

**KABLOSUZ YAYINLAMA KANALLARINDA UYARLAMALI KİPLEME
VE TAMAMLANMA SÜRESİ**

YASİN GENÇ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ**

**TOBB EKONOMİ VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

NİSAN 2013

ANKARA

Fen Bilimleri Enstitü onayı

Prof. Dr. Ünver KAYNAK

Müdür

Bu tezin Yüksek Lisans derecesinin tüm gereksinimlerini sağladığını onaylarım.

Doç. Dr. Hamza KURT

Anabilim Dalı Başkanı

Yasin GENÇ tarafından hazırlanan HABERLEŞME KANALLARINDA TAMAMLANMA SÜRESİ İNCELEMESİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Ayşe Melda YÜKSEL TURGUT

Tez Danışmanı

Tez Jüri Üyeleri

Başkan : Yrd. Doç. Dr. Tolga GİRİCİ _____

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ayşe Melda YÜKSEL
TURGUT _____

Üye : Doç. Dr. Elif UYSAL-BİYİKOĞLU _____

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Yasin GENÇ

Üniversitesi : TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi
Enstitüsü : Fen Bilimleri
Anabilim Dalı : Elektrik ve Elektronik Mühendisliği
Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr Ayşe Melda Yüksel TURGUT
Tez Türü ve Tarihi : Yüksek Lisans – Nisan 2013

Yasin GENÇ

KABLOSUZ YAYINLAMA KANALLARINDA UYARLAMALI KİPLEME VE TAMAMLANMA SÜRESİ

ÖZET

Çalışmanın amacı kablosuz yayınlama kanallarında uyarlamalı kiplemenin (adaptive modulation) tamamlanma süresi üzerine etkisini inceleyebilmektir. Yayınlama kanalları amaçları gereği aynı anda birden fazla kullanıcıya iletim yapabilmektir. Hiyerarşik kiplemeler de farklı verilerin farklı koruma seviyelerinde iletilmesine izin verdikleri için yayınlama kanallarında kullanılmalrı mümkündür. Bu tez kapsamında hiyerarşik kipleme yöntemi temel alınarak oluşturulan uyarlamalı kipleme yöntemlerinin tamamlanma süresi performansları incelenmiştir. Bu kapsamda iki yeni uyarlamalı hiyerarşik kipleme yöntemi önerilmiş, sonuçlar literatürde geçen zaman bölmeli iletim, fırsatçı çizelgeleme ve hiyerarşik kipleme destekli iletim yöntemlerinin tamamlanma süreleriyle karşılaştırılmıştır. Kanalın değişen durumuna yavaş uyum sağlayan sistemlerde önerilen yeni yöntemlerin tamamlanma süresini önemli oranda azalttığı görülmüştür. Kanalın değişen durumlarına hızlı uyum sağlayan sistemler içinse hiyerarşik kipleme yerine tek katmanlı iletim tamamlanma süresini küçültmektedir.

Anahtar Kelimeler: Zaman bölmeli kanal, Yayınlama kanalı, Fırsatçı çizelgeleme, Hiyerarşik kipleme, Uyarlamalı kipleme, Tamamlanma süresi

University : TOBB Economics and Technology University
Institute : Institute of Natural and Applied Sciences
Science Programme : Electrical and Electronics Engineering
Supervisor : Asst. Prof. Ayşe Melda Yüksel TURGUT
Degree Awarded and Date : M.Sc. – April 2013

Yasin GENÇ

**ADAPTIVE MODULATION AND COMPLETION TIME IN WIRELESS
BROADCAST CHANNELS**

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the effects of the adaptive modulation on completion time in wireless broadcast channels. The broadcast channels aim is to transmit data to more than one user at the same time. Addition to this hierarchical modulation transmits different data at the same time with different error protection levels; it is possible to use hierarchical modulation in wireless broadcast channels for transmission. In this thesis the new adaptive modulation methods, based on hierarchical modulation, were developed and their completion time performances were analyzed. Within this scope two new hierarchical modulation methods are suggested. Their results are compared with time division, opportunistic scheduling and adaptive modulation assisted methods. While the system cannot be attuned quickly to the changes in the channel states, it is seen that the new proposed methods decreases the completion time. However if the system is attuned the changes in the channel states quickly instead of the new methods, the one level transmission methods achieved better completion time.

Keywords: Time Division, Opportunistic Scheduling, Broadcast Channel, Hierarchical Modulation, Adaptive Modulation, and Completion Time.

TEŐEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Yrd.
Doç. Dr. Ayşe Melda YÜKSEL TURGUT'a

Bana őimdiye kadar destek olan tüm arkadaşlarıma,

Maddi ve manevi desteklerini sürekli hissettiğim aileme,

Teőekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	1
1.1 Yayınlama Kanalı (Broadcast Channel).....	1
1.2 Tamamlanma Süresi.....	4
1.3 Hiyerarşik Kipleme	14
1.3.1 Kare Hiyerarşik Kiplemede Bit Hata Oranı	16
1.3.2 Kare Hiyerarşik Kiplemede Katmanların Bit Hata Oranları	22
2. PROBLEM TANIMI	24
2.1 Sistem Modeli-1	24
2.2 Sistem Modeli-2.....	25
3. SİSTEM İNCELEMELERİ	27
3.1 Sistem Modeli-1 İçin İncelemeler.....	27
3.1.1 Hiyerarşik Kipleme ile Desteklenmiş İki Kullanıcılı Fırsatçı Çizelgeleme (HA-OS)	28
3.1.2 Uyarlanmış HA-OS (MHA-OS).....	30
3.1.3 Genişletilmiş Hiyerarşik İletim Algoritması (EHA)	34
3.2 Sistem Modeli-2 İçin İncelemeler.....	38
3.2.1 Zaman Bölmeli İletim (TD).....	38
3.2.2 Fırsatçı Çizelgeleme (OS)	40
3.2.3 HA-OS	43
3.2.4 MHA-OS	45
3.2.5 EHA	45
3.3 Sınır Değerlerinin Belirlenmesi	46
4. BENZETİM SONUÇLARI.....	48
4.1 Sistem Modeli-1 Benzetim Sonuçları	48

