

Mobil ve Kablosuz Ağlar (Mobile and Wireless Networks)

Hazırlayan: M. Ali Akcayol
Gazi Üniversitesi
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Ders konuları

- Çoklu erişim yöntemleri
 - Frekans bölmeli çoklu erişim
 - Zaman bölmeli çoklu erişim
- Spektrum yayma yöntemleri
 - Doğrudan sıralı spektrum yayma
 - Frekans atlamalı spektrum yayma
 - Kod bölmeli çoklu erişim
 - Alan bölmeli çoklu erişim
- Yayma kod oluşturulması
 - PN serileri
 - Orthogonal kodlar
 - Walsh kodları

Çoklu erişim yöntemleri

- Kablosuz iletişimde **çok sayıda kullanıcı** aynı anda **sınırlı bir bant üzerinden iletişim yaparlar**.
- Kablolu ağlarda olduğu gibi **iletim ortamının çok sayıdaki kullanıcıya paylaşılması gerekmektedir**.
- **Eşzamanlı kullanıcı sayısı arttıkça** ayrılan bant sabit kalırsa **iletişim kalitesi düşer**.
- Kablosuz ağlarda çok sayıda kablosuz cihaz farklı bantlar üzerinden iletişim yapmakta ve birbirini çoğu zaman etkilememektedir.
- Aynı bant üzerinde iletişim yapan ağlarda ise kullanıcılar arasında ayrılmış kaynağın (frekans bandının) paylaşılması ve çakışmalardan dolayı ortaya çıkan sorunların giderilmesi gereklidir.

3

Çoklu erişim yöntemleri

- **Çoğullama (multiplexing) ile çok sayıda kullanıcının aynı iletim ortamını paylaşması amaçlanmaktadır**.
- Çoklu erişim yöntemlerinden en yaygın kullanılanlar:
 - Frekans Bölmeli Çoklu Erişim (Frequency Division Multiple Access - **FDMA**)
 - Zaman Bölmeli Çoklu Erişim (Time Division Multiple Access - **TDMA**)
 - Alan Bölmeli Çoklu Erişim (Space Division Multiple Access – **SDMA**)
 - Kod Bölmeli Çoklu Erişim (Code division multiple Access - **CDMA**)
- **Aynı bant üzerinde iletişim yapan ağlarda**, kullanıcılar arasında ayrılmış kaynağın (frekans bandının) paylaşılması ve **çakışmalardan dolayı ortaya çıkan sorunların giderilmesi gereklidir**.

4

Çoklu erişim yöntemleri

- Ayrıca **iletim ortamının paylaşımı için spektrum yayma yöntemleri de kullanılmaktadır.**
- Bu yöntemler;
 - Frekans Atlamalı Spektrum Yayma (**Frequency Hoping Spread Spectrum – FHSS**)
 - Doğrudan Sıralı Spektrum Yayma (**Direct Sequence Spread Spectrum – DSSS**)

5

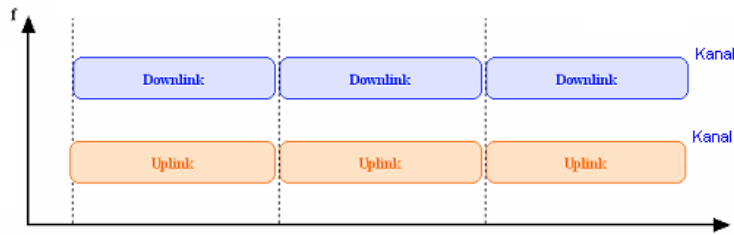
Çoklu erişim yöntemleri

- Günümüzde gerçekleştirilen iletişimlerde genellikle aynı zamanda hem veri gönderme hem de veri alma (**duplex iletişim**) yapılmaktadır.
- Bu şekildeki iki yönlü iletişimi yapmak için duplexing yapılması gereklidir.
- Bunun için **kullanıcılara** hem gönderme hem de alma amaçlı olarak **frekans tahsisi** veya **zaman aralığı tahsisi yapılması gereklidir.**
- Eğer gönderme ve alma için aynı kanal kullanılıyorsa, gönderme ve alma için bu kanalın zamana göre paylaşımının yapılması gereklidir.
- **Bir kanalın farklı zaman aralıklarında farklı işlere atanmasına Time Division Duplexing (TDD) denilmektedir.**
- Eğer **her iki yönde de ayrı ayrı kanal tahsisi yapılarak** eş zamanlı iletişim yapılıyorsa bu şekilde **yapılan paylaşım ise Frequency Division Duplexing (FDD) olarak adlandırılmaktadır.**

6

Çoklu erişim yöntemleri

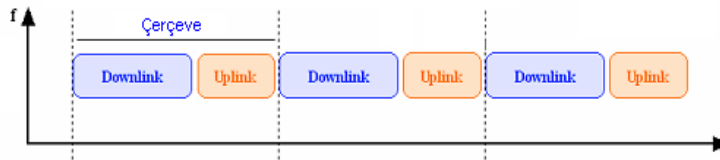
- TDD kullanıldığında her iletişime belirli bir zaman aralığında paylaşılan kanalı kullanma izni verilir. Bu aralığa slot denilmektedir.
- FDD kullanıldığında ise her kullanıcı için bir tanesi gönderme ve bir tanesi de alma olmak üzere iki ayrı bant tahsis edilir.
- Aşağıdaki şekilde frekans bölmeli çoklu erişimin FDD ile gerçekleştirilmesi görülmektedir.



7

Çoklu erişim yöntemleri

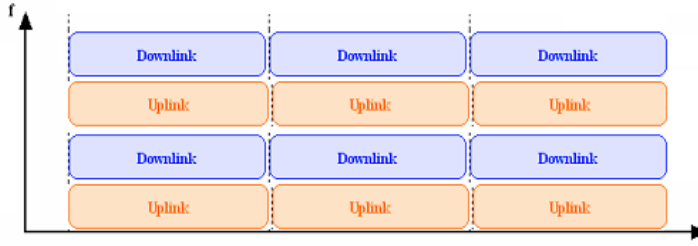
- FDD ile FDMA gerçekleştirilmesinde her iletişim için ayrı bir kanal oluşturulur ve eşzamanlı iletişim farklı kanallar kullanılarak gerçekleştirilir.
- Gönderme ve alma yönünde birden fazla kanal FDD ile oluşturulabilir.
- Frekans bölmeli çoklu erişim TDD ile de gerçekleştirilebilir.
- Frekans bölmeli çoklu erişimin TDD ile gerçekleştirilmesi şekilde görülmektedir.



