geçici olarak kanal aktarımı yapılması halinde adjacent interference veya co-channel interference** ortaya çıkabilir.
- Bu durumda ödünç alınan kanal ile aynı frekansa sahip kanalı kullanan bazı hücrelerdeki kanalların kilitlenmesi gerekebilir.

65

## Sabit kanal tahsisi

### Kanal ödünç alma teknikleri

- Şekilde geçici kanal ödünç alınması ve bazı hücrelerin etkilenmesi görülmektedir.



- Şekilde C hücresi A kanalını ödünç almaktadır. Diğer bir C hücresi aynı zamanda B kanalını ödünç almaktadır. Bu durumda hem A kanalına sahip komşu hücre hem de B kanalına sahip komşu hücre etkilenmektedir.

66

## Ders konuları

- Kablosuz ağ topolojileri
- Hücre oluşturulması ve frekans yeniden kullanımı
- Interference
- Hücresel sistemlerde kapasite artırma yöntemleri
  - Hücre bölme
  - Sektör oluşturma
- Kanal atama yöntemleri
  - Sabit kanal tahsisi
  - **Dinamik kanal tahsisi**
  - Hibrit kanal tahsisi
- Handoff yönetimi
- Roaming

67

## Dinamik kanal tahsisi

- **Dinamik kanal atamasında kanallar sürekli ve kalıcı bir şekilde hücrelere atanmaz.**
- Bir kullanıcı çağrı başlatmak istediğinde baz istasyonunu kullanarak merkezi anahtarlama biriminden bir kanal ister.
- Ardından, merkezi anahtarlama birimi tarafından **komşu hücrelerde kullanılan frekanslar ve interference olma olasılığı göz önüne alınarak kanal tahsisi yapılır.**
- Bu yöntemde hücresel ağdaki **tüm kanallar bir havuzda toplanır ve çağrı isteği geldikçe hücrelere atama yapılır.**
- **Mobil kullanıcıların hücreler arasında geçiş yapmaları halinde yeni geçtikleri hücreden kanal tahsisi de yine aynı şekilde yapılır.**
- Çağrı tamamlandıktan sonra ayrılan **kanal tekrar havuza geri döner ve sonraki çağrılarda tekrar kullanılır.**

68

## Dinamik kanal tahsisi

- **Dinamik kanal tahsisi yöntemi çok karmaşıktır ve trafiğin yoğun olduğu durumlarda kullanılması uygun değildir.**
- Çok yoğun trafik durumlarında **sürekli kanal tahsisi yapılması** hem zaman almakta hem de **handoff management performansını etkilemektedir.**

69

## Ders konuları

- Kablosuz ağ topolojileri
- Hücre oluşturulması ve frekans yeniden kullanımı
- Interference
- Hücresel sistemlerde kapasite artırma yöntemleri
  - Hücre bölme
  - Sektör oluşturma
- Kanal atama yöntemleri
  - Sabit kanal tahsisi
  - Dinamik kanal tahsisi
  - **Hibrit kanal tahsisi**
- Handoff yönetimi
- Roaming

70

## Hibrit kanal tahsisi

- Dinamik kanal tahsisi düşük trafik yoğunluğunda daha başarılıdır sabit kanal tahsisi ise yüksek trafik yoğunluğunda daha başarılıdır.
- **Hibrit kanal tahsisi her iki yöntemin başarılı olduğu özellikleri bulundurur.**
- **Tüm kanallar sabit ve dinamik kümeler olarak ayrılır.**
- Sabit kanal ile dinamik kanal kümelerinin oranları performans açısından önemlidir.
- Genellikle, **sabit kanal sayısı daha çok yoğun trafik olan bölgelerde fazla olacak şekilde düzenleme yapılır.**

71

## Ders konuları

- Kablosuz ağ topolojileri
- Hücre oluşturulması ve frekans yeniden kullanımı
- Interference
- Hücresel sistemlerde kapasite artırma yöntemleri
  - Hücre bölme
  - Sektör oluşturma
- Kanal atama yöntemleri
  - Sabit kanal tahsisi
  - Dinamik kanal tahsisi
  - Hibrit kanal tahsisi
- **Handoff yönetimi**
- Roaming

72

## Handoff yönetimi

- Bir hücresel ağdaki **en önemli işlerden birisi bir hücrede çağrısı devam ederken başka bir hücreye geçen abonenin iletişimini, kesintiye uğratmadan hatta kullanıcıya hiç fark ettirmeden yeni hücreye aktarmaktır.**
- Buna **handoff** veya **handover** denilmektedir.
- Yapılan işlem ise **mobility management** veya **handoff management** olarak adlandırılmaktadır.
- Handoff yönetiminde bir hücreden diğerine geçen çağrının yeni hücreye geçmeden önce **yeni hücreden bir kanala atanması gereklidir.**
- Bunun için **yeni geçeceği hücreden bir boş kanal tahsisi yapılmalıdır.**