4.2 Sistem Modeli-2 Benzetim Sonuçları	51
4.2.1 $T_{kanal} > T_C$ ve Verici Kanal Süresi Boyunca Kipleme Tipini Değiştiremez	51
4.2.2 $T_{kanal} < T_C$ ve Verici Kanal Süresi Boyunca Kipleme Tipini Değiştiremez	57
4.2.3 $T_{kanal} > T_C$ ve Verici Kanal Süresi İçerisinde Kipleme Tipini Değiştirir	54
4.2.4 $T_{kanal} < T_C$ ve Verici Kanal Süresi İçerisinde Kipleme Tipini Değiştirir	61
5. SONUÇ	65
6. GELECEK ÇALIŞMALAR	68
KAYNAKÇA	69
ÖZGEÇMİŞ	71

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Tablo 1.1: Kapasitenin Maksimum olmasına göre tamamlanma süreleri.....	6
Tablo 1.2 Yayınlama kanalı kazancı.....	13
Tablo 4.1: HA-OS'ların ve EHA'ların TD'ye göre Kazancı ($T_{kanal} > T_C$ ve sabit kipleme).....	54
Tablo 4.2: HA-OS'ların ve EHA'ların TD'ye göre kazancı ($T_{kanal} < T_C$ ve sabit kipleme).....	60
Tablo 4.3: HA-OS'ların ve EHA'ların TD'ye göre kazancı ($T_{kanal} > T_C$, değişken kipleme).....	57
Tablo 4.4: HA-OS'ların ve EHA'ların TD'ye göre kazancı ($T_{kanal} > T_C$, değişken kipleme).....	64

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1: İki Kullanıcılı Yayınlama Kanalı.....	1
Şekil 1.2: Kapasite bölgesi ($ h_1 ^2=2, h_2 ^2=1, P=10, N_0=1$)	4
Şekil 1.3: Zaman Bölmeli Kanalı Tamamlanma Süresi.....	5
Şekil 1.4: Yayınlama Kanalı Tamamlanma Süresi	7
Şekil 1.5: α -Tamamlanma Süresi karşılaştırma ($h_{12} = 2, h_{21} = 2, L_1 = L_2 = 400$)9	
Şekil 1.6: Yayınlama Kanalı Sembol SNR-Tamamlanma süresi ($L_1=L_2=400$).....	10
Şekil 1.7: Yayınlama Kanalı Sembol SNR- α ($L_1=L_2=400$).....	11
Şekil 1.8: Tamamlanma Süresi zaman bölmeli kanal yayınlama kanalı karşılaştırması ($L_1=L_2=400$)	12
Şekil 1.9: Hiyerarşik Kiplenme.....	14
Şekil 1.10: Genelleştirilmiş Hiyerarşik 4/16 QAM Sinyal Uzayı.....	15
Şekil 1.11: Genelleştirilmiş Hiyerarşik 4/16 QAM Eşfazlı eksen izdüşümü.....	17
Şekil 1.12: Genelleştirilmiş 4/64 QAM Eşfazlı eksen izdüşümü.....	18
Şekil 3.1: Karar verme bölgeleri($p=2; BER_{\text{hedef}}=10^{-4}$).....	29
Şekil 3.2: MHA-OS karar verme bölgeleri ($p=2; BER_{\text{hedef}}=10^{-4}$).....	31
Şekil 3.3: İki farklı p değeri için oluşturulan MHA-OS-2p karar verme bölgeleri.....	32
Şekil 3.4: Üç farklı p değeri için oluşturulan MHA-OS-3p karar verme bölgeleri ...	33
Şekil 3.5: EHA Karar verme bölgeleri.....	34
Şekil 3.6: EHA-2p karar verme bölgeleri ($p=2$ ve $p=3$ için elde edilmiş bölgeler)...	36
Şekil 3.7: EHA-3p karar verme bölgeleri ($p=2, p=3$ ve $p=4$ için elde edilmiş bölgeler)	37
Şekil 3.8: Çok Bloklu Yapıda Zaman Bölmeli Kanalı Akış Diyagramı	39
Şekil 3.9: Çoklu Blok Fırsatçı Çizelgeleme Tamamlanma Süresi.....	40
Şekil 3.10: Çoklu Blok Fırsatçı Çizelgeleme akış diyagramı	42

Şekil 3.11: HA-OS akış diyagramı.....	44
Şekil 4.1: Tek Blok için SNR _S -Kesinti Olasılığı	48
Şekil 4.2: Başarılı durumlar için SNR _S -Ortalama Tamamlanma Süresi.....	50
Şekil 4.3: SNR _S - Ortalama Tamamlanma Süresi ($T_{kanal}>T_C$, sabit kipleme).....	52
Şekil 4.4:SNR _S -Ortalama Tamamlanma Süresi Sıralama ($T_{kanal}>T_C$, sabit kipleme)	53
Şekil 4.5:SNR _S -Ortalama Tamamlanma Süresi ($T_{kanal}>T_C$, değişken kipleme)	55
Şekil 4.6: SNR _S -Ortalama Tamamlanma Süresi Sıralama ($T_{kanal}>T_C$, değişken kipleme).....	56
Şekil 4.7: SNR _S - Ortalama Tamamlanma Süresi ($T_{kanal}<T_C$, sabit kipleme).....	58
Şekil 4.8: SNR _S - Ortalama Tamamlanma Süresi Sıralama ($T_{kanal}<T_C$, sabit kipleme)	59
Şekil 4.9: SNR _S - Ortalama Tamamlanma Süresi ($T_{kanal}<T_C$, değişken kipleme)	61
Şekil 4.10: SNR _S -Ortalama Tamamlanma Süresi performans değişim bölgesi	62
Şekil 4.11: SNR _S -Ortalama Tamamlanma Süresi Sıralama ($T_{kanal}>T_C$, değişken kipleme).....	63
Şekil 5.1: OS ve HA-OS Paketleri Bitirme Sırası (10db)	66
Şekil 5. 2: OS ve HA-OS Paketleri Bitirme Sırası (20db)	67

