

İletişim Ağları Communication Networks

Hazırlayan: M. Ali Akcayol
Gazi Üniversitesi
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

İçerik

- ▶ Kablosuz ağ topolojileri
- ▶ Hücre oluşturulması
- ▶ Interference
- ▶ Hücresel sistemlerde kapasite artırma yöntemleri
- ▶ Kanal atama yöntemleri

Kablosuz ađ topolojileri

- ▶ **Hücresel ağların ilk prensipleri** Bell laboratuvarlarında **1947 yılında geliştirilmiştir.**
- ▶ Hücresel ağlarda **frekans yeniden kullanımı (frequency reuse) kapasiteyi çok artırmaktadır.**
- ▶ Hücresel telefon sistemleri **az sayıda kanalın** çok sayıda kullanıcı tarafından **paylaşarak kullanılmasına** olanak sağlar.
- ▶ **Kablosuz servis sağlayıcılar** genellikle küçük bir altyapı ve anten ile başlar, **kullanıcı sayısı arttıkça altyapılarını geliştirirler.**
- ▶ Ađ altyapısının geliştirilmesi için **farklı teknolojiler, ađ topolojileri** ve **kanal tahsis yöntemleri** kullanılmaktadır.

Kablosuz ađ topolojileri

- ▶ Ađ topolojileri cihazların birbirleriyle nasıl iletişime geçeceklerini belirler.
- ▶ Kablosuz ağlarda iki farklı topoloji kullanılmaktadır:
 - ▶ **Altyapılı ađ topolojisi**
 - ▶ **Ad hoc ađ topolojisi**

Kablosuz ađ topolojileri

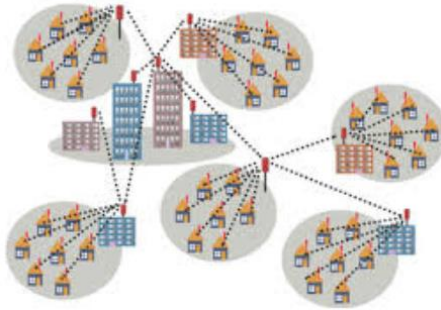
Altyapılı ađ topolojisi

- ▶ Bu topolojide genellikle **kablo ile oluşturulan altyapı ve mobil cihazlar kullanılarak iletişim yapılır.**
- ▶ **Altyapılı kablosuz ađ topolojisi** çok büyük kapsama alanlarında ve **çok sayıda baz istasyonu birlikte kullanılır.**
- ▶ **Baz istasyonu (base station) veya erişim noktası (access point)** sayısı kapsama alanının büyüklüğüne göre değişir.

Kablosuz ađ topolojileri

Altyapılı ađ topolojisi

- ▶ **Baz istasyonu** veya **erişim noktası** kablolu ađlardaki **hub** veya **anahtar** görevi görmektedir.
- ▶ İki mobil cihazın iletişime geçmesi baz istasyonu veya erişim noktası üzerinden yapılır.



Kablosuz ağ topolojileri

Ad Hoc ağ topolojisi

- ▶ Ad Hoc kablosuz ağlar iletişim için **altyapıya ihtiyaç duymaz.**
- ▶ Ağ içerisindeki herhangi **bir cihaz diğer cihazlarla doğrudan iletişim yapabilir.**
- ▶ Ağ içerisinde **baz istasyonu veya erişim noktasına ihtiyaç yoktur.**
- ▶ **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.**
- ▶ Herhangi bir cihaz eklendiğinde/çıkarıldığında ağ ölçeklenmiş olacaktır.

Kablosuz ağ topolojileri

Ad Hoc ağ topolojisi

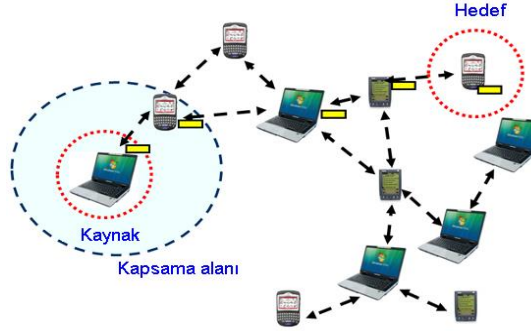
- ▶ Ad Hoc ağlarda mobil cihazlar geniş alana yayılmış durumdadır.
- ▶ **Cihazların büyük bölümü komşu değildir.**
- ▶ **Kapsama alanı dışındaki cihazlar arasında doğrudan iletişim yapılamaz.**



Kablosuz ağ topolojileri

Ad Hoc ağ topolojisi

- ▶ Doğrudan iletişime geçemeyen cihazlar arasında diğer cihazlar ara düğüm olarak görev yaparlar (çok atlamalı (multihop) ad hoc ağlar).