73

## Handoff yönetimi

- Handoff işlemi temel olarak dört aşamadan oluşur;
  - **Mobil cihaz tarafından handoff yapılacağı belirlenir ve hizmet sağlayıcı bilgilendirilir.**
  - **Ağda handoff yapacak cihaz için bir kaynak ayrımı yapılır.**
  - **Bir baz istasyonundan diğer baz istasyonuna aktarım yapılır.**
  - **Önceki hücrede kullanımı sona eren kaynaklar başka çağrılar için kullanılabilir hale getirilir.**
- **İki tür handoff yapılmaktadır.** Bunlar,
  - **hard handoff**
  - **soft handoff**olarak adlandırılır.

74

## Handoff yönetimi

### Hard handoff

- **Hücreler arası geçişte çağrı anlık kesintiye uğrar** ve yeni hücreden kaynak aktarılır aktarılmaz tekrar başlatılır.
- Hard handoff genellikle hücrelerin birleşim noktalarında ortaya çıkar.
- **Hard handoff farklı frekanslar kullanan hücreler veya teknolojileri farklı hücreler arasında geçişte yaşanır.**
- GSM (Global System for Mobile) teknolojisi hard handoff yapmaktadır.

75

## Handoff yönetimi

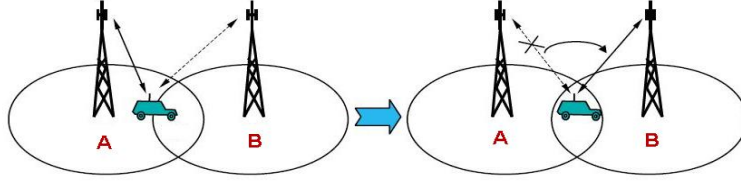
### Soft handoff

- Soft handoff işleminde iletişimde kesinti olmaz ve **geçiş yaklaşık 0,2 saniye sürebilmektedir.**
- Soft handoff işleminde kullanıcının mevcut hücre üzerinden yaptığı iletişim kesilmeden yeni hücreye aktarma yapılır ve **bir süre eşzamanlı bir şekilde iki hücre üzerinden de iletişim devam eder.**
- Soft handoff işleminde her iki baz istasyonunun senkron bir şekilde çalışması gereklidir.
- CDMA teknolojisi soft handoff yapmaktadır.

76

## Handoff yönetimi

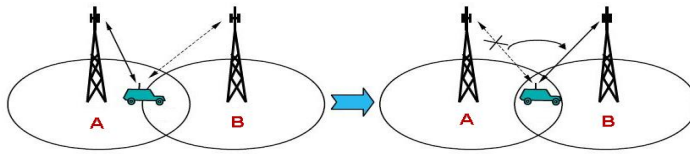
- Handoff yönetimi devam etmek olan çağrının baz istasyonu değiştirmesini dolayısıyla kanal değiştirmesini gerçekleştirir.
- Şekilde bir mobil cihazın bir hücreden diğerine geçişi ve baz istasyonu değiştirmesi görülmektedir.



- Mobil cihaz A hücresinden B hücresine doğru hareket etmektedir.
- Baz istasyonu A ile baz istasyonu B arasında çağrının aktarılması gerekmektedir.

77

## Handoff yönetimi



- Mobil cihaz, A hücresiyle B hücresi arasında hareket ederken baz istasyonu A'dan ve baz istasyonu B'den aldığı sinyalin gücünde değişimler olur.
- B hücresine yaklaşırken baz istasyonu A'dan aldığı sinyalin gücü azalır ve baz istasyonu B'den aldığı sinyalin gücü artar.
- Bir noktaya geldiğinde **her iki baz istasyonundan alınan sinyalin gücü birbirine eşit olur.**
- Belirli bir fark oluştuğundan sonra çağrının B hücresine aktarılması gereklidir.