KISALTMALAR

Kısaltmalar Açıklama

BC	Yayınlama Kanalı (Broadcast Channel)
BER	Bit Hata Oranı (Bit Error Ratio)
EHA	Genişletilmiş Hiyerarşik Kipleme Algoritması (Extended Hierarchical Modulation Algorithm)
HA-OS	Hiyerarşik Kipleme Destekli Fırsatçı Çizelgeleme (Hierarchical Assisted Opportunistic Scheduling)
MHA-OS	Uyatlanmış Hiyerarşik Kipleme Destekli Fırsatçı Çizelgeleme (Modified Hierarchical Assisted Opportunistic Scheduling)
OS	Fırsatçı Çizelgeleme (Opportunistic Scheduling)
SNR	Sinyal Gürültü Oranı (Signal to Noise Ratio)
SNR _s	Sembol SNR değeri
TD	Zaman Bölmeli Kanal (Time Division)

SEMBOL LİSTESİ

Bu çalışmada kullanılmış olan simgeler açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
BER_{hedef}	Hedef BER değeri
\mathbf{d}	Hiyerarşik kipleme uzaklık vektörü
E_s	Sembol Enerjisi
f	BER fonksiyonu
h	Kanal kazancı
L	Paket uzunluğu
N_0	Karmaşık Beyaz Gauss Gürültüsü Varyans Değeri
P	Sinyal gücü
p	Öncelik katsayısı (Priority Number)
R	Veri hızı
T_{kanal}	Kanal kazancının sabit kaldığı süre
t	TD için zaman paylaşımı katsayısı
T_C	Tamamlanma süresi
x	Giden mesaj
y	Alıcının duyduğu mesaj
z	Karmaşık Gauss Gürültüsü
α	Güç paylaşırma katsayısı
γ	BER_{hedefi} sağlayan Sembol Gürültü Oranı

1. GİRİŞ

Bu bölümde genel olarak sistemin oluşturulmasında kullanılan

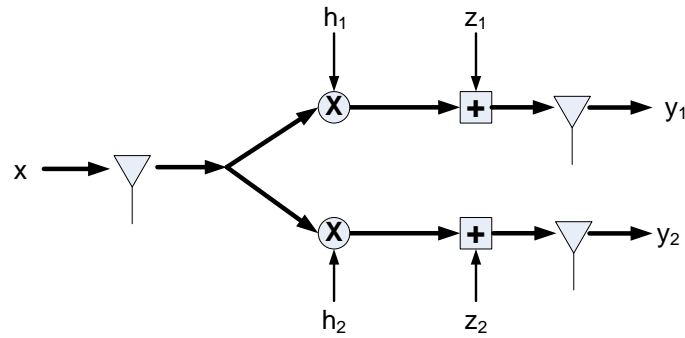
- Yayınlama Kanalı
- Tamamlanma Süresi
- Hiyerarşik Kipleme

konuları ele alınacaktır.

1.1 Yayınlama Kanalı (Broadcast Channel)

Yayınlama kanallarında amaç birden fazla kullanıcıya hizmet verecek şekilde veri iletiminin sağlanmasıdır[1]. Yayınlama kanalları zaman paylaşımli iletme göre kapasite bölgelerini daha verimli kullanabilmektedirler.

İki alıcının (kullanıcının) bulunduğu bir yayınlama kanalında “x” olmak üzere bir sinyal girdisi ve “y₁”, “y₂” olmak üzere de iki farklı sinyal çıkışı bulunmaktadır[2].



Şekil 1.1: İki Kullanıcılı Yayınlama Kanalı

Bir yayınlama kanalının kapasite bölgesi, aynı anda desteklenebilen veri hızlarının bütünüdür.

Vericide birinci ve ikinci alıcıların verileri süperpozisyonda $X=X_1+X_2$ olacak şekilde yayınlama kanalına verilir. Vericiden çıkan X sinyali de iki farklı alıcıda Y_1 ve Y_2 olmak üzere algılanmaktadır. Alıcılarda algılanan sinyaller aşağıdaki gibidir.

$$Y_1 = h_1X + Z_1 \quad (1.1)$$

$$Y_2 = h_2X + Z_2 \quad (1.2)$$

Z_1 ve Z_2 sırasıyla $CN(0,N_0)$ şeklinde Karmaşık Gauss dağılımına sahip gürültülerdir. Vericiden yayınlanan X sinyali ise $E(X^2) \leq P$ güç kısıtına sahip her iki kullanıcının verisini içeren süperpozisyonla oluşturulmuş bir mesaj sinyalidir. $|h_1|^2$ ve $|h_2|^2$ değerleri anlık olarak vericide ve alıcıda bilinmektedir, kısacası tam kanal bilgisi olduğu kabul edilmiştir. Bu durumda yayınlama kanalı için kapasite bölgeleri şu şekilde yazılabilmektedir:

$$R_1 \leq \log_2 \left(1 + \frac{|h_1|^2 \propto P}{N_0} \right) \quad (1.3)$$

$$R_2 \leq \log_2 \left(1 + \frac{|h_2|^2 \propto P}{|h_2|^2 \propto P + N_0} \right) \quad (1.4)$$

Kanal kapasiteleri belirlenirken $|h_1|^2 > |h_2|^2$ olarak seçilmiştir. Bu durumda iyi kanala sahip olan (h_1) kullanıcısı, zayıf kanala sahip (h_2) olan kullanıcının da verisini çözüp çıkarabildiği için sadece gücü N_0 olan gürültü ile baş etmek zorundayken, kötü olan kullanıcı hem süperpozisyondan dolayı iyi kullanıcının mesajıyla, hem de gücü

N_0 olan gürültüyle baş etmek zorunda kalmaktadır. Zayıf kullanıcı dolayısıyla kendi verisini çözmek istediğinde diğer kullanıcıyı verisine gürültü gibi davranmaktadır[2].

