

Dr. Sadık YILDIZ

sadikyildiz06@gmail.com

**Gazi Üniversitesi
Elektrik Elektronik Mühendisliği
(Teknoloji Fakültesi)**

2025– ANKARA

7. Çoğullama ve Çoklu erişim

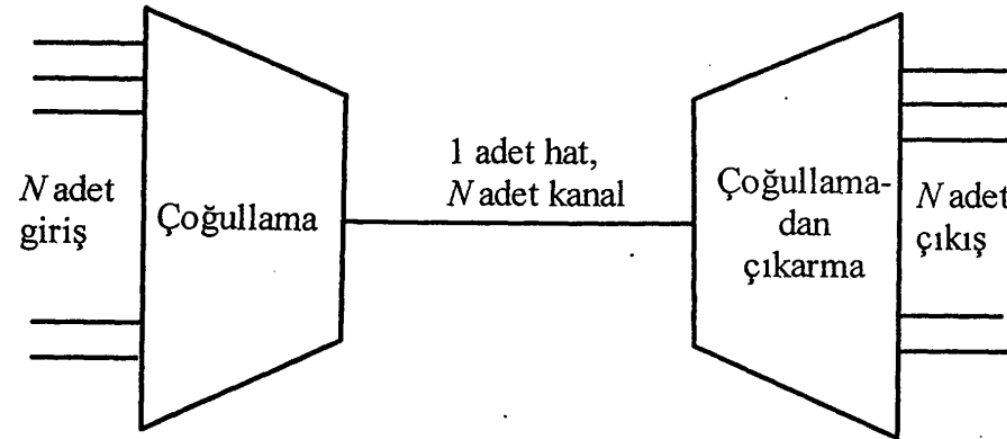
Bu bölümde çoğullama ve çoklu erişim yöntemleri ele alınmaktadır.

- Frekans bölüşümlü çoklu erişim (FDMA)
- Zaman bölüşümlü çoklu erişim (TDMA)
- Kod bölüşümlü çoklu erişim (CDMA)
 - Frekans atlamalı yayılı spektrum (FHSS)
 - Doğrudan dizilerle yayılı spektrum (DSSS)
- Uzay bölüşümlü çoklu erişim (SDMA) yöntemlerinin

SAYISAL HABERLEŞME

7. Çoğullama ve Çoklu erişim

- Çoğullama ve çoklu erişimin temel mantığı, *birden fazla işaretin tek bir haberleşme ortamını beraber kullanmasına dayanmaktadır.*
- Doğal olarak, aynı haberleşme ortamından birden fazla işaret gönderildiğinde işaretlerin birbirine karışmasının önlenmesi (veya en azından karışmanın olabildiğince düşük seviyede tutulması) ve her alıcı için istenen işaretin tekrar ayrıştırılabilmesi önem kazanmaktadır.
- Çoğullama veya çoklu erişim sisteminin mantığı Şekil 7.1'de gösterilmektedir.



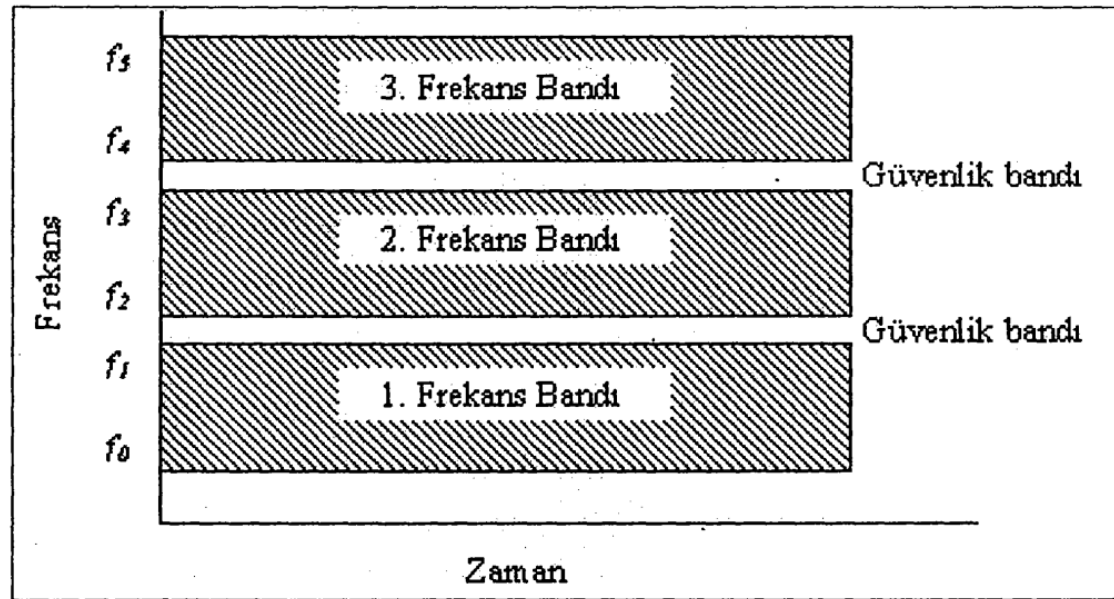
Şekil 7.1. Çoğullama ve çoğullamadan çıkarma.

SAYISAL HABERLEŞME

7. Çoğullama ve Çoklu erişim

7.1. Frekans Bölüşümlü Çoklu Erişim (FDMA)

- *Frekans Bölüşümlü Çoğullama (FDM)* ve *Frekans Bölüşümlü Çoklu Erişim (FDMA)*, frekans bandı paylaşımı ile haberleşme kaynaklarının ortak kullanılmasını öngörmektedir.
- FDMA yönteminde, her işaretin iletimi için farklı bir frekans bandı kullanılarak birden fazla işaretin birbirine karışmadan aynı haberleşme ortamından iletilmesi mümkün olmaktadır.
- Frekans bandının bölüşümlü olarak kullanılması Şekil 7.2'de bir haberleşme kaynağının frekans-zaman uzayı paylaşımı biçiminde gösterilmektedir.