8

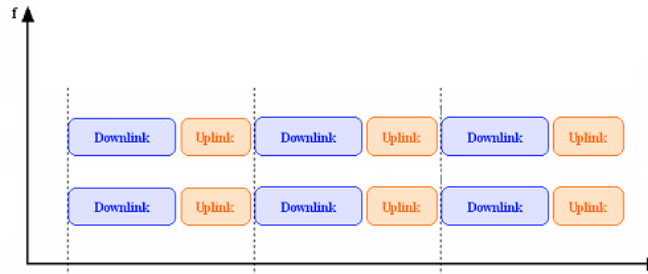
Çoklu erişim yöntemleri

- **TDD ile FDMA** gerçekleştirilmesinde **her bir kanal veya tüm bant belirli bir süre bir kullanıcıya diğer bir zaman aralığında başka bir kullanıcıya ayrılır.**
- FDMA ile iletim ortamına erişim FDD ve TDD ile yapılabildiği gibi, TDMA ile iletim ortamına erişimde FDD ve TDD ile yapılabilir.
- Şekilde **FDD kullanılarak TDMA ile iletim ortamına erişim** görülmektedir.



Çoklu erişim yöntemleri

- TDMA ile hem gönderme hem de alma yönünde oluşturulan kanallar FDD ile alt kanallara bölünmekte ve her bir alt kanal kullanıcıya belirli zaman aralığı tahsis edilmektedir. **TDD kullanılarak TDMA ile iletim ortamına erişim** şekilde görülmektedir.
- **Kanalların tamamı bir kullanıcı için bir zaman aralığında gönderme ve bir zaman aralığında alma için kullanılmaktadır.** Ayrıca kullanıcılar arasındaki paylaşım ise TDD ile gerçekleştirilmektedir



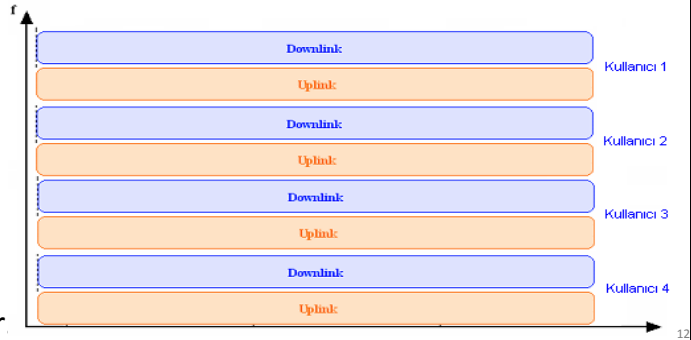
Ders konuları

- Çoklu erişim yöntemleri
 - Frekans bölmeli çoklu erişim
 - Zaman bölmeli çoklu erişim
- Spektrum yayma yöntemleri
 - Doğrudan sıralı spektrum yayma
 - Frekans atlamalı spektrum yayma
 - Kod bölmeli çoklu erişim
 - Alan bölmeli çoklu erişim
- Yayma kod oluşturulması
 - PN serileri
 - Orthogonal kodlar
 - Walsh kodları

11

Frekans bölmeli çoklu erişim

- **FDMA yöntemiyle her kullanıcıya ayrı bir kanal ataması yapılır.**
- FDMA yönteminde bir bandın tümü birbiriyle örtüşmeyen alt kanallara bölünür ve **eş zamanlı birden fazla kullanıcıya iletişim yapma imkanı sağlanır.**
- FDMA ile kullanıcılara ayrılan kanalların bant genişliği arttıkça iletişimdeki kalite ve hız artacaktır.
- Şekilde kullanıcılar için atanmış gönderme ve alma kanalları ile birden fazla kullanıcı için eşzamanlı iletişim gerçekleştirilmektedir



12

Frekans bölmeli çoklu erişim

- Her kullanıcıya ayrılan kanalın **gönderme ve alma için iki alt parçaya ayrılması amacıyla FDD kullanılmıştır.**
- **Kullanıcılar eş zamanlı olarak gönderme ve alma yapabilmektedirler** yani full duplex iletişim gerçekleştirilebilmektedir.
- Her kullanıcıya ayrılan kanal arasında güvenlik (guard) bandı oluşturulması farklı iletişimlerin birbirini etkilememesi için gereklidir.
- Kablosuz ağlarda baz istasyonu veya erişim noktasına **yakın mobil cihazın sinyal gücüyle uzak olan mobil cihazın sinyal gücü farklıdır (near-far problemi).**
- Bu yüzden FDMA ile FDD yapılarak yapılan iletişimde **veri iletim oranı** gönderen ve alan **birimlerin aralarındaki mesafeye de bağlı olarak değişmektedir.**

13

Frekans bölmeli çoklu erişim

- **FDMA ile FDD, AMPS (Advanced Mobile Phone System) gibi birinci jenerasyon analog hücrel sistemlerde kullanılmıştır.**
- **FDMA ile iletim ortamı erişimi yapılırken bir kanal bir kullanıcıya atandığında diğer kullanıcılar tarafından paylaşılamamaktadır.**
- **FDMA, ilk kullanıldığı birinci jenerasyon hücrel sistemlerde 30 kHz bant genişliği sağlamaktaydı.**
- Bu bant genişliği günümüz ihtiyaçları açısından çok yetersizdir.

14

Ders konuları

- Çoklu erişim yöntemleri
 - Frekans bölmeli çoklu erişim
 - Zaman bölmeli çoklu erişim
- Spektrum yayma yöntemleri
 - Doğrudan sıralı spektrum yayma
 - Frekans atlamalı spektrum yayma
 - Kod bölmeli çoklu erişim
 - Alan bölmeli çoklu erişim
- Yayma kod oluşturulması
 - PN serileri
 - Orthogonal kodlar
 - Walsh kodları