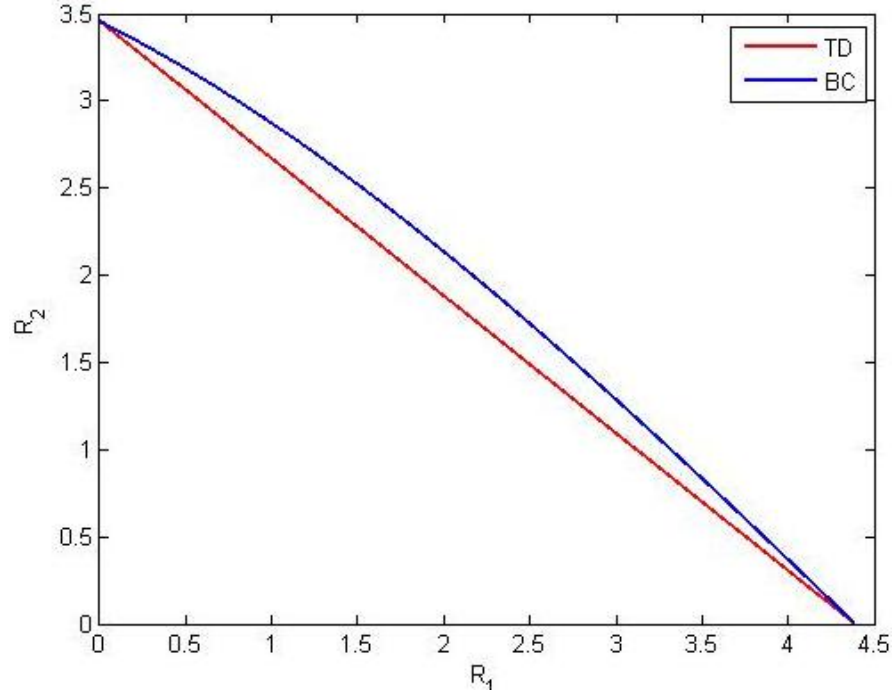
Yayınlama kanalının zaman bölmeli kanala göre en önemli avantajı kanalın tüm serbestlik derecelerini kullanıp, kanal kapasite bölgesini daha geniş oluşturabilmektedir. Ancak zaman bölmeli bir kanalda kanal “ t ” ($0 \leq t \leq 1$) gibi zaman paylaşım parametresi ile kullanıcılar arasında paylaşılmaktadır. Bu nedenle yukarıdaki kabuller doğrultusunda zaman paylaşım bir kanalın kapasite bölgesini belirtmek gerekirse;

$$R_1 \leq t * \log_2 \left(1 + \frac{|h_1|^2 P}{N_0} \right) \quad (1.5)$$

$$R_2 \leq (1 - t) \log_2 \left(1 + \frac{|h_2|^2 P}{N_0} \right) \quad (1.6)$$

şeklinde bir kapasite bölgesine sahip olmaktadır.

Şekil 1.2’de TD ve BC kanalların kapasite bölgeleri gösterilmiştir. Grafikten de görüldüğü gibi BC, TD’ ye göre daha geniş bir kapasite bölgesine sahiptir. TD kullanıcıların en yüksek kanal kapasitelerinin doğrusal bileşim bölgesini tarayabilirken; BC, TD’nin de kapasite bölgesini içine alacak şekilde konkav bir alan taramaktadır.



Şekil 1.2: Kapasite bölgesi ($|h_1|^2=2$, $|h_2|^2=1$, $P=10$, $N_0=1$)

Şekil 1.2’de TD ve yayınlama kanalının kapasite bölgeleri belirtilmektedir. $\alpha=0$ olduğu yerde $R_1=0$ ve R_2 en yüksek değerine ulaşmaktayken $\alpha=1$ olduğu yerde R_1 en yüksek ve $R_2=0$ olmaktadır. α 'nın uç değerleri aldığı noktalarda ($\alpha=0$ ve $\alpha=1$) TD ile BC aynı kapasite değerlerine sahiptirler.

1.2 Tamamlanma Süresi

Tamamlanma Süresi en basit bir kullanıcının ya da sistemin işini bitirmesi için geçen süre, diğer bir deyişle bir kullanıcının ya da sistemin işini bitirmek için kanala kaç kez erişim yaptığının bir ölçüsüdür[4].

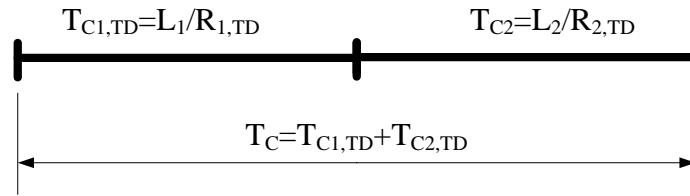
Bir kullanıcının L bit uzunluğundaki bir paketi R bit/saniye hızı ile bitirmesi için geçen süre

$$T_C = \frac{L}{R} \quad (1.7)$$

olarak karşımıza çıkmaktadır[4],[5].

Bedel Fonksiyonu olarak (cost function) en yüksek tamamlanma süresini en iyileme seçilmiştir.