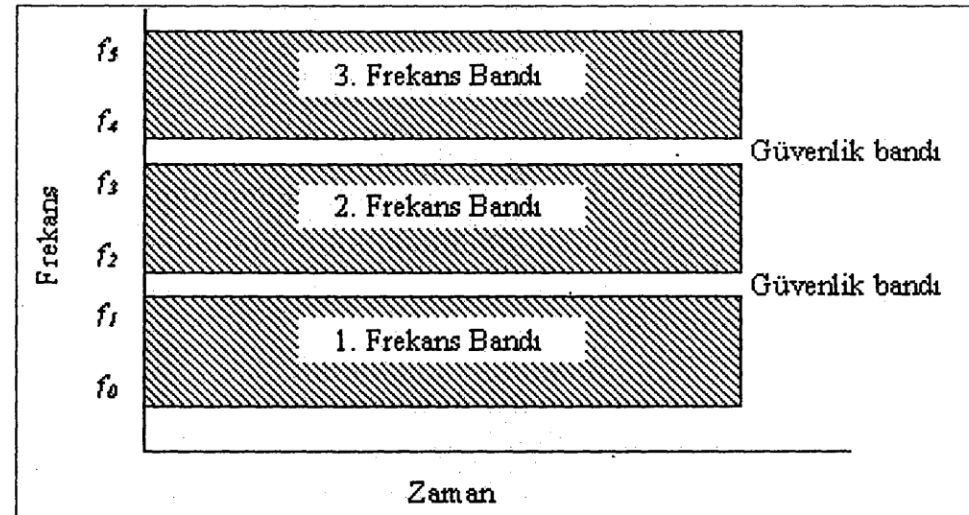
Şekil 7.2. FDM/FDMA sisteminde haberleşme kaynaklarının ortak kullanımı.

SAYISAL HABERLEŞME

7. Çoğullama ve Çoklu erişim

7.1. Frekans Bölüşümlü Çoklu Erişim (FDMA)

- Frekans spektrumu, belirli sayıdaki frekans bandına bölünmekte ve kullanıcıların iletim ihtiyacına göre kullanabilecekleri frekans bantları (haberleşme kanalları) atanmaktadır.
- Örneğin, Şekil 7.2'de, frekans bantları arasında işaretlerin birbirine karışmadan geri ayrıştırılabilmesine olanak sağlayan **güvenlik bantları bırakılmakta** ve
- f_0 ve f_1 frekansları arası birinci bant, f_2 ve f_3 frekansları arası ikinci bant ve f_4 ve f_5 frekansları arası üçüncü bant olarak belirlenerek aynı anda üç farklı işaretin iletimi sağlanabilmektedir.
- FDMA sisteminde, frekans bantları genelde kullanıcı ihtiyacına bağlı olarak uzun süreli veya kalıcı olarak ayrılmaktadır.



Şekil 7.2. FDM/FDMA sisteminde haberleşme kaynaklarının ortak kullanımı.

SAYISAL HABERLEŞME

7. Çoğullama ve Çoklu erişim

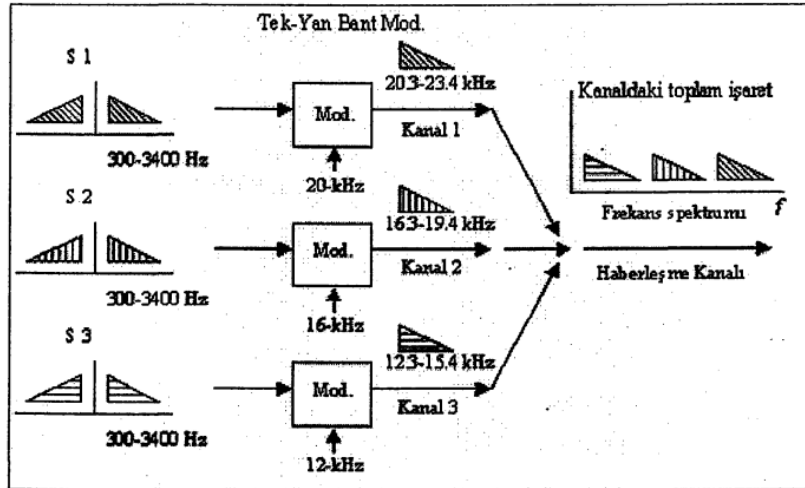
7.1. Frekans Bölüşümlü Çoklu Erişim (FDMA)

Örnek 7. 1:

Analog bilgi işaretlerinin FDMA ile çoğullanması işleminde tek-yan bant modülasyonu etkin bir çözüm sunmaktadır. Frekans spektrumları 3.4 kHz bandında sınırlandırıldıktan sonra tek-yan bant modülasyonu ve FDMA ile üç adet ses işaretinin aynı haberleşme ortamından birbirilerine karışmadan iletilebileceğini gösteriniz.

Cözüm:

Tek-yan bant modülasyonunda, taşıyıcı frekansına modüle edilmiş işaretin bir yan bantı bant-geçiren süzgeç ile alınarak diğer yan bantı atılmakta ve bu sayede frekans spektrumu açısından verimli bir analog iletim sağlanabilmektedir. Şekil 7.3'de tek-yan bant modülasyonu ile frekans spektrumunda bir çakışma yaşanmaması için güvenlik bantları bırakılacak şekilde belirlenen taşıyıcı frekansları kullanılarak spektrumları 3.4 kHz frekansına sınırlandırılmış üç adet ses işaretinin haberleşme kanalından FDMA ile iletimi gösterilmektedir. Frekans uzayında bir çakışma olmaması için örnek olarak 12, 16 ve 20 kHz taşıyıcı frekansları kullanılabilir.



Şekil 7.3. Üç adet sürekli zaman işaretinin FDM ile kanal paylaşımı.

Frekans bölüşümlü çoklu erişimin üstünlükleri

- sistemin çok basit ve kolay tasarlanabilir olması,
- zaman paylaşımı olmayıp tüm süre tek bir işaretin iletimine ayrıldığından sayısal modülasyonlarda sembol zaman diliminin daha fazla olması ve bunun sonucunda simgelerarası karışmanın (ISI) daha az etki yapması,
- iletim sürekli olduğundan eşzamanlamanın kolay olup, çerçeve yapısı ve eşzamanlama için gönderilmesi gereken kontrol verisinin oldukça az olması,

olarak sayılabilmektedir.