15

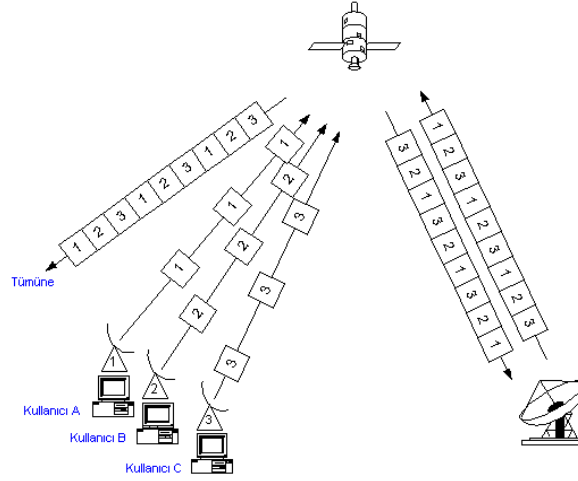
Zaman bölmeli çoklu erişim

- TDMA ile iletim ortamına erişimde kanallar kullanıcılara belirli zaman aralıklarıyla paylaşılır.
- TDMA ile paylaşılan bandın tamamı olabildiği gibi bir alt kanal da olabilir.
- Paylaşılan kanalın tamamı belirli bir zaman aralığında sadece bir kullanıcıya atanır ve diğer kullanıcılara paylaşılmaz.
- Kullanıcıya ayrılan zaman aralığında ya gönderme ya da alma yapılabilir.

16

Zaman bölmeli çoklu erişim

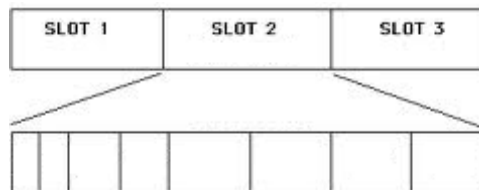
- Şekilde TDMA ile iletim ortamı paylaşımı görülmektedir.



17

Zaman bölmeli çoklu erişim

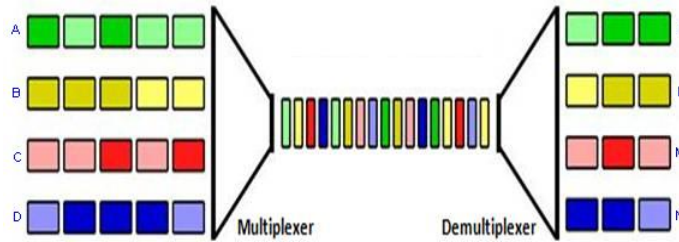
- **TDMA ile veri aktarımında kullanıcılar arasında geçiş yaparken güvenlik süresi konulur.**
- Bunun nedeni kullanıcıların birbirlerini etkilememesi gerekmektedir.
- Her bir kullanıcı kendisine ayrılan zaman aralığında (slot) bir grup bit gönderir. Bu verilerin içeriği ve bit formatı sistemlerde farklılık gösterebilmektedir.
- Şekilde örnek bir TDMA çerçevesi ve içerisindeki **bir slot için örnek bir formatı verilmiştir.**



18

Zaman bölmeli çoklu erişim

- TDMA ile çoğullama yapılırken göndericiler ve alıcılar arasındaki veri aktarımı sırasında **Zaman Bölmeli Çoğullama (Time Division Multiplexing - TDM)** kullanılır.
- Her zaman aralığında gönderici ile alıcı arasında anahtarlama elemanı ile senkronizasyon sağlanır. Şekilde TDM görülmektedir.




19

Zaman bölmeli çoklu erişim

- Hem TDMA ile hem de FDMA ile ortam erişimi yapılırken kullanıcıların göndereceği **veri miktarına göre düzenleme yapılabilir.**
- Kullanıcıların ihtiyacına göre FDM ile ayrılan **kanalın bant genişliği artırılabilir** veya TDM ile ayrılan **slot için zaman aralığı artırılabilir.**
- İlk hücresel sistemlerde FDMA kullanılmıştır. İkinci jenerasyon hücresel sistemlerde ise TDMA kullanılmıştır.
- **TDMA sisteminde veri gönderimi sürekli değildir anlıktır (burst).**
- TDMA sisteminde kullanıcılar sürekli veri göndermediği için batarya ömrünü uzatmak için boş zamanlarda uyku moduna geçerler. Ancak, bu modda iken handoff yaparak diğer baz istasyonlarını tararlar.
- TDMA sistemlerde bir tane taşıyıcı sinyal ile çok sayıda kullanıcının iletişim yapması sağlanabilir. Oluşacak bantın genişliği ise kullanılan modülasyon tekniğine bağlı olarak değişir.


20



Ders konuları

- Çoklu erişim yöntemleri
 - Frekans bölmeli çoklu erişim
 - Zaman bölmeli çoklu erişim
- **Spektrum yayma yöntemleri**
 - Doğrudan sıralı spektrum yayma
 - Frekans atlamalı spektrum yayma
 - Kod bölmeli çoklu erişim
 - Alan bölmeli çoklu erişim
- Yayma kod oluşturulması
 - PN serileri
 - Orthogonal kodlar
 - Walsh kodları

21



Spektrum yayma yöntemleri

- **Spektrum yayma bir iletişimde gereken bant genişliğinden daha fazla bant kullanılarak iletişim yapmayı ifade eder.**
- Gönderici, modüle edilmiş sinyali daha geniş bir banda yayacak şekilde gönderilen bir bit yerine daha fazla bit oluşturarak daha geniş banda yayma işlemi yapabilir. **Böylece veri gizliliği ve veri güvenliği sağlanmış olmaktadır.**
- Göndericinin bandı yaymak için kullandığı **yöntem üçüncü kişiler tarafından bilinemeyeceği için dışarıdan müdahale veya veriyi algılama zordur.**
 - Doğrudan Erişimli Spektrum Yayma (**Direct Sequence Spread Spectrum-DSSS**)
 - Frekans Atlamalı Spektrum Yayma (**Frequency Sequence Spread Spectrum-FHSS**)
 - Kod Bölmeli Çoklu Erişim (**Code Division Multiple Access-CDMA**)
 - Alan Bölmeli Çoklu Erişim (**Space Division Multiple Access-SDMA**)

22

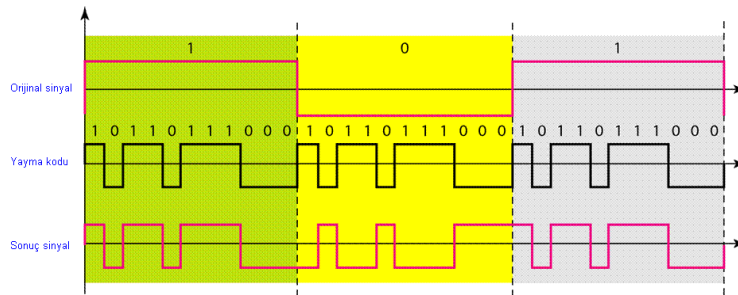
Ders konuları

- Çoklu erişim yöntemleri
 - Frekans bölmeli çoklu erişim
 - Zaman bölmeli çoklu erişim
- Spektrum yayma yöntemleri
 - Doğrudan sıralı spektrum yayma
 - Frekans atlamalı spektrum yayma
 - Kod bölmeli çoklu erişim
 - Alan bölmeli çoklu erişim
- Yayma kod oluşturulması
 - PN serileri
 - Orthogonal kodlar
 - Walsh kodları