Zaman bölmeli (time divison) kanalın belirlediğimiz bedel fonksiyonuna göre incelemek faydalı olacaktır. İki kullanıcılı bir sistemde zaman paylaşırma ile iletim yapılması, kullanıcılara aynı anda iletim yapılamayacağını bir kullanıcı bittikten sonra diğer kullanıcıya sıra geleceği anlamına gelmektedir. Böyle bir durumda sistemin tamamlanma süresi her iki kullanıcıyı ayrı ayrı tamamlanma süreleri toplamına eşit olacaktır.



Şekil 1.3: Zaman Bölmeli Kanalın Tamamlanma Süresi

Aşağıda zaman bölmeli kanalın en yüksek tamamlanma süresinin hesaplanmasına ilişkin bilgiler verilmektedir.

$$T_{C1,TD} = \frac{L_1}{R_{1,TD}} \quad \text{ve} \quad T_{C2,TD} = \frac{L_2}{R_2}$$

$$T_{C,TD} = T_{C1,TD} + T_{C2,TD} \quad (1.8)$$

Zaman bölmeli kanalda her kullanıcıya tek başına konuşulacağı için birinci ve ikinci kullanıcıların kapasite değerleri sırasıyla

$$R_{1,TD} = \log_2 \left(1 + \frac{|h_1|^2 P}{N_0} \right) \quad (1.9)$$

$$R_{2,TD} = \log_2 \left(1 + \frac{|h_2|^2 P}{N_0} \right) \quad (1.10)$$

olacaktır.

Zaman bölmeli iletim için 1.8’de verilen eşitlik doğrultusunda, yapılan incelemelerin sonuçları Tablo 1.1’ de verilmektedir.

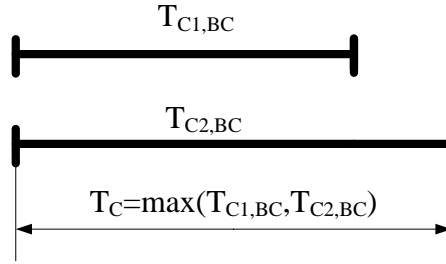
Tablo 1.1: Kapasitenin Maksimum olmasına göre tamamlanma süreleri

R ₁ en yüksek R ₂ en düşük	$R_1 = \log_2 \left(1 + \frac{ h_1 ^2 P}{N_0} \right)$ $R_2 = 0$	$T_{C1,TD} = \text{en düşük}$ $T_{C2,TD} \rightarrow \infty$	$T_{C,TD} \rightarrow \infty$
R ₁ en düşük R ₂ en yüksek	$R_1 = 0$ $R_2 = \log_2 \left(1 + \frac{ h_2 ^2 P}{N_0} \right)$	$T_{C1,TD} \rightarrow \infty$ $T_{C2,TD} = \text{en düşük}$	$T_{C,TD} \rightarrow \infty$

Tablo 1.1 incelendiğinde tamamlanma süresi açısından önemli bir sonuç çıkmaktadır. Bu sonuca göre tamamlanma süresini azaltmak ile veri hacmini maksimum yapmak aynı şey değıllerdir. Birinci kullanıcının veri hacmini en yüksek yaptığımızda, birinci kullanıcı için tamamlanma süresi en aza inebilmektedir ancak ikinci kullanıcının veri hacmi 0 (sıfır) olduğu için tamamlanma süresi sonsuza gitmektedir. Bu durumda

toplam tamamlanma süresi sonsuza gideceğinden veri hacmini en yüksek yapmak en iyi çözüm olamamaktadır.

Yayınlama kanalları incelendiğinde iki kullanıcıya aynı anda iletim yapılabilecektir. Böyle bir durumda yukarıda bahsettiğimiz gibi bir kullanıcının veri hacmini en yüksek yapmak sistemin tamamlanma süresini olumsuz yönde etkileyecektir. Bir yayınlama kanalında iki kullanıcıdan biri işini bitirip kanalın terk edene kadar birlikte iletim yapacaklardır ve bir kullanıcının işi bittikten sonra kanal diğer kullanıcıya kalacaktır. Böylesi bir durumda sistemin tamamlanma süresi Şekil 1.4'te gösterildiği gibi iki kullanıcı arasından iletimi en son biten kullanıcının tamamlanma süresine eşit olacaktır.



Şekil 1.4: Yayınlama Kanalı Tamamlanma Süresi

Şekil 1.4' birinci kullanıcının iletiminin ikinci kullanıcıdan önce bitirdiği, başka bir deyişle $T_{C1} < T_{C2}$ olduğu varsayımı yapılmıştır. Bu kabul doğrultusunda birinci kullanıcı iletimini bitirip kanalın kullanımını ikinci kullanıcıya bırakacaktır ve ikinci kullanıcıda bitlerini bitirdikten sonra sistem işini tamamlamış olacaktır.

$$T_{C1,BC} = \frac{L_1}{R_{1,BC}} \quad (1.11)$$

$$T_{C2,BC} = T_{C1,BC} + \frac{L_2 - T_{C1,BC}R_{2,BC}}{R_2^*} \quad (1.12)$$

1.11 ve 1.12'deki eşitliklerde R_1 , R_2 ve R_2^* değerleri sırasıyla eşitlik 1.3, 1.4 ve 1.10'daki eşitliklere denktir.

Bu durumda $T_{C2} \geq T_{C1}$ olduğu görülebilmektedir. Bu durumda yayınlama kanalı için sistemin tamamlanma süresini en aza indirecek T_{C1} ve T_{C2} 'nin ne olduğunu incelemek gerekirse;

- $T_{C1} < T_{C2}$ olduğu kabulü yapılmıştı.

$$T_{C1} \leq T_{C1} + \frac{L_2 - T_{C1}R_2}{R_2^*}$$

- Eğer eşitsizliği basitleştirmek gerekirse $T_{C1} \neq \infty$ olduğu değerlendirilmesi ile

$$0 \leq \frac{L_2 - T_{C1}R_2}{R_2^*}$$

olacaktır.