Frekans bölüşümlü çoklu erişimin sakıncaları

- frekans spektrumunda bırakılması gereken güvenlik bantlarının haberleşme kaynaklarının israfına neden olması,
- haberleşme kaynaklarının paylaşım biçimi kolay bir şekilde değiştirilemediğinden yöntemin esnek olmaması,
- frekans bandının kullanıcılara atanması sonucunda bir kullanıcı iletim yapmasa dahi, ilgili kanalın daha yüksek bant genişliğine ihtiyaç duyan başka kullanıcılar tarafından kullanılmasının mümkün olmaması,
- güvenlik bantlarının dar tutulabilmesi için yüksek maliyetli dar bantlı süzgeçlere ihtiyaç duyulması,

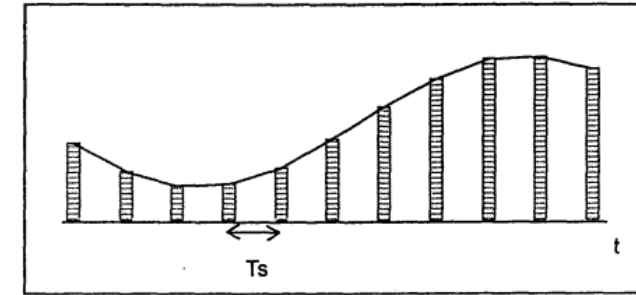
olarak sayılabilmektedir.

SAYISAL HABERLEŞME

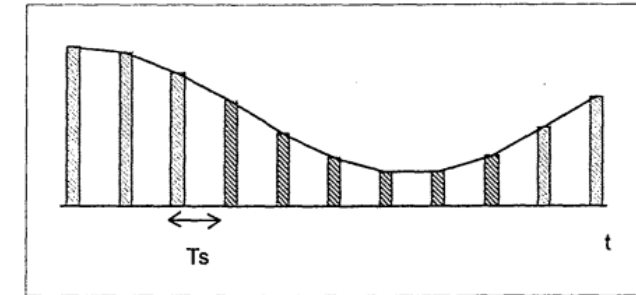
7. Çoğullama ve Çoklu erişim

7.2. Zaman Bölüşümlü Çoklu Erişim (TDMA)

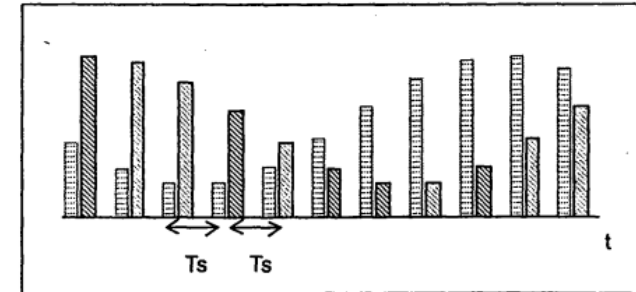
- Zaman bölüşümlü çoğullama (TDM) ve zaman bölüşümlü çoklu erişim (TDMA) yaklaşımında *sayısal işaretlerin örnekleri arasındaki zaman aralığının diğer işaretlerin örneklerinin iletimi için değerlendirilmesi sayesinde zaman temelli paylaşım sağlanmakta*
- Bunun sonucunda *haberleşme kaynaklarının ortak kullanılmasına olanak tanınmaktadır.*
- Şekil 7.4'te gösterilen TDMA yönteminin mantığı, işaret örneklerinin zaman uzayında çoğullanarak sırayla iletilmesine dayanmaktadır.



(a) Örneklenen birinci işaret



(b) Örneklenen ikinci işaret



(c) İki işaretin TDMA ile çoğullanması sonucu elde edilen işaret.

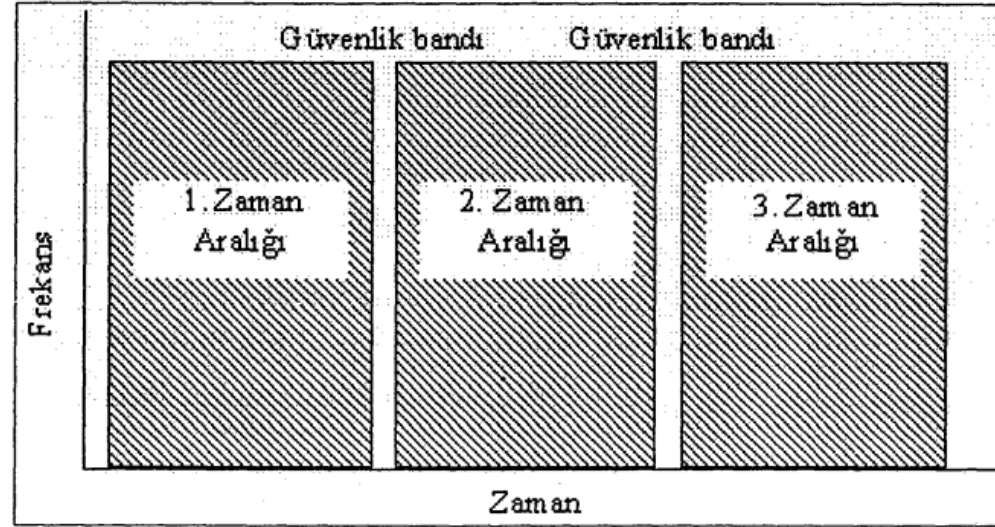
Şekil 7.4. İki sayısal işaretin TDMA ile çoğullanmasına örnek.

SAYISAL HABERLEŞME

7. Çoğullama ve Çoklu erişim

7.2. Zaman Bölüşümlü Çoklu Erişim (TDMA)

- TDMA sisteminde Şekil 7.5'de görüldüğü gibi *zaman uzayı zaman dilimlerine bölünmekte*.
- Her bir sayısal işaret için farklı bir zaman diliminin kullanılması sonucu *haberleşme kaynağının ortak kullanımı sağlanırken* aynı zamanda *işaretlerin birbirlerine karışması önlenmektedir*.
- Bu sayede birden fazla sayısal işaretin *aynı frekanstan farklı zaman dilimleri* kullanarak iletim yapmasına olanak tanınmaktadır.
- Olası küçük *senkronizasyon hatalarına karşı*, şart olmamakla beraber, zaman dilimleri arasında *güvenlik bantları* bırakılabilmektedir.