23

Doğrudan sıralı spektrum yayma

- DSSS yönteminde göndericinin bitleri alınır ve **chipping serisi** denilen bir bit grubuyla işleme tabi tutulur.
- Elde edilecek çıktıdaki bit sayısı **gönderilen her bir bit için chipping serisi içerisinde kullanılan bit sayısı kadar artmış olacaktır**. Şekilde DSSS metodu görülmektedir.



24

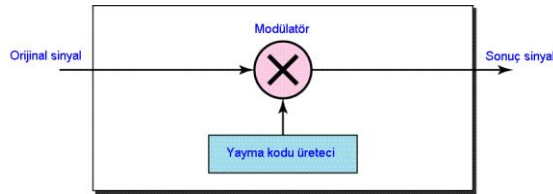
Doğrudan sıralı spektrum yayma

- Şekilde görüldüğü gibi gönderilen her bir bit için birden fazla bite sahip olan yayma kodu (chipping serisi) XOR işlemine tabi tutulmakta ve sonuçta chipping serisindeki bit sayısı kadar bit elde edilmektedir.
- Her bir bite karşılık gönderilen chipping serisindeki bit sayısı arttıkça elde edilen sinyali iletmek için ihtiyaç duyulan bant genişliği artacaktır. Alıcı ise gelen sinyalden chipping serisini çıkardıktan sonra orijinal sinyali elde edecektir.
- Yayma kodunun rastgele bir seri özellikleri taşıyacak şekilde ve arka planda gürültü şeklinde algılanacak biçimde üretilmesi gereklidir.
- Rastgele sayı özelliklerine sahip olması yayma kodunun tahmin edilmesini zorlaştırmaktadır.
- Bu tür sayılar pseudo-noise sayılar veya seriler olarak tanımlanmaktadır.

25

Doğrudan sıralı spektrum yayma

- DSSS yöntemi için kullanılan **göndericinin** blok şeması aşağıdadır.



- Spektrum yayma devresi tarafından alınan kullanıcı verisi ve yayma kodu XOR işlemine tabi tutulmakta ve elde edilen sinyal bir modülatör aracılığıyla daha önce belirlenmiş olan taşıyıcı sinyali modüle etmek için kullanılmaktadır.
- **Yayma kodu içerisindeki bit sayısı yayma faktörü** olarak adlandırılır. Sivil uygulamalarda yayma faktörü 10 ile 100 arasındadır.
- Askeri uygulamalarda ise yayma faktörü 10000'e kadar çıkabilmektedir.

26

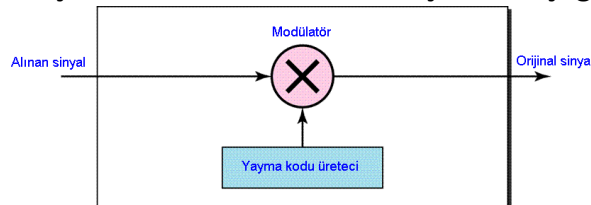
Doğrudan sıralı spektrum yayma

- En yaygın kullanılan WLAN teknolojisi olan **IEEE 802.11'de 10110111000 olarak tanımlanmış olan Barker kodları kullanılır ve yayma faktörü 11-bit kullanıldığından 11 olarak belirlenmiştir.**
- Barker kodları 2, 3, 4, 5, 7 bit olarak kullanılabilir.
- Bu kullanımda **2 bit için 11, 3 bit için 110, 4 bit için 1110, 5 bit için 11101 ve 7 bit için 1110010 Barker kodları kullanılmaktadır.**
- Şekilde DSSS yöntemi için kullanılan alıcının blok şeması görülmektedir.
- **Gönderici** iletmek istediği bitler için **10 MHz bant genişliğine ihtiyaç duymakta ise ve 11-bit Barker kodları kullanılmışsa** spektrum yayma işleminden sonra gereken **toplam bant genişliği 110 MHz olacaktır.**

27

Doğrudan sıralı spektrum yayma

- DSSS alıcı öncelikle anten ile alınmış olan sinyalden modüle edilen taşıyıcı sinyali çıkarır.
- Ardından, gönderici tarafından kullanılan yayma kodunun aynısı kullanılarak orijinal sinyaller elde edilir. Bu aşamada aynı yayma kodu ile alınan sinyal XOR işlemine tabi tutulur.
- En son olarak çözümleme işleminden sonra orijinal gönderilen veriye ulaşılmış olmaktadır. Taşıyıcı sinyal elde edilen sinyali istenilen frekans bandına taşımak için kullanılır.
- DSSS yöntemi için kullanılan **alıcının** blok şeması aşağıdadır.



28

Doğrudan sıralı spektrum yayma

- Alıcı taşıyıcı sinyali kullanarak gelen sinyali demodüle eder ve orijinal sinyal ile hemen hemen aynı bant genişliğine sahip sinyal elde edilir.
- Ardından, yayılan sinyal tekrar eski bant genişliğine sahip hale dönüştürülmek üzere yayma kodu ile işleme tabi tutulur.
- Alıcının kullandığı yama kodu göndericinin kullandığı yayma kodu ile aynıdır ve iletişime başlamadan önce protokol ile belirlenir.
- Son olarak sinyal üzerinde senkronizasyon yapılarak göndericinin göndermiş olduğu orijinal veri elde edilir.
- Kullanıcı verisinin 101 olduğunu ve 11-bit Barker kodu olan 10110111000 serisinin kullanıldığını varsayarsak gönderici tarafından 101101110000100100011110110111000 bit serisi elde edilecektir.
- Gönderilen binary verideki her 1 için Barker kodunun kendisi her 0 için Barker kodunun tersi iletilir.