78

## Handoff yönetimi

- **İki hücre arasındaki sinyal gücüne göre handoff işleminin ne zaman yapılacağı oldukça önemlidir.**
- Eğer iyi bir yöntem uygulanmazsa **iki hücre arasında sürekli handoff yapılması durumu ortaya çıkabilir.**
- Bu duruma **ping-pong** etkisi denilmektedir. Çağrı sürekli iki hücredeki baz istasyonları arasında aktarılır.
- Bu tür etkiler özellikle **sinyal seviyesinin büyüklüğüne göre yapılan handoff işlemlerinde görülür.**
- **Mobil cihaz iki hücrenin sınırında hareket ettiğinde sürekli sinyal seviyeleri birbirinden büyük ölçülür ve sürekli handoff işlemi yapılır.**

79

## Handoff yönetimi

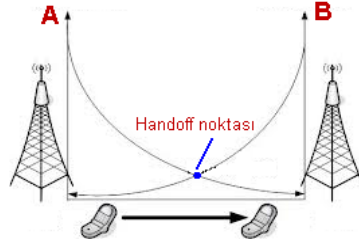
- **Handoff işleminin olabildiği kadar az sıklıkta yapılması ancak çağrıların kesintiye hiç uğramadan yapılması gereklidir.**
- Bu yüzden handoff yapmak için en uygun sinyal seviyesinin belirlenmesi gereklidir.
- Geleneksel algoritmalar **iki sinyal seviyesini eşik değere göre karşılaştırır ve iki sinyal arasındaki fark bu eşik değerden yüksekse handoff yapılır.**
- Bazı sistemlerde handoff işlemi için **handoff sinyal gücü ile istenen kalitede iletişim için minimum sinyal gücü farkına bakılır.**
- Eğer aradaki fark belirlenen değer üstünde ise handoff yapılır değilse handoff yapılmaz.
- Fark değer yüksek verilirse handoff çok sık yapılır düşük olursa handoff daha az sıklıkta yapılır ancak iletişimin kalitesi düşer.

80



## Handoff yönetimi

- Şekilde ölçülen sinyal gücüne göre handoff yöntemleri görülmektedir.

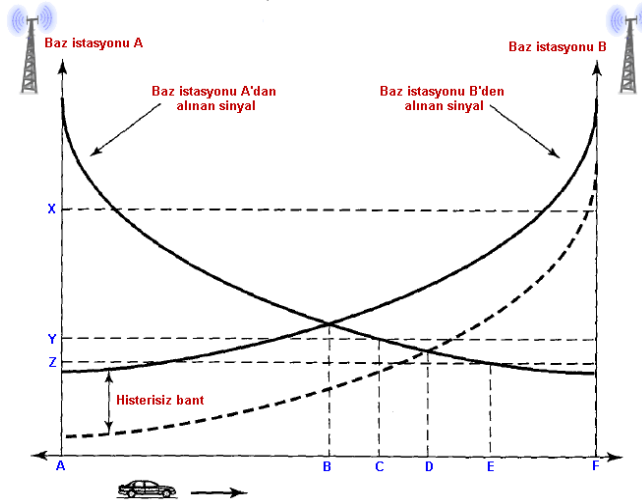


- Bir mobil cihaz baz istasyonu A'dan baz istasyonu B'ye giderken sinyal seviyelerine göre farklı noktalara sahiptir.
- Mobil cihaz A noktasında iken baz istasyonu A üzerinden iletişim devam eder. **Handoff noktasına gelindiğinde handoff için belirlenmiş eşik değerin altına düşmektedir.**
- C noktasına gelindiğinde ise kaliteli bir iletişimin sağlanması için gerekli sinyal gücünün altına düşmektedir.

81

## Handoff yönetimi

- Şekilde iki farklı eşik değeri ve histerisiz bantı kullanılarak handoff yapılması görülmektedir.



82

## Ders konuları

- Kablosuz ağ topolojileri
- H¼cre oluşturulması ve frekans yeniden kullanımı
- Interference
- H¼resel sistemlerde kapasite artırma y¼ntemleri
  - H¼cre b¼lme
  - Sekt¼r oluşturma
- Kanal atama y¼ntemleri
  - Sabit kanal tahsisi
  - Dinamik kanal tahsisi
  - Hibrit kanal tahsisi
- Handoff y¼netimi
- Roaming

83

## Roaming

- Bir mobil cihaz iki **farklı servis sağlayıcının h¼creleri arasında geçiş yaparsa bu geçiş işlemine roaming denilir.**
- Bu iki servis sağlayıcı arasında roaming anlaşması yapılması gereklidir.
- Roaming işleminde de handoff işlemindeki gibi devam etmekte olan **çağrının kesintiye uğramaması ve sinyal seviyelerine g¼re geçiş yapılması gereklidir.**
- Bunun i¼in handoff işleminde kullanılan y¼ntemler kullanılmaktadır.
- Merkezi denetim birimi kendisine abone olan kullanıcılar ile başka servis sağlayıcıya abone olan kullanıcıları birbirinden ayırt eder.
- Servis sağlayıcı aktif kullanıcıların t¼m¼n¼n listesini home location register (HLR) üzerinde saklar.
- HLR listesi abonelerin ¼cretlendirilmesindeki farklılıklar i¼in gereklidir.

84