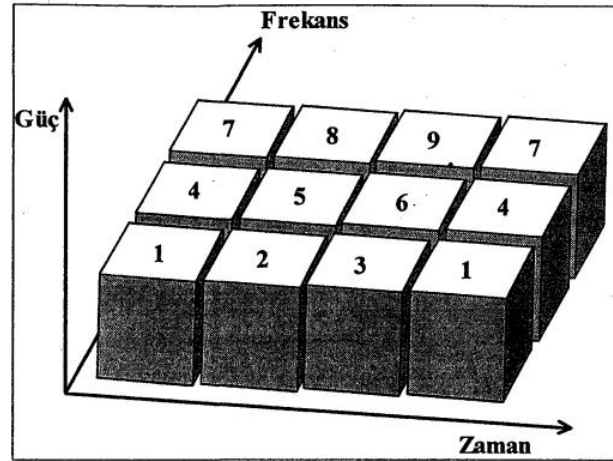
Şekil 7.5. TDM/TDMA sisteminde haberleşme kaynaklarının ortak kullanımı.

SAYISAL HABERLEŞME

7. Çoğullama ve Çoklu erişim

7.2. Zaman Bölüşümlü Çoklu Erişim (TDMA)

- Çift-yönlü iletim gerektiren haberleşme sistemlerinde bir yön için bir zaman-dilimi,
- Diğer yön için aynı frekanstaki farklı bir zaman dilimi kullanılması yaklaşımı *zaman-bölüşümlü çift-yönlü (TDD)* iletim olarak adlandırılmakta
- Bu sistemler *TDMA/TDD* şeklinde gösterilmektedir.
- Bir yön için bir frekanstaki zaman-dilimi, diğer yön için farklı bir frekanstaki (çoğunlukla aynı) zaman-diliminin kullanılması yaklaşımı ise *frekans-bölüşümlü çift-yönlü (FDD)* iletim olarak adlandırılmakta
- Bu sistemler TDMA/FDD biçiminde gösterilmektedir. Örneğin GSM sistemi TDMA/FDD yaklaşımını, DECT sistemi ise TDMA/TDD yaklaşımını kullanmaktadır.



Şekil 7.7. Karma FDMA/TDMA sisteminde haberleşme kaynaklarının ortak kullanımı.

SAYISAL HABERLEŞME

7. Çoğullama ve Çoklu erişim

7.2. Zaman Bölüşümlü Çoklu Erişim (TDMA)

Zaman bölüşümlü çoklu erişimin üstünlükleri

- esnek iletim oranlarının destekleniyor olması (örneğin 32kbps zaman-dilimleri bulunduğunda 64kbps hızında bir kullanıcıya iki adet zaman-dilimi tahsis edilebilmektedir),
- değişken bit hızı iletimlerine uygun olması (her kullanıcıya tahsis edilen zaman-dilimi sayısı çerçeveden çerçeveye değiştirilebilmektedir),
- süzgeç kullanımının daha esnek olması,

olarak sayılabilmektedir.

Zaman bölüşümlü çoklu erişimin sakıncaları

- kesin bir eşzamanlamaya gereksinim duyulması,
- zamanlama hataları veya gecikme değişimlerine karşı bilgi iletiminin yapılmadığı güvenlik sürelerine (veya güvenlik bitlerine) gereksinim olması,
- iletim hızı arttığından uyarlanır denkleştirmeye ihtiyaç duyulması

olarak sayılabilmektedir.

7. Çoğullama ve Çoklu erişim

7.2. Zaman Bölüşümlü Çoklu Erişim (TDMA)

■ Örnek 7. 2:

3600 bps oranında bir işaret, bir adet 1200 bps, iki adet 600 bps, bir adet 300 bps ve bir miktar 150 bps'lik işaretin TDM ile çoğullanması sonucu elde edilmektedir. Çoğullayıcı (MUX), her 49 veri karakterinden sonra bir eşzamanlama karakteri eklemekte ve çıkışın yüzde ikisini de kontrol bilgisi için kullanmaktadır. Bu durumda çoğullamada en fazla kaç adet 150 bps'lik işaret kullanılabileceğini bulunuz.

Çözüm:

MUX, çıkışın yüzde ikisini kontrol bilgisi için kullandığına göre, $3600 \times 0.02 = 72$ bit/s kontrol bilgisi için kullanılmaktadır. Geriye $3600 - 72 = 3528$ bit/s kalmaktadır. MUX, ayrıca 49 veri karakterinden sonra bir eşzamanlama karakteri eklediğine göre geriye kalanın yüzde ikisi de doğrudan eşzamanlama için kullanılmaktadır. Dolayısıyla $3528 \times 0.02 = 70.56 = 71$ bit/s eşzamanlama için kullanılmaktadır. Geriye $3528 - 71 = 3457$ bit/s, bilgi için kalmaktadır. Bilinen kaynaklar dikkate alındığında $3457 - 1200 - 600 \times 2 - 300 = 757$ bit/s veri 150 bps'lik kaynaklara kalmaktadır. Bu nedenle $707 / 150 = 5.05$, yani en fazla 5 adet 150 bps'lik kaynak kullanılabilmektedir.

Bu durumda 150 bps hızında çoğullama yapıldığı takdirde her çoğullama için 1200 bps'lik kaynaktan 8 karakter, 600 bps'lik iki adet kaynağın her birinden 4 karakter, 300 bps'lik kaynaktan 2 karakter, ve 150 bps'lik kaynaklardan birer karakter alınabilmektedir. Kaynaklar; 1200: K1, 600: K2, 600: K3, 300: K4, 150: K5, 150: K6, 150: K7, 150: K8, 150: K9 şeklinde isimlendirilecek olursa, çoğullama sırasındaki her çerçeve aşağıdaki gibi oluşmaktadır:

1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Not: 150 bps'de çoğullama yerine birden fazla çoğullama seviyesi kullanılarak çokseviyeli bir çoğullama da yapılabilmektedir.