- $R_2^* \neq \infty$ olduğu da bilindiği için eşitsizlik en basit şekilde

$$T_{C1} \leq \frac{L_2}{R_2}$$

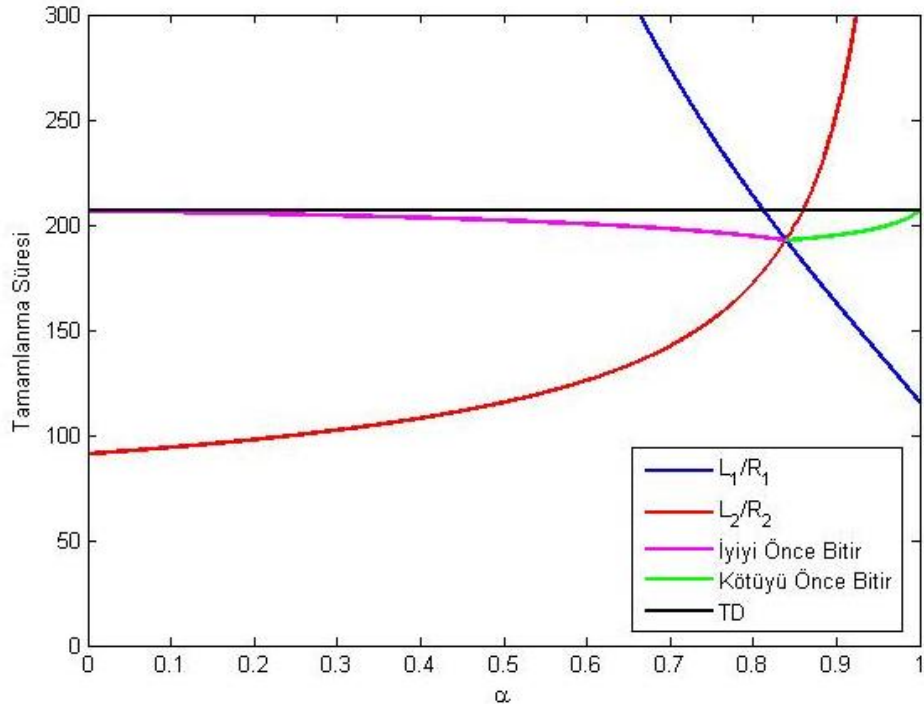
formuna indirgenebilir.

- Sonuç olarak

$$\frac{L_1}{R_1} \leq \frac{L_2}{R_2} \tag{1.13}$$

eşitsizliği en sade biçimi ile karşımıza çıkmaktadır.

Eşitsizlik 1.13' de elde edilen sonuç doğrultusunda tamamlanma süresini en aza indirebilmek için T_{C1} ve T_{C2} değerlerinin mümkün olduğunca birbirine yakın değerler olması, diğer bir deyişle her iki kullanıcının da aynı anda bitmesini sağlayacak R_1 ve R_2 çiftleri seçilmesi gerektiği görülmektedir. Çünkü R_1 değerini çok büyük seçmek R_2 değerinin azalmasına neden ve bu da ikinci kullanıcının tamamlanma süresinin artmasına neden olacaktır. Bu kapsamda bu iki veri çiftini birbirine yaklaştırmak için sistemde kullanıcılara gücü paylaştıran " α " değerinin etkili olduğu görülmektedir.

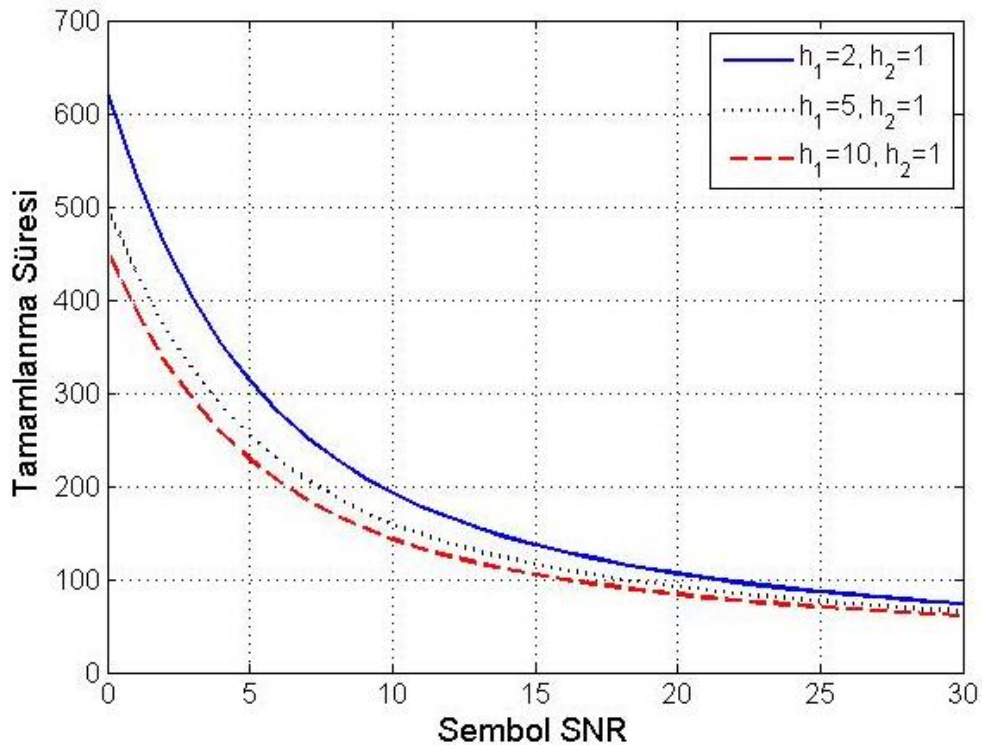


Şekil 1.5: α -Tamamlanma Süresi karşılaştırma ($|\mathbf{h}_1|^2 = 2, |\mathbf{h}_2|^2 = 2, L_1 = L_2 = 400$)