29

Ders konuları

- Çoklu erişim yöntemleri
 - Frekans bölmeli çoklu erişim
 - Zaman bölmeli çoklu erişim
- Spektrum yayma yöntemleri
 - Doğrudan sıralı spektrum yayma
 - **Frekans atlamalı spektrum yayma**
 - Kod bölmeli çoklu erişim
 - Alan bölmeli çoklu erişim
- Yayma kod oluşturulması
 - PN serileri
 - Orthogonal kodlar
 - Walsh kodları

30

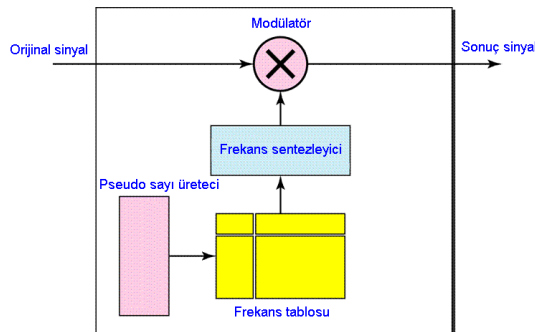
Frekans atlamalı spektrum yayma

- FHSS yönteminde, iletişim için kullanılacak bandın tamamı küçük parçalar halinde kanallara ayrılır.
- Bu kanalların arasında güvenlik bandı (guard band) bırakılır. **Gönderici ve alıcı aynı zaman aralığında bu kanallardan birisini senkron bir şekilde kullanırlar.**
- Periyodik aralıklarla eşzamanlı bir şekilde başka bir kanala geçerek iletişime bu kanaldan devam ederler.
- Çok sayıdaki kanal içerisinde bu geçiş sırasının ne şekilde yapılacağı önemlidir.
- FHSS yöntemi Hedy Lamarr tarafından güdümlü füzelerin dışarıdan müdahaleye karşı korunmaları amacıyla geliştirilmiştir.
- Taşıyıcı sinyalin frekansı belirli aralıklarla değiştirilmekte ve bu değişimin sırasını sadece gönderici ile alıcı bilmektedir.

31

Frekans atlamalı spektrum yayma

- FHSS yönteminin günümüzdeki uygulamaları da aynı şekilde gerçekleştirilmektedir ve askeri uygulamaların dışında WiFi gibi uygulamalarda da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.
- FHSS yöntemi hem analog hem de sayısal iletişimde kullanılmaktadır ancak günümüzde yaygın olarak sayısal iletişimde kullanılmaktadır.
- Şekilde FHSS yönteminde **göndericinin** blok şeması görülmektedir.



32

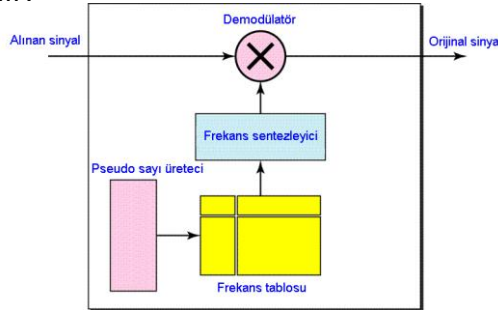
Frekans atlamalı spektrum yayma

- Şekilde görüldüğü gibi kullanıcı verisi klasik bir modülatör devre aracılığıyla modüle edilmektedir.
- Bu aşamada sayısal sinyalden analog veriye dönüşüm yapan yöntemlerden birisi (FSK veya PSK) kullanılabilir.
- İkinci aşamadaki modülatör ise rastgele seçilen frekanslardan birisine belirli bir süre atlama yapar. Burada **kullanılacak frekans sayısı kullanılacak bandın genişliğini doğrudan etkilemektedir.**
- FHSS yönteminde kullanılan frekanslardan hangisine geçiş yapılacağı ve geçiş sırasının nasıl olacağı önemlidir.
- **Tüm frekanslar bir kez geçildikten sonra tekrar aynı sırada geçiş başlayacaktır.**
- **Frekanslar arasında geçiş yaparken Pseudo Noise (PN) sayılar kullanılır.**

33

Frekans atlamalı spektrum yayma

- Şekilde FHSS yöntemi için kullanılan **alıcının** blok şeması görülmektedir.

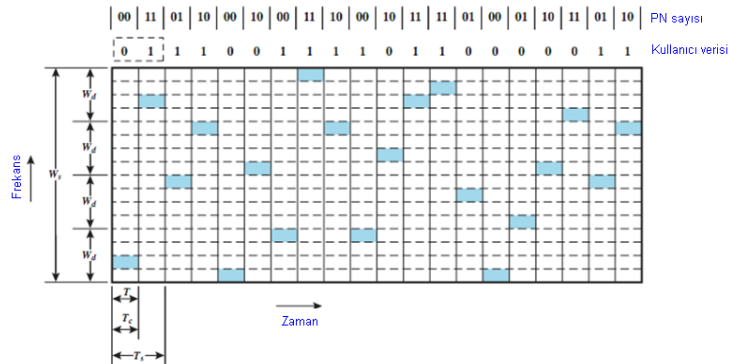


- Şekilde görüldüğü gibi **alıcı ortamdan aldığı sinyali öncelikle PN sayı üreticiden aldığı taşıyıcıyı kullanarak demodüle eder.**
- Elde edilen sinyal darbant genişliğine sahip bir sinyaldir. İkinci aşamada tekrar bir demodülasyon yapılarak orijinal sinyal elde edilir.

34

Frekans atlamalı spektrum yayma

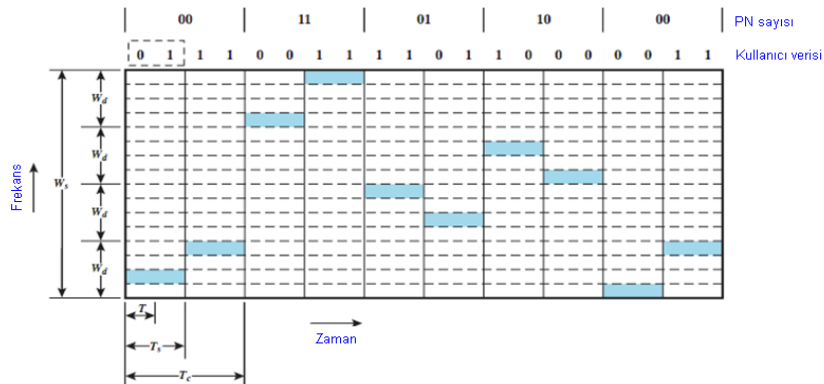
- FHSS spektrum yayma yönteminde binary bitler için yapılan geçişten **daha kısa sürede frekans atlama** gerçekleşiyorsa buna **hızlı atlama (fast hopping)** daha uzun sürede frekans atlama gerçekleşiyorsa buna da **yavaş atlama (slow hopping)** denilmektedir.
- Şekilde **hızlı atlama** görülmektedir.