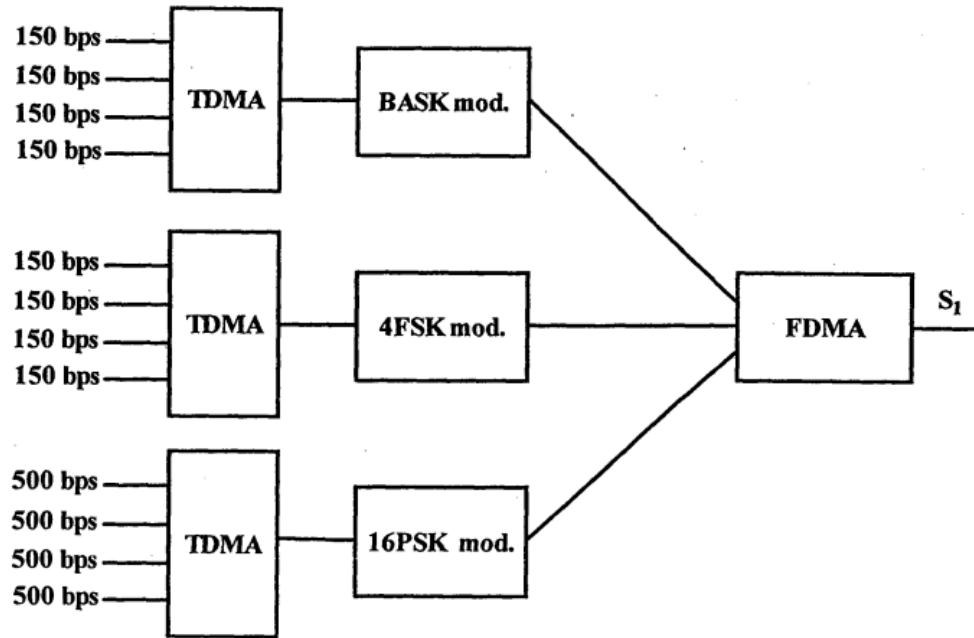
SAYISAL HABERLEŞME

7. Çoğullama ve Çoklu erişim

7.1. Zaman Bölüşümlü Çoklu Erişim (TDMA)

Örnek 7.3:

Şekil 7.8’de gösterilen sistemde, frekans spektrumunda bir çakışma olmadan iletim yapılması istendiğinde S_1 işaretinin kaplayacağı en düşük bant genişliğini bulunuz.



Şekil 7.8. Örnek 7.3. için çoğullama ve çoklu erişim sistemi.

Cözüm:

BASK ile iletilecek işaretlerin TDMA sonrası iletim hızı $r_b = 4 \times 150 = 600$ bps olmaktadır. Bu durumda bit-zaman dilimi $T_b = 1/600$ saniye olarak bulunmakta ve BASK işaretinin bant genişliği $B_{BASK} = 2/T_b = 1200$ Hz olarak elde edilmektedir.

4FSK ile iletilecek işaretlerin TDMA sonrası iletim hızı $r_b = 4 \times 150 = 600$ bps olmaktadır. İletim için bitler $k = \log_2 M = \log_2 4 = 2$ ’şerli olarak gruplandığından sembol iletim oranı $r_s = r_b / 2 = 300$ baud olmaktadır. En düşük bant genişliği için 4FSK sistemi ilinti diyagramının ilk sıfır geçişinde çalıştırılacak olursa, taşıyıcılar arası frekans farkı $f_{i+1} - f_i = 1/(2T_s) = 150$ Hz olmaktadır. Bu nedenle 4FSK için gerekli bant genişliği $B_{4FSK} = (M-1)(f_{i+1} - f_i) + 2/T_s = 3 \times 150 + 600 = 1050$ Hz olarak bulunmaktadır. Eğer 4FSK taşıyıcı spektrumlarının da frekans uzayında çakışması istenmiyorsa, taşıyıcı ilinti diyagramının en az dördüncü sıfır geçişi kullanılmalıdır ve bu durumda iletim için gerekli bant genişliği artmaktadır.

16PSK ile iletilecek işaretlerin TDMA sonrası iletim hızı ise $r_b = 4 \times 500 = 2000$ bps olmaktadır. İletim için bitler $k = \log_2 M = \log_2 16 = 4$ ’erli olarak gruplandığından sembol iletim oranı $r_s = r_b / 4 = 500$ baud olarak bulunmaktadır. Bu nedenle 16PSK bant genişliği $B_{16PSK} = 2/T_s = 1000$ Hz olarak elde edilmektedir.

BASK, 4FSK ve 16PSK işaretleri FDMA ile frekans uzayında çoğullandığından FDMA işaretinin toplam bant genişliği $B_{S_1} = B_{BASK} + B_{4FSK} + B_{16PSK} = 3250$ Hz olarak bulunmaktadır.

SAYISAL HABERLEŞME

7. Çoğullama ve Çoklu erişim

7.3. Kod Bölüşümlü Çoklu Erişim (CDMA)

- Kod Bölüşümlü Çoklu Erişim (CDMA) sisteminde kullanıcılar, *bant genişliğinin tamamını* zamanın tümünde kullanabilmektedir.
- Bu özelliği ile CDMA, frekans bandının bir kısmına erişim sağlayan FDMA ile zamanın sadece bir kısmında iletme izin veren TDMA sisteminden oldukça farklıdır.
- *CDMA sisteminde tüm kullanıcılar bant genişliğinin tamamını bütün süre boyunca kullanabilirken,* kullanıcılar arasında *ayırt edicilik sağlamak için kodlar* kullanılmaktadır.
- Kullanıcılara tipik olarak *dikgen kodlar atanması sayesinde* kullanıcı işaretleri birbirinden ayrıştırılabilmektedir.
- Çoklu erişim için kullanılan *kod sözcüğünün hem verici hem de alıcı tarafından bilinmesi gerekmektedir.*
- İletim esnasında işaretin frekans bileşenlerini daha geniş *bir frekans bandına yayan yöntemler* genel olarak *yayılı spektrum yöntemleri* olarak adlandırılmaktadır.
- Kod bölüşümlü çoklu erişim için genelde yayılı spektrum yöntemleri kullanılmaktadır.
- Kod bölüşümlü çoğullama için tipik olarak
 - Frekans Atlamalı Yayılı Spektrum (FHSS, FH-CDMA)
 - Doğrudan Dizilerle Yayılı Spektrum (DSSS, DS-CDMA)