Şekil 1.5'te zaman bölmeli kanalın, iyi kullanıcının önce bitirilmeye çalışıldığı ve kötü kullanıcının önce bitirilmeye çalışıldığı sistemlerin tamamlanma süresi incelemeleri görülmektedir. Grafikten daha önce 1.13'de çıkarımını yapmış olduğumuz α parametresinin tamamlanma süresi üzerindeki etkisi görülebilmektedir. Uygun alfa değerlerinde hem iyi kullanıcının önce bitirilmeye, hem de kötü kullanıcının önce bitirilmeye çalışıldığı sistemlerin tamamlanma sürelerinin zaman

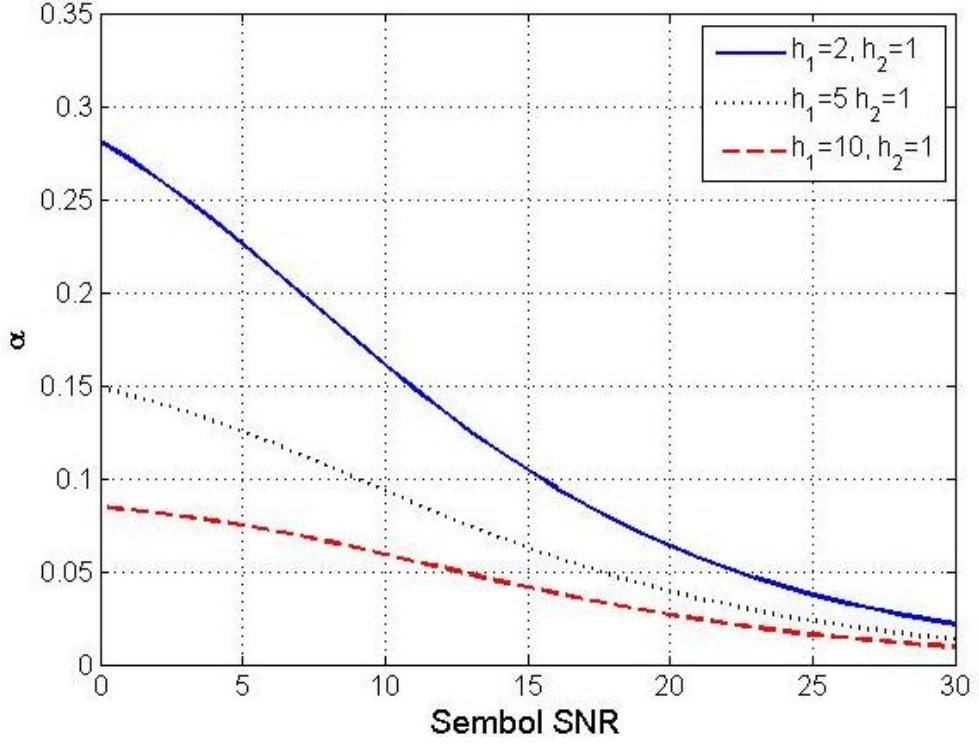
bölmeli kanalın tamamlanma süresinin altına inemediği, yani yayınlama kanalında zaman bölmeli kanala göre en yüksek tamamlanma süresi açısından kazanç sağlanabildiği görülmektedir.

Bundan sonra P/N_0 , Sembol SNR (SNR_S) olarak ifade edilecektir.



Şekil 1.6: Yayınlama Kanalı Sembol SNR-Tamamlanma süresi ($L_1=L_2=400$)

Bu durumda farklı sembol SNR değerleri için yayınlama kanalının tamamlanma süresini incelemek gerekirse Şekil 1.6' deki sonuçları elde etmek mümkün olacaktır, ayrıca beklenen bir sonuç olarak; kanal kazancının artmasının da tamamlanma süresini azalttığı görülebilmektedir.

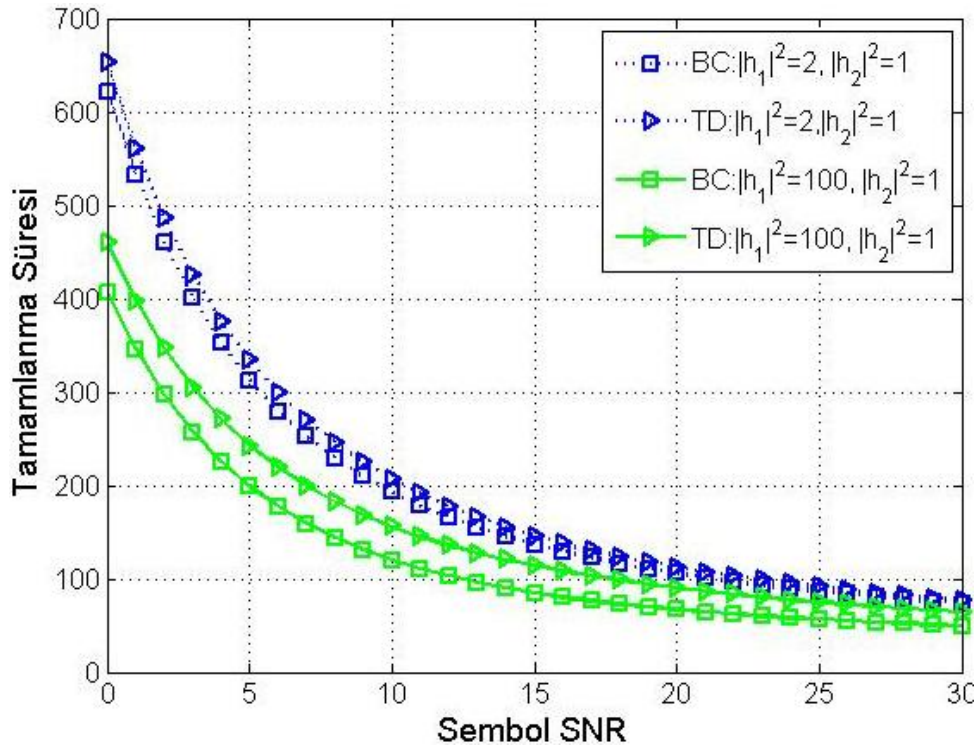


Şekil 1.7: Yayınlama Kanalı Sembol SNR- α ($L_1=L_2=400$)