Kablosuz ağ topolojileri

Altyapılı ağlar ile ad hoc ağların karşılaştırılması

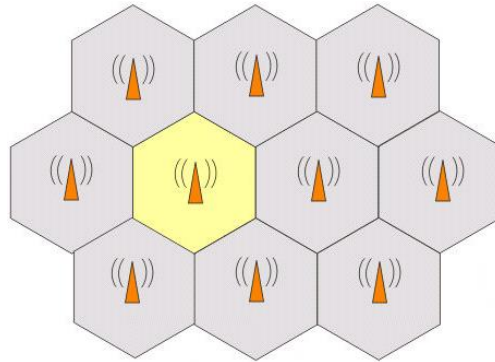
- ▶ Ad hoc ağlarda kurulum ve ölçeklenebilirlik çok daha kolay ve düşük maliyetlidir.
- ▶ Ad hoc ağlarda çok atlamalı peer-to-peer iletişimde, her mobil cihaz yönlendirme kapasitesine sahip olmalıdır.
- ▶ Ad hoc ağ topolojisinde cihazlar arasındaki maksimum uzaklık kablosuz arayüzün kapsama alanına bağlıdır.
- ▶ Altyapılı ağlarda erişim noktası ile iletişim yapıldığından iki cihaz arasındaki uzaklık daha fazladır.
- ▶ Altyapılı ağlarda baz istasyonu veya erişim noktası kapsama alanının orta noktasında ve yüksek bir yerdedir.
- ▶ Altyapılı ağlarda mesajlar iki kez iletilir (erişim noktası üzerinden), gecikme tek atlamalı ad hoc ağlara göre fazladır.
- ▶ Çok atlamalı ad hoc ağlarda mesaj birden çok kopya halinde saklanıp yönlendirilir (gecikme altyapılı ağlara göre daha fazla).

İçerik

- ▶ Kablosuz ađ topolojileri
- ▶ Hücre oluşturulması
- ▶ Interference
- ▶ Hücresel sistemlerde kapasite artırma yöntemleri
- ▶ Kanal atama yöntemleri

Hücre oluşturulması

- ▶ Mobil kablosuz ağlarda hücre oluştururken **Space Division Multiplexing (SDM)** yöntemi kullanılır.
- ▶ Bir baz istasyonu etrafında coğrafik ve atmosferik şartlara göre bir kapsama alanı oluşturulur (hücre - cell).
- ▶ Bu alan, **birkaç metre** (ofis, bina), **yüzlerce metre** (açık alan) ve **onlarca kilometre** (şehir) **düzeyinde olabilmektedir.**



Hücre oluşturulması

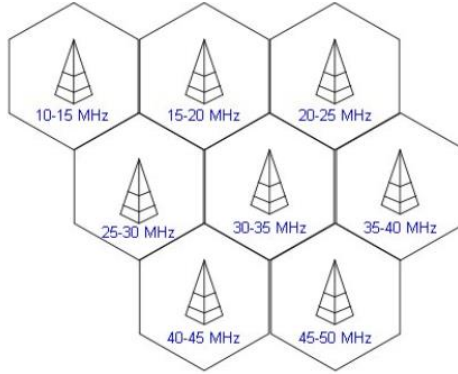
Frekansın yeniden kullanımı

- ▶ Sinyalin gücüne göre gidebileceği maksimum uzaklık vardır.
- ▶ Bir hücresel ağda kapsama alanının tamamı hücre adı verilen küçük parçalara ayrılır.
- ▶ Oluşturulan küçük alanların genellikle orta noktasına bir **baz istasyonu yerleştirilir**.
- ▶ Hücresel ağlarda hücrenin dışındaki bölgede **aynı frekans tekrar kullanılabilir**.
- ▶ **Bir hücre kendi içerisinde de daha küçük parçalara bölünebilir**.
- ▶ Bu parçalarda da **aynı frekanslar tekrar kullanılabilir**.
- ▶ Hücresel ağlarda **her hücreye tüm komşu hücrelerinden farklı bir grup kanal atanır**.