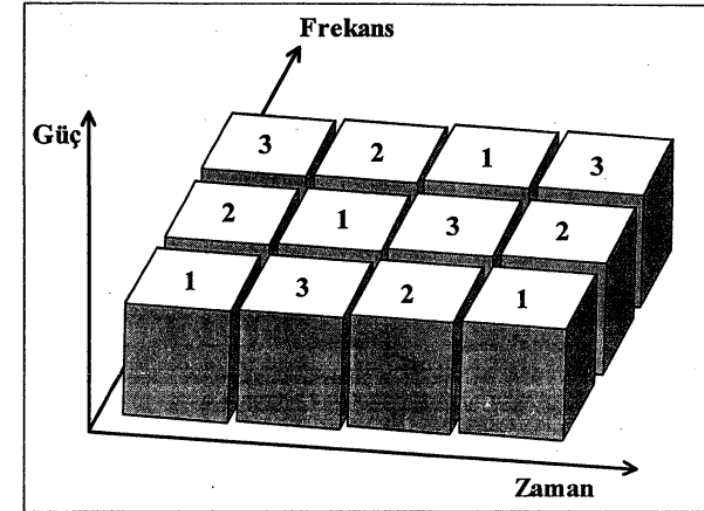
SAYISAL HABERLEŞME

7. Çoğullama ve Çoklu erişim

7.3. Kod Bölüşümlü Çoklu Erişim (CDMA)

➤ Frekans Atlamalı Yayılı Spektrum (FHSS, FH-CDMA)

- Frekans atlamalı yayılı spektrum yönteminde iletim bant genişliği çok sayıda örtüşmeyen frekans dilimlerine (frekans bantlarına) ayrılmaktadır.
- Kullanıcı, bir frekans bandından belirli bir süre iletim yaptıktan sonra başka bir frekans bandına atlamakta ve iletimini o frekanstan sürdürmekte, belirli bir süre sonra ise tekrar farklı bir frekansa atlamaktadır.
- Haberleşme kaynaklarının frekans atlamalı yayılı spektrum ile paylaşımı Şekil 7.9'da gösterilmektedir.



Şekil 7.9. FHSS sisteminde haberleşme kaynaklarının ortak kullanımı.

SAYISAL HABERLEŞME

7. Çoğullama ve Çoklu erişim

7.3. Kod Bölüşümlü Çoklu Erişim (CDMA)

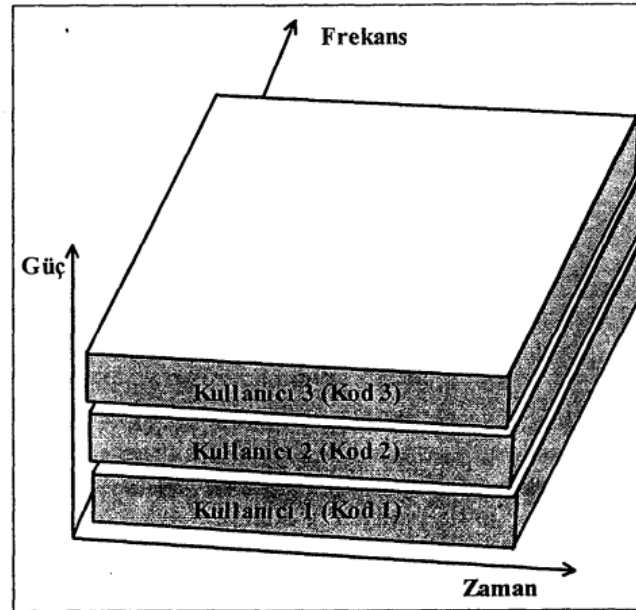
➤ Frekans Atlamalı Yayılı Spektrum (FHSS, FH-CDMA)

- Her kullanıcıya, zaman içerisinde *hangi frekans bandından iletim yapacağını gösteren* ve
- Sözde-rasgele değişen (rasgele değişiyormuş gibi gözükse fakat esasında belirli bir kurala göre değer değiştiren) bir sözde-gürültü (PN) kodu atanmaktadır.
- Farklı kullanıcılara atanan farklı PN kodları, çoğunlukla kullanıcıların *aynı anda aynı frekansta bulunmasını engelleyecek şekilde* frekans paylaşımını gerçekleştirmektedir.
- Verici ve alıcının, eşzamanlama için aynı PN kodu ile çalışması, ve çoğunlukla tahsis edilen PN kodunun sistem tarafından çağrı kurulumu aşamasında verici ve alıcıya bildirilmesi gerekmektedir.
- Tahsis edilen PN koduna bağlı olarak iletim yapılacak frekansları üretmek üzere alıcı ve vericide frekans üreteçleri kullanılmaktadır.
- İletimi sona eren kullanıcıların PN kodları boşa alınarak yeni ilettime başlayacak kullanıcılara tahsis edilebilmektedir.
- Kullanıcılar, eşzamanlı olarak atlama yaptıkları takdirde iki kullanıcının aynı anda aynı frekansta iletim yapması engellenebilmektedir.
- Eşzamansız atlamaya izin veren sistemlerde ise frekans çakışması meydana gelebilmektedir. Fakat, bu sistemlerde kullanıcılar arası sıkı bir eşzamanlamaya gereksinim olmaması ve sisteme yeni katılan bir kullanıcının doğrudan ilettime başlayabilmesi eşzamansız frekans atlamaya üstünlük sağlamaktadır.

SAYISAL HABERLEŞME

7.3. Kod Bölüşümlü Çoklu Erişim (CDMA)

- Doğrudan Dizilerle Yayılı Spektrum (DSSS)
- Her Doğrudan dizilerle yayılı spektrum yönteminde bilgi işareti daha yüksek bir veri oranına sahip yayma işareti (PN kodu) ile çarpılmaktadır.
- Çarpım sonucunda *veri oranı arttığından bant genişliği de artmakta ve frekans spektrumunda yayılma meydana gelmektedir.*
- Kullanıcılar, *yayma için farklı kodlar kullanılması* sayesinde haberleşme ortamını beraber kullanabilmektedir.
- DSSS için haberleşme kaynaklarının ortak kullanımı Şekil 7.10'da gösterilmektedir.