35

Frekans atlamalı spektrum yayma

- Şekilde **yavaş atlama** görülmektedir.



36

Ders konuları

- Çoklu erişim yöntemleri
 - Frekans bölmeli çoklu erişim
 - Zaman bölmeli çoklu erişim
- Spektrum yayma yöntemleri
 - Doğrudan sıralı spektrum yayma
 - Frekans atlamalı spektrum yayma
 - **Kod bölmeli çoklu erişim**
 - Alan bölmeli çoklu erişim
- Yayma kod oluşturulması
 - PN serileri
 - Orthogonal kodlar
 - Walsh kodları

37

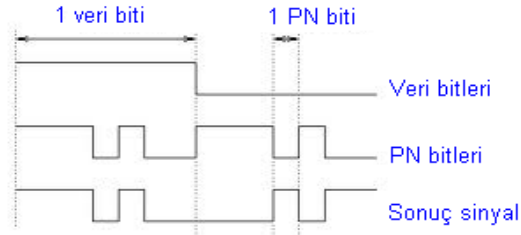
Kod bölmeli çoklu erişim

- CDMA yönteminde dar bant sinyal çok yüksek bant genişliğiyle çarpılır. Elde edilen sinyal yayma işlemi yapılmış ve gerekli olandan çok daha yüksek bant genişliğine sahiptir.
- Göndericinin iletmek istediği verinin her bir biti için kullanıcıya atanmış olan kod çarpılır ve elde edilen sinyal modülasyona tabi tutulur. Kullanıcılara kod atanması için PN serileri kullanılır.
- Bu sayılar DSSS yönteminde atanan kod ve FHSS yönteminde frekanslar arasında atlama sırasını belirlemek için kullanılan kod ile aynı özelliklere sahiptir.
- Ancak, CDMA yönteminde aynı frekans bandını çok sayıda kullanıcı eşzamanlı kullandığından seçilen kodların birbirinden ayrılabilmesi için orthogonal olması gereklidir.

38

Kod bölmeli çoklu erişim

- CDMA yöntemi öncelikle askeri uygulamalarda kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde hücresel ağlar başta olmak üzere farklı alanlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.
- Şekilde CDMA yöntemi görülmektedir.



- Kullanıcılara atanan kod ile iletişimler birbirinden ayırt edilir.
- Çok sayıda kullanıcı tarafından aynı anda aynı frekans bandı kullanılabilir.

39

Kod bölmeli çoklu erişim

- CDMA ile yapılan iletişimde eşzamanlı kullanıcı sayısının artması performansı etkilemez.
- Ancak alıcıda alınan sinyalin toplam genliği artmaya başlar.
- CDMA günümüzde kablosuz mobil sistemlerde kullanılmaktadır.
- Hücreler arasında geçişin soft handoff şeklinde yapılmasına olanak sağlar.
- Böylelikle hareketli kullanıcılar tarafından algılanmadan hücreler arasında geçiş yapabilir.
- Ancak, CDMA yönteminde kullanıcılara atanan kodlar tam olarak orthogonal değilse birbirini etkilemektedirler.

40

Ders konuları

- Çoklu erişim yöntemleri
 - Frekans bölmeli çoklu erişim
 - Zaman bölmeli çoklu erişim
- Spektrum yayma yöntemleri
 - Doğrudan sıralı spektrum yayma
 - Frekans atlamalı spektrum yayma
 - Kod bölmeli çoklu erişim
 - Alan bölmeli çoklu erişim
- Yayma kod oluşturulması
 - PN serileri
 - Orthogonal kodlar
 - Walsh kodları

41

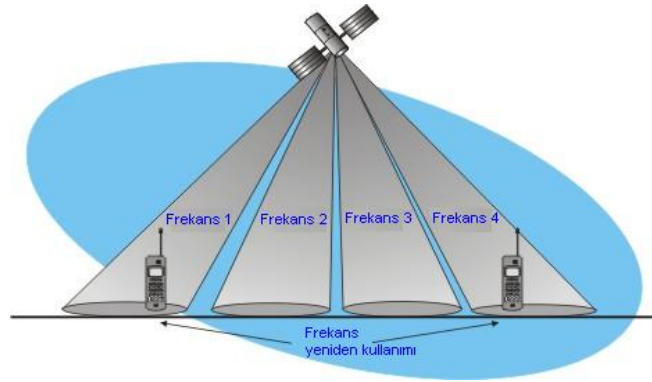
Alan bölmeli çoklu erişim

- SDMA yönteminde alan genişletme yaparak aynı frekans aralığının farklı bölgelerde tekrar tekrar kullanılmasını sağlar.
- Bu bölgeler birbiriyle çakıştıkları zaman bir kullanıcı birden fazla baz istasyonu ile aynı andan iletişime geçebilecektir.
- Mobil kullanıcılar cihazlarıyla bir iletişim başlatacakları zaman çok sayıda baz istasyonundan sinyal alırlar ancak MAC algoritması tarafından en iyi kalitede sinyale sahip olan baz istasyonu seçilir.
- Oluşturulan bölgeler arasında guard space (güvenlik alanı) denilen boşluklar oluşturularak çakışmalar ortadan kaldırılır.
- Bunun için aynı frekansların komşu bölgelerde kullanılmaması yaygın kullanılan yöntemdir.

42

Alan bölmeli çoklu erişim

- Şekilde SDMA yöntemi görülmektedir.