Şekil 1.7’de sembol SNR değerine karşı tamamlanma süresinin en aza indirecek α değerleri görülmektedir. Elde edilen bu benzetim sonucu incelendiğinde kanal kazancının iyi kullanıcı yönünde artmasının α değerinin küçülmesine neden olduğu gözlemlenebilmektedir. Böylelikle ikinci kullanıcıya daha fazla güç verilip, birinci kullanıcıya verilen gücün azaltılmasıyla R_1 ve R_2 çiftlerinin birbirlerine yaklaşmaları ve sistemin tamamlanma süresini azaltması sağlanmaktadır.

Tek bir kullanıcının olduğu kanal incelemelerinde tamamlanma süresini azaltmanın tek ve kesin yolunun R_1 kapasitesini mümkün olduğu kadar arttırmak olduğu kolaylıkla görülebilmektedir. Ancak yayınlama kanallarında, girişim kanallarında; başka bir ifade ile birden fazla kullanıcının hizmet almaya başladığı durumlarda tamamlanma süresini azaltmak için kapasiteleri arttırmak çözüm olmayacaktır. Çünkü birden fazla kullanıcıya iletim yapılan ortamlarda bir kullanıcının kapasitesi diğer kullanıcıların kapasitelerinden bağımsız bir şekilde düşünülemez. Bu

nedenle tamamlanma süresini azaltmak ile veri hacmini arttırmak aynı şey değildir[5]. Bölüm 1.1 daha basit olması açısından $|h_1|^2$ ve $|h_2|^2$ kanal kazançlarına sahip olan iki kullanıcılu bir sistemde, kullanıcıların kanal kapasitelerinin birbirleri ile nasıl bir ilişkileri olduğunu belirtmiştik. Bu durumda R_1 kapasitesini en yüksek kapasiteye sahip olacak şekilde ayarlamak R_2 kapasitesini sıfır, R_2 kapasitesini en yüksek yapacak şekilde ayarlamak da R_1 kapasitesini sıfır yapacaktır. Bu tarz bir uygulamanın sonucunda, kapasiteleri sıfır olan kullanıcıların tamamlanma süreleri sonsuza gidecektir ve sistemin tamamlanma süresi en kötü performans değerine sahip olacaktır. Yayınlama kanalını incelendiğinde, tamamlanma süresi açısından daha iyi sonuç vermesi beklenmektedir. Yayınlama kanalında iki kullanıcının aynı anda bitmesini sağlamak bu kanalın en önemli avantajı olmaktadır ve böylelikle en yüksek tamamlanma süresi incelemelerinde zaman bölmeli kanaldan daha iyi sonuçlar verebilmektedir.



Şekil 1.8: Tamamlanma Süresi zaman bölmeli kanal yayınlama kanalı karşılaştırması ($L_1=L_2=400$)

Şekil 1.8'deki grafikte farklı kanal kazancı değerleri için elde edilen sonuçlar verilmektedir. Kanal kazancı değerlerinin artması hem yayınlama kanalı hem de zaman bölmeli kanal için en yüksek tamamlanma süresini azaltmaktadır. Ancak kullanıcıların kanal kazançları arasındaki dengenin bir kullanıcı yönünde belirgin bir şekilde artmasına karşı yayınlama kanalı, zaman bölmeli kanala göre daha iyi tepki göstermektedir ve yayınlama kanalının zaman bölmeli kanala göre kazancı artmaktadır. Şekil 1.8'deki grafiklerin sonucu olarak yayınlama kanalı zaman bölmeli kanalın tamamlanma süresinden daha iyi performans özellikleri gösterebilmektedir. Tablo 1.2'de farklı kanal kazancı değerleri için elde edilmiş olan yayınlama kanalı ve zaman bölmeli kanal için kazanç değerleri verilmektedir.

Tablo 1.2 Yayınlama kanalı kazancı

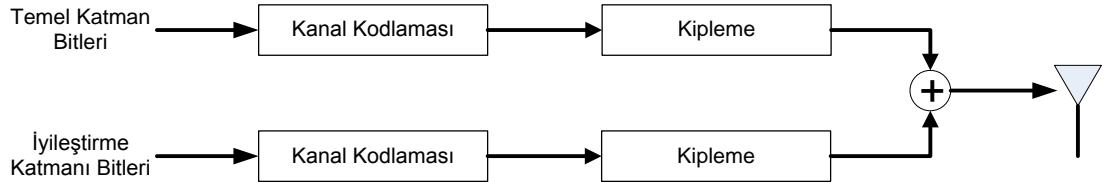
$(L_1=L_2=400)$	Yayınlama Kanalı max(T_C)	Zaman Bölmeli Kanal max(T_C)	Kazanç
$h_1=2; h_2=1; P=10,$ $N_0=1$	192,7	206,7	% 6,8
$h_1=10; h_2=1;$ $P=10, N_0=1$	143,4	175,7	% 18,4
$h_1=100; h_2=1;$ $P=10, N_0=1$	120,0	155,8	% 23

Tablo 1.2' de elde edilen