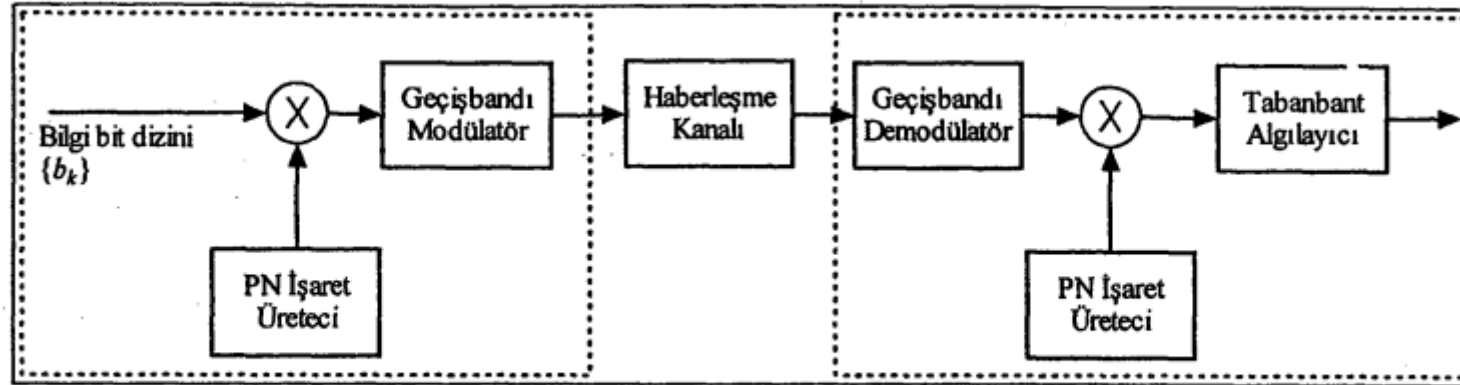


Şekil 7.10. DSSS sisteminde haberleşme kaynaklarının ortak kullanımı.

SAYISAL HABERLEŞME

7.3. Kod Bölüşümlü Çoklu Erişim (CDMA)

- Doğrudan Dizilerle Yayılı Spektrum (DSSS)
- Şekil 7.11'de gösterildiği gibi, doğrudan dizilerle yayılı spektrum yönteminde *bilgi işareti vericide PN kodu ile çarpılmakta* ve *sonrasında modülasyon* gerçekleştirilmektedir.
- Alıcıda alınan işaret *aynı PN kodu ile çarpıldıktan* sonra çözümleme gerçekleştirilmektedir.

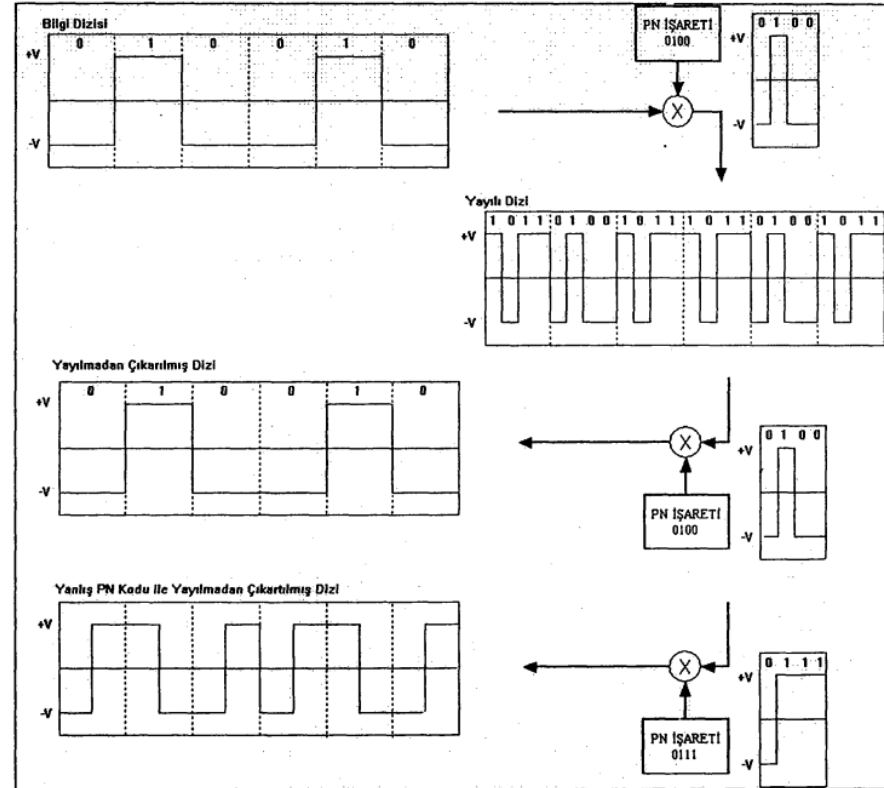


Şekil 7.11. Doğrudan dizilerle yayılı spektrum (DDSS) sistemi.

SAYISAL HABERLEŞME

7.3. Kod Bölüşümlü Çoklu Erişim (CDMA)

- Doğrudan Dizilerle Yayılı Spektrum (DSSS)
- .



Şekil 7.12. Bir dizinin DSSS ile yayılması ve yayılmadan çıkartılması.

SAYISAL HABERLEŞME

7.3. Kod Bölüşümlü Çoklu Erişim (CDMA)

- Doğrudan Dizilerle Yayılı Spektrum (DSSS)
- .

■ Örnek 7. 4:

64 kbit/s oranında sayısal bir bilgi işareti, 8 bitlik yayma kodları kullanılan bir DSSS sisteminde BPSK ile iletilmektedir. İletim için gerekli bant genişliğini bulunuz.

Çözüm:

Bilgi işaretinin her biti, 8 bitlik bir yayma kodu ile çarpıldığından yayılmış işaretin ikili veri oranı $r_b = 64 \times 8 = 512$ kbit/s olarak bulunmaktadır. BPSK modülasyonu için iletim bant genişliği $B_{\text{BPSK}} = 2/T_b = 1024 \text{ kHz} \approx 1 \text{ MHz}$ olarak elde edilmektedir.