43

Ders konuları

- Çoklu erişim yöntemleri
 - Frekans bölmeli çoklu erişim
 - Zaman bölmeli çoklu erişim
- Spektrum yayma yöntemleri
 - Doğrudan sıralı spektrum yayma
 - Frekans atlamalı spektrum yayma
 - Kod bölmeli çoklu erişim
 - Alan bölmeli çoklu erişim
- **Yayma kod oluşturulması**
 - PN serileri
 - Orthogonal kodlar
 - Walsh kodları

44

Yayma kod oluşturulması

- **Bir yayma kodu binary bit dizisi olarak oluşturulur.** Yayma işlemi ise yayma kodu ile kullanıcının gönderdiği verinin bitlerinin genellikle XOR işlemi sonucunda elde edilir.
- Alıcı tarafından sinyal alındıktan sonra göndericinin kullandığı yayma kodunun aynısı ile tekrar XOR işlemine tabi tutulur ve orijinal sinyal elde edilir.
- İletim ortamında **gönderilen veri oranı yayma kodunda kullanılan bit sayısına bağlıdır.**
- **Yayma kodları oluşturulurken kullanılan frekans bandında gürültü benzeri etki oluşturmaması istenir.**

45

Yayma kod oluşturulması

- Yayma kodlarında **1 ve 0 olan bitlerin sayısının hemen hemen eşit olması, tekrarlayan örüntü olmaması** gibi özellikleri bulundurmaları gerekir.
- **CDMA yönteminde ise kodların birbirleriyle ilişkisinin olmaması gereklidir.**
- Bunun için **kodların orthogonal (dik) olması** yani inner product değerinin 0 olması **gereklidir.**
- PN (Pseudo Noise) serileri ve orthogonal kodlar olarak adlandırılan yayma kodu serisi günümüzdeki uygulamalarda kullanılmaktadır.
- **PN serileri FHSS ve DSSS yöntemlerinde kullanılmaktadır.**
- **Orthogonal kodlar ise CDMA sistemlerinde kullanılmaktadır.**

46

Ders konuları

- Çoklu erişim yöntemleri
 - Frekans bölmeli çoklu erişim
 - Zaman bölmeli çoklu erişim
- Spektrum yayma yöntemleri
 - Doğrudan sıralı spektrum yayma
 - Frekans atlamalı spektrum yayma
 - Kod bölmeli çoklu erişim
 - Alan bölmeli çoklu erişim
- Yayma kod oluşturulması
 - PN serileri
 - Orthogonal kodlar
 - Walsh kodları

47

PN serileri

- En ideal yayma kodları veya serileri rastgele oluşturulan 1 ve 0 bitleriyle elde edilir.
- FHSS ve DSSS yöntemlerinde kullanılan bit serileri için PN (Pseudo Noise) üretici kullanılır.
- PN üretici ile oluşturulan bit serisi tekrarlar ancak rastgele özelliklerine sahiptir.
- Tekrarlama periyodu oluşturulan bit serisindeki bit sayısına eşittir.
- PN üreticinin kullandığı algoritma deterministik çalışır ve istatistiksel olarak rastgele sayı üretmez.

48

PN serileri

- Ancak, **algoritmanın oluşturduğu bit serisi rastgele sayıların özelliklerini taşır** ve rastgele sayıların geçtikleri testleri geçebilir.
- Üçüncü kişiler için oluşturulan PN serisinin tahmin edilme zorluğu rastgele sayıları tahmin etme zorluğuyla aynıdır.
- Bu sayılar **pseudorandom sayılar** veya **pseudonoise seri** olarak adlandırılmaktadır.
- Algoritmanın kullandığı başlangıç değerini ve oluşturulan seriyi sadece alıcı bildiğinden gelen veriyi orijinal haliyle elde edebilir.

49

PN serileri

PN serilerinin özellikleri

- PN serilerinin iki önemli özelliği vardır. Bunlar, **rastgelelik** ve **tahmin edilemezliktir**.
- Bir seri içerisindeki **sayıların diziliminin rastgele özelliğine sahip olması için iki tane kriteri sağlamaları gereklidir**.
- Bunlar,
 - **düzgün dağılımlı olma**
 - **birbirinden bağımsız olma**özellikleridir.

50

PN serileri

Düzgün dağılımlı olma özelliği

- Bir seri içerisindeki **sayıların düzgün dağılımlı olması** içerisindeki **her bir rakamın eşit sayıda yer almasıyla ölçülür.**
- Rastgele oluşturulan sayılar düzgün dağılıma sahiptir.
- Düzgün dağılımlı olması için genellikle **dengeli (balance) olma özelliği** ile **ardarda gelme (run length) özelliğine** bakılır.

Dengeli olma

- Elde edilen PN serisinin içindeki **belirli uzunluktaki bit serisi içerisindeki rakamların sayıları orantılı olmalıdır.**
- Binary sayılar için bu değer binary 1 için toplam uzunluğun yarısı şeklinde olmalıdır.

51

PN serileri

Ardarda gelme

- Oluşturulan PN serisi içerisinde **yan yana gelen aynı sayının uzunluğu arttıkça ardarda gelme sıklığı azalmalıdır.**
- İçerisinde **iki tane yan yana gelen aynı bit sayısı** yan yana gelen aynı **üç tane bit sayısından çok fazla olmalıdır.**
- PN serisinin **yarısının run length değeri 1, dörtte birinin run length değeri 2, sekizde birinin run length değeri 3, ...** şeklinde olmalıdır.

52

PN serileri

Bağımsız olma özelliği

- PN serisi içerisindeki **herhangi bir değer diğerleri kullanılarak tahmin edilemez** şekilde **olmalıdır**.
- Yani bir seri içerisindeki sayıların önceki veya sonrakilerle ilişkilendirilmeleri mümkün olmamalıdır.
- Spektrum yayma yöntemlerinde kullanılan PN serilerinde **korelasyon özelliği** olması da istenir.

Korelasyon özelliği

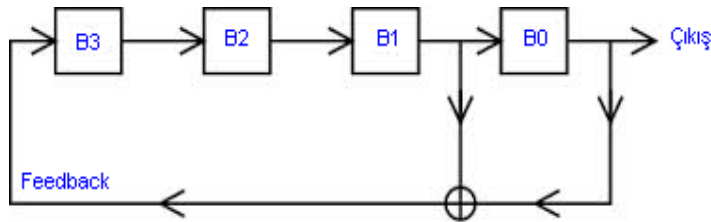
- Bir PN serisinin belirli bir uzunluktaki kısmı alınıp PN serisinde **sola veya sağa belirli miktar kaydırıldığında** üst üste gelen bitlerde **aynı olanlar ile farklı olanların sayıları birbirine eşit olmalıdır**.

53

PN serileri

PN Serisi oluşturma

- PN üretici olarak **XOR kapı devreleriyle birlikte** kullanılan **kaydırmalı kayıtlar (shift register)** kullanılır.
- Bu devreler **Linear Feedback Shift Register (LFSR)** olarak adlandırılır.
- LFSR birden fazla biti saklamak için kullanılan kayıtlar ve bu bitlerin işleme tabi tutulması için XOR kapı devreleri ile çıkışa doğru kaydırılması için gerekli yapıya sahiptir. Şekilde PN serisi oluşturmak için kullanılan örnek bir LFSR devresi görülmektedir.