Hücre oluşturulması

Frekansın yeniden kullanımı – Örnek

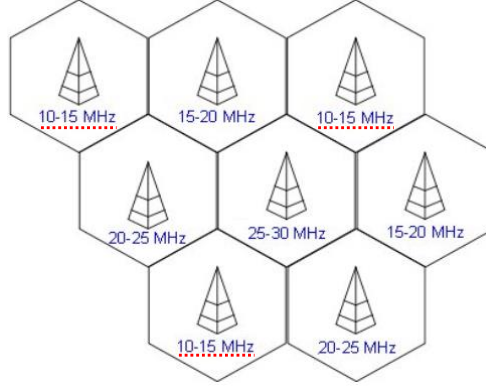
- ▶ Bir hücresel ağ operatörü **20 km alan içerisinde 40 MHz bant** kullanacak olsun.
- ▶ Kapsama alanının tamamını **8 eşit parçaya** bölerek her birisine **5 MHz bant ayrılabilir**.



Hücre oluşturulması

Frekansın yeniden kullanımı – Örnek

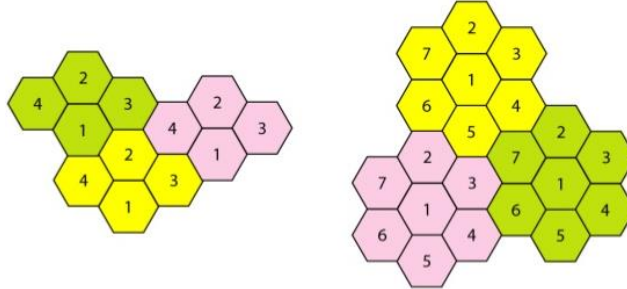
- **Komşu olmayan hücelere aynı kanal grubu ayrılarak** daha yüksek verimlilik ve bant genişliği sağlanabilir.



Hücre oluşturulması

Frekansın yeniden kullanımı

- **Komşu hücelerde** kapsama alanları arasında **örtüşme (overlap)** olursa **iletişim sırasında birbirini bozucu etkiye neden olabilmektedirler.**
- Bazı durumlarda parçalara ayrılan hüceler kendi içerisinde de tekrar daha küçük parçalara ayrılabilirler.
- **Hüceleri kendi içerisinde de parçalara ayırarak öbek (cluster) oluşturulur.**



Hücre oluşturulması

- ▶ **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.**
- ▶ Hücrelerin küçük parçalara ayrılması ile gerekli olacak sinyal gücü azaltılmış olur.
- ▶ **Hücrelerin içerisindeki eşzamanlı kullanıcı sayısı genellikle toplam kapasiteye bağlıdır.**
- ▶ Hücresel sistemlerde bir baz istasyonunun çalışmaması durumunda hücre iletişim yapamaz.

Hücre oluşturulması

- ▶ **Hücreler parçalanarak** başka bir deyişle hücrelerin **kapsama alanları küçültülerek (splitting cell)** ayrılan kanal sayısı azaltılmakta ve verim artırılmaktadır.
- ▶ **Hücreler küçüldükçe** hücrelerin alanları küçülür ve **hareketli kullanıcıların hücre değiştirme sıklığı artar.**
- ▶ Hücreler arası geçişin iletişim kesintiye uğramadan gerçekleştirilmesi gereklidir.
- ▶ Farklı baz istasyonları arasında yapılan geçişe **handover** veya **handoff** denilmektedir.
- ▶ **Handoff veya handover sıklığı hücrenin boyutuna ve mobil cihazın hareket hızına bağlıdır.**

İçerik

- ▶ Kablosuz ağ topolojileri
- ▶ Hücre oluşturulması
- ▶ **Interference**
- ▶ Hücresel sistemlerde kapasite artırma yöntemleri
- ▶ Kanal atama yöntemleri

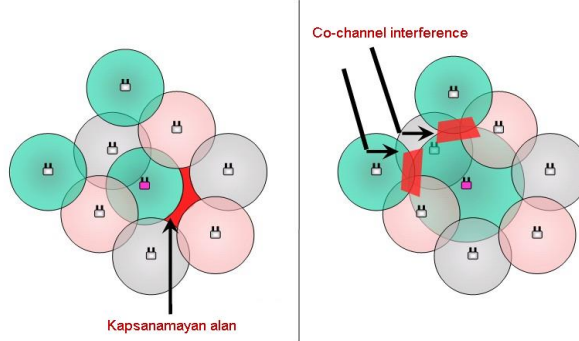
Interference

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

Interference

Co-channel interference

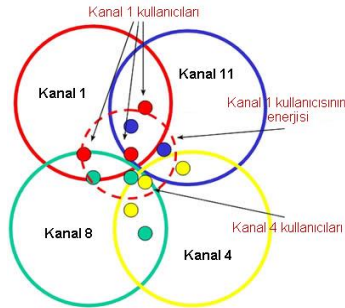
- ▶ **Co-channel hücreler arasında** ortaya çıkacak interference **co-channel interference** olarak adlandırılmaktadır.
- ▶ Co-channel interference oluşmasını engellemek için **hücreler arasında yeterli mesafe** bırakılmalıdır.



Interference

Adjacent channel interference

- ▶ **Komşu kanalların birbirini etkilemesidir.**
- ▶ Alıcı taraftaki **filtrenin iyi olmamasından** oluşur.
- ▶ **Filtre birbirine yakın frekansları da geçirirse interference ortaya çıkar.**
- ▶ Alıcı taraftaki **filtrenin kalitesi artırılabilir** veya kanallar arasında daha fazla **guard band oluşturulabilir.**



İçerik

- ▶ Kablosuz ağ topolojileri
- ▶ Hücre oluşturulması
- ▶ Interference
- ▶ **Hücresel sistemlerde kapasite artırma yöntemleri**
- ▶ Kanal atama yöntemleri

Hücresel sistemlerde kapasite artırma yöntemleri

- ▶ **Hücresel telefon sistemlerine yönelik çalışmalar 1960'lı yıllarda yapılmıştır.**
- ▶ **LOS yayılım yapan göndericilerle geniş alanları kapsayan** hücresel sistemler geliştirilmiştir.
- ▶ İlk 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 en büyük yatırım, baz istasyonu, anahtarlar, kurulum ve baz istasyonları arasındaki linklere yapılmaktaydı.**
- ▶ Belirli bir alan içerisindeki abone sayısındaki hızlı artıştan dolayı hücresel telefon hizmet sağlayıcıları sürekli yeni yatırımlar yapmak zorundaydılar.

Hücresel sistemlerde kapasite artırma yöntemleri

- ▶ Hücresel ağlarda kapasite artırmak için farklı yöntemler kullanılmaktadır:
 - ▶ **Spektrum genişletme**
 - ▶ **Hücre mimarisini değiştirme**
 - ▶ **Frekans atama yöntemini değiştirme**
 - ▶ **Modem ve erişim yöntemlerini değiştirme**

Hücresel sistemlerde kapasite artırma yöntemleri

Spektrum genişletme

- ▶ **En basit ve hızlı uygulanabilir yöntemdir** ancak diğerlerine göre **maliyeti daha yüksektir.**
- ▶ Mevcut **bant genişliği artırılarak yeni iletişim kanalları eklenir** ve eş zamanlı iletişim yapabilen kullanıcı artırılır.
- ▶ 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.**

Hücresel sistemlerde kapasite artırma yöntemleri

Hücre mimarisini değiştirme

- ▶ Bu yöntemle, **mevcut hücreler daha küçük parçalara ayrılarak** space division multiplexing yöntemiyle **kapasite artırımı yapılır.**
- ▶ Bunun için **cell splitting** veya **cell sectoring** yapılabilir.
- ▶ Bir hücreyi daha **küçük parçalara bölmek için** genellikle **yönlü antenler kullanılır.**
- ▶ Hücreler daha küçük parçalara bölünerek **frekans yeniden kullanım oranı da artırılmış olmaktadır.**
- ▶ Hücre mimarisini değiştirerek kanal kapasitesi artırımı için kullanılan yöntemler **genellikle daha düşük maliyete sahiptir.**

Hücresel sistemlerde kapasite artırma yöntemleri

Frekans atama yöntemini değiştirme

- ▶ Hücrelere **kanal atama** işlemi düzgün dağılımlı olarak değil **abone sayısına göre yapılır.**
- ▶ **Her hücreye ayrılan kanal sayısı eşit olmamaktadır.**
- ▶ Kanal atamasında göz önüne alınan **en önemli kriter hücre içerisindeki veri trafiğidir.**
- ▶ Dinamik olarak **hücre trafiğine göre kanal tahsisi** veya **ödünç verme** daha etkin yapılabilir.
- ▶ Frekans atama yöntemleri verimi artırmanın yanı sıra **düşük maliyetli çözüm ortaya koymaktadır.**

Hücresel sistemlerde kapasite artırma yöntemleri

Hücre bölme

- ▶ Bir alan içerisindeki abone sayısı arttıkça aboneler için ayrılan kanallar yetersiz hale gelmeye başlar.
- ▶ Çağrı başlatma istekleri için meşgul olmayan kullanılabilir hat bulunamaz.
- ▶ **Kanal sayısını artırarak sorun giderilebilir**, ancak bu **maliyeti yüksek bir çözümdür**.
- ▶ Bunun yerine **hücreler daha küçük parçalara bölünür ve kanalların yeniden kullanım oranı artırılır**.
- ▶ **Hücreler içerisinde trafik yoğunluğuna göre kanal sayısı düzenlenebilir**.
- ▶ Bir hücre içerisindeki **maksimum trafik** hücreye ayrılan kanal sayısına, dolayısıyla **eş zamanlı iletişim yapan abone sayısına bağlıdır**.

Hücresel sistemlerde kapasite artırma yöntemleri

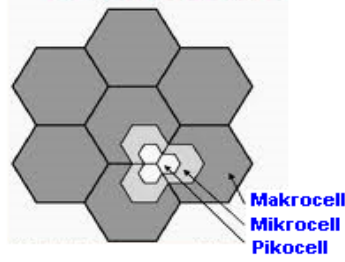
Hücre bölme

- ▶ Hücrelerin küçük parçalara bölünmesiyle frekans yeniden kullanım oranı artar ve **eş zamanlı iletişim yapan abone sayısı artırılmış olur**.
- ▶ Hücrelerin parçalanarak daha küçük hücrelerin oluşturulmasının **iki temel dezavantajı bulunmaktadır**.
 - ▶ Hareketli kullanıcıların **baz istasyonu değiştirme (handoff) sıklığı artacaktır**.
 - ▶ Aboneler ve baz istasyonları ile merkezi anahtarlama ofisinin **iş yükü artmaktadır**.

Hücresel sistemlerde kapasite artırma yöntemleri

Hücre bölme

- ▶ Macrocell içerisinde cell splitting ile mikrocell ve pikocell oluşturulabilir.



Hücresel sistemlerde kapasite artırma yöntemleri

Femtocell

- ▶ **Hücresel 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.**

Hücresel sistemlerde kapasite artırma yöntemleri

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.

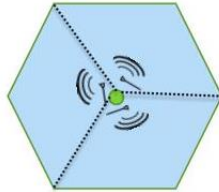
Hücresel sistemlerde kapasite artırma yöntemleri

Sektör oluşturma

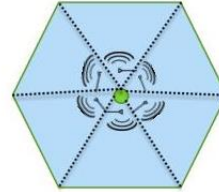
- ▶ Sektör oluşturmada, **bir öbek içerisindeki hücre sayısı azaltılır.**



Single omni-directional antenna



Three directional antennas (120° sectoring)



Six directional antennas (60° sectoring)

İçerik

- ▶ Kablosuz ağ topolojileri
- ▶ Hücre oluşturulması
- ▶ Interference
- ▶ Hücresel sistemlerde kapasite artırma yöntemleri
- ▶ Kanal atama yöntemleri

Kanal atama yöntemleri

- ▶ **Abone sayısında artış olduğunda kanal kapasitesinin artırılması gereklidir.**
- ▶ Bunun için **statik** veya **dinamik yöntemler kullanılabilir.**
- ▶ **Statik yöntemlerde kalıcı** bir şekilde altyapıda veya mimaride **değişikliğe gidilir.**
- ▶ **Dinamik yöntemlerde** kanal ödünç alma veya **geçici kanal aktarma yapılır.**
- ▶ **Zamana veya bölgeye göre kanal gereksinimi veya eşzamanlı iletişim sayısı farklılık göstermektedir.**
- ▶ Gündüz saatleri, akşam saatleri ve gece saatleri gereksinim duyulacak kanal sayıları farklı olabilir.
- ▶ Hücresel ağlarda abonelerin **%2 olasılıkla call blocking oluşması** genellikle servis kalitesini veya **kullanıcı memnuniyetini önemli oranda etkilemez.**

Kanal atama yöntemleri

- ▶ **Hücrelere kanal atama** için farklı yöntemler kullanılmaktadır:
 - ▶ **Sabit kanal tahsisi**
 - ▶ **Dinamik kanal tahsisi**
 - ▶ **Hibrit kanal tahsisi**

Kanal atama yöntemleri

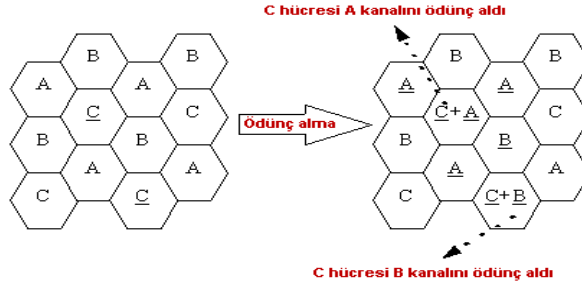
Sabit kanal tahsisi

- ▶ **Sabit kanal ataması yapılan hücrelerde** ses iletişimine ayrılan **kanal sayısı bellidir ve sabit olarak atanmıştır.**
- ▶ Sabit kanal tahsisi yönteminde **bandın tamamı öbek içerisindeki hücre sayısına göre gruplara ayrılır.**
- ▶ **Sabit kanal tahsisi yöntemi basit uygulanabilir.**
- ▶ Hücrelerdeki **kullanıcı** sayıları **düzenli dağılıma sahipse** ve **değişimler çok fazla değilse** servis kalitesi abonelerin memnuniyetini düşürecek düzeye genellikle inmemektedir.

Kanal atama yöntemleri

Kanal ödünç alma teknikleri

- ▶ **Geçici kanal aktarımı sadece çağrı geldiğinde boş kanal yoksa yapılır** ve çağrı tamamlandıktan sonra ödünç alınan kanal ait olduğu hücreye geri verilir.
- ▶ Ödünç alarak kanal tahsisinde **yönetim işlemi zordur** ancak **kanalların verimli kullanılma oranı artar**.
- ▶ Ödünç kanal aktarımı yapılması halinde **adjacent interference** veya **co-channel interference** ortaya çıkabilir.



Kanal atama yöntemleri

Dinamik kanal tahsisi

- ▶ Dinamik kanal atamasında kanallar sürekli ve kalıcı bir şekilde hücrelere atanmaz.
- ▶ **Komşu hücrelerde kullanılan frekanslar ve interference olma durumu göz önüne alınarak kanal tahsisi yapılır.**
- ▶ Tüm kanallar bir havuzda toplanır ve **çağrı isteği geldikçe hücrelere atama yapılır.**
- ▶ Çağrı tamamlandıktan sonra ayrılan **kanal tekrar havuza geri döner ve sonraki çağrılarda tekrar kullanılır.**
- ▶ **Çok karmaşıktır** ve trafiğin yoğun olduğu durumlarda kullanılması uygun değildir.
- ▶ Çok yoğun trafik durumlarında **kanal tahsisi yapılması** hem uzun sürmekte hem de **handoff performansını etkilemektedir.**

Kanal atama yöntemleri

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 belirlenir.**