SAYISAL HABERLEŞME

7.3. Kod Bölüşümlü Çoklu Erişim (CDMA)

➤ Doğrudan Dizilerle Yayılı Spektrum (DSSS)

➤ 7.4.4. CDMA Yönteminin Üstünlükleri ve Sakıncaları

Kod bölüşümlü çoklu erişimin üstünlükleri

- bozucu (veya boğucu) etkilere karşı dayanıklı olması (alıcıda yayma kodu ile çarpım sonucunda dar bantlı bozucu veya boğucu işaretler yayılmaktadır)
- çok-yolluluğa dayanıklı olması (aynı işaretin geciktirilmiş biçimi düşük öz-ilinti durumunda etki etmemektedir)
- çok-yolluluktan faydalanarak çok-yollu işaretlerin birleştirilmesi sayesinde alınan işaret gücünün artırılabilir olması (tırmık alıcısı kullanılarak çok-yollu işaret gecikmeleri tespit edilebilmekte ve bu işaretler uygun şekilde birleştirilerek alınan işaret daha güçlü hale getirilebilmektedir)
- tüm kullanıcılar aynı frekansı paylaştığından sistem kapasitesinin, daha fazla kod sözcüğünün kullanılması sayesinde kolayca artırılabilmesi
- gezgin sistemlerde bir baz istasyonundan başka bir istasyona geçerken frekans değişmediğinden yumuşak geçiş sağlanabilmesi (hatta farklı baz istasyonlarından gelen işaretler tırmık alıcısı sayesinde birleştirilerek kullanılabilir)

olarak sayılabilmektedir.

Kod bölüşümlü çoklu erişimin sakıncaları

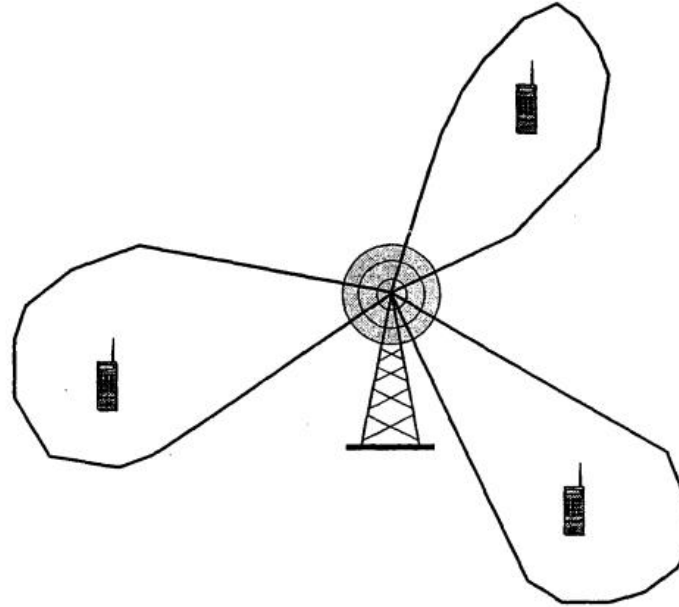
- Çoğunlukla eşzamanlamaya gereksinim duyulması
- Uzak-yakın etkisi (baz istasyonuna yakın bir gezgin cihaz ile uzak bir cihaz aynı güçte iletim yaptığında baz istasyonu, yakın cihazın işaretini mesafeden dolayı çok daha güçlü olarak almaktadır. Bu durumda uzak cihazın işaretinin bastırılma olasılığı mevcuttur. Bu nedenle yakın cihazın daha düşük güçle iletim yapmasını sağlayacak katı güç kontrolüne veya çok-kullanıcı algılayıcı (MUD) yapılarına gereksinim duyulmaktadır)

olarak sayılabilmektedir.

SAYISAL HABERLEŞME

7.4. Uzay Bölüşümlü Çoklu Erişim (SDMA)

- İletim için kullanılacak *bant genişliğini arttırmak için uzayın bölüşümlü* olarak kullanılması mümkündür.
- Bu nedenle uzay, yaygın olarak hücre veya sektörlere ayrılmaktadır.
- Örneğin GSM sisteminde hücreler kullanılmakta ve her hücre ayrıca sektörlere ayrılmaktadır.
- Bunu sağlamak için klasik yaklaşım olarak sektörlü antenler kullanılabilir.
- Uzay bölüşümlü çoklu erişime bir örnek Şekil 7.17'de gösterilmektedir.

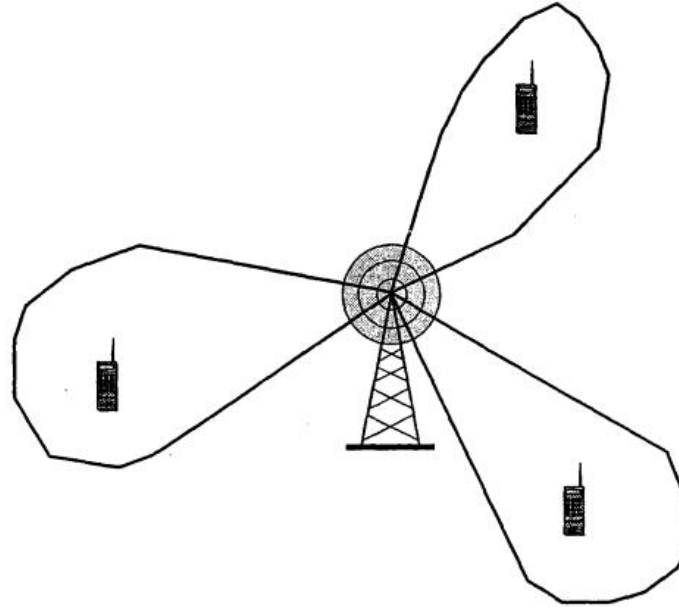


Şekil 7.17. Uzay Bölüşümlü Çoklu Erişim (SDMA).

SAYISAL HABERLEŞME

7.4. Uzay Bölüşümlü Çoklu Erişim (SDMA)

- Uzay bölüşümlü çoklu erişim sadece *FDMA, TDMA veya CDMA* ile birlikte kullanıldığında verimli olmaktadır.
- Uzay bölüşümlü çoklu erişimin en önemli üstünlüğü uzayın bölütlenmesi sayesinde *kapasitenin artırılabilmesidir*.



Şekil 7.17. Uzay Bölüşümlü Çoklu Erişim (SDMA).