54

PN serileri

PN Serisi oluşturma-devam

- Şekilde toplam **dört bit kayıtçı** ve bir XOR kapı devresi bulunmaktadır.
- Her durum için her kayıtçının sakladığı bit yeniden hesaplanmaktadır.
- B0 ile B1 kayıtçıların değerleri XOR işlemine tabi tutularak B3 kayıtçısına giriş olarak verilmektedir.
- Oluşturulan **LFSR devresinden elde edilen çıkış PN serisini oluşturmaktadır.**
- Farklı başlangıç durumları için farklı PN serisi elde edilebilmektedir.

55

PN serileri

PN Serisi oluşturma-devam

- Tabloda 0100 başlangıç durumu için elde edilen PN serisi verilmiştir.

Durum	B3	B2	B1	B0	B1 XOR B0	Çıkış
0	0	1	0	0	0	0
1	0	0	1	0	1	0
2	1	0	0	1	1	1
3	1	1	0	0	0	0
4	0	1	1	0	1	0
5	1	0	1	1	0	1
6	0	1	0	1	1	1

7	1	0	1	0	1	0
8	1	1	0	1	1	1
9	1	1	1	0	1	0
10	1	1	1	1	0	1
11	0	1	1	1	0	1
12	0	0	1	1	0	1
13	0	0	0	1	1	1
14	1	0	0	0	0	0
15	0	1	0	0	0	0

56

Ders konuları

- Çoklu erişim yöntemleri
 - Frekans bölmeli çoklu erişim
 - Zaman bölmeli çoklu erişim
- Spektrum yayma yöntemleri
 - Doğrudan sıralı spektrum yayma
 - Frekans atlamalı spektrum yayma
 - Kod bölmeli çoklu erişim
 - Alan bölmeli çoklu erişim
- Yayma kod oluşturulması
 - PN serileri
 - **Orthogonal kodlar**
 - Walsh kodları

57

Orthogonal kodlar

- **Orthogonal kodlar birden fazla bit serileridir.**
- Her ikili bit serisinin kendi arasındaki çapraz ilişkisi sıfır olmalıdır.
- Yani, iki bit serisinin inner product değeri sıfır olmalıdır. Aşağıdaki eşitlikte, α ve β iki ayrı bit serisini göstermektedir.

$$\sum_{i=0}^{n-1} \alpha_i \beta_i = 0$$

- Burada, n bit serilerinin uzunluğunu göstermektedir.
- CDMA uygulamalarında kullanılan bit sayıları değişen uzunluklarda olabilmektedir.

58

Orthogonal kodlar

- Üç kullanıcıya aşağıdaki kodlar atansın.

User A	1	-1	-1	1	-1	1
User B	1	1	-1	-1	1	1
User C	1	1	-1	1	1	-1

- A kullanıcısının binary 1 (kendi kodu) ve binary 0 (kendi kodunun tersi) bitleri için gönderdiği bit dizileri aşağıdaki gibidir.

Transmit (data bit = 1)	1	-1	-1	1	-1	1	
Receiver codeword	1	-1	-1	1	-1	1	
Multiplication	1	1	1	1	1	1	= 6

Transmit (data bit = 0)	-1	1	1	-1	1	-1	
Receiver codeword	1	-1	-1	1	-1	1	
Multiplication	-1	-1	-1	-1	-1	-1	= -6

59

Orthogonal kodlar

User A	1	-1	-1	1	-1	1
User B	1	1	-1	-1	1	1
User C	1	1	-1	1	1	-1

- A'dan veri (receiver codeword) beklerken B'den gelen binary 1 (transmit data bit =1) üzerindeki işlem sonucu.

Transmit (data bit = 1)	1	1	-1	-1	1	1	
Receiver codeword	1	-1	-1	1	-1	1	
Multiplication	1	-1	1	-1	-1	1	= 0

- B'den veri (receiver codeword) beklerken C'den gelen binary 1 (transmit data bit =1) üzerindeki işlem sonucu.

Transmit (data bit = 1)	1	1	-1	1	1	-1	
Receiver codeword	1	1	-1	-1	1	1	
Multiplication	1	1	1	-1	1	-1	= 2

60

Orthogonal kodlar

User A	1	-1	-1	1	-1	1
User B	1	1	-1	-1	1	1
User C	1	1	-1	1	1	-1

- B'den veri (receiver codeword) beklerken B'den ve C'den gelen binary 1 (transmit data bit =1) üzerindeki işlem sonucu.

B (data bit = 1)	1	1	-1	-1	1	1	
C (data bit = 1)	1	1	-1	1	1	-1	
Combined signal	2	2	-2	0	2	0	
Receiver codeword	1	1	-1	-1	1	1	
Multiplication	2	2	2	0	2	0	= 8

61

Ders konuları

- Çoklu erişim yöntemleri
 - Frekans bölmeli çoklu erişim
 - Zaman bölmeli çoklu erişim
- Spektrum yayma yöntemleri
 - Doğrudan sıralı spektrum yayma
 - Frekans atlamalı spektrum yayma
 - Kod bölmeli çoklu erişim
 - Alan bölmeli çoklu erişim
- Yayma kod oluşturulması
 - PN serileri
 - Orthogonal kodlar
 - Walsh kodları

62

Walsh kodları

- Walsh kodları kolay ve hızlı bir şekilde oluşturulabildiği için günümüzde CDMA uygulamalarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.
- Walsh kodları Walsh matrisleri kullanılarak oluşturulur.**
- Aşağıda görüldüğü gibi kolaylıkla boyutu artırılabilir ve çok sayıda orthogonal kod oluşturulabilir.

$$W_1 = (0)$$

$$W_{2n} = \begin{bmatrix} W_n & W_n \\ W_n & \overline{W_n} \end{bmatrix}$$

63

Walsh kodları

- Walsh matrisleri her bir satırdaki kodların diğer satırlarla orthogonal olmasını sağlar.
- Walsh matrislerinde sağ alt kısımdaki parça bir önceki boyuttaki matrisin elemanlarının bit değerinin tersine, diğer kısımlarda ise aynısına sahiptir.
- Aşağıda 1x1, 2x2, 4x4 ve 8x8 Walsh matrisleri görülmektedir.

$$W_1 = (0) \quad W_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad W_4 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad W_8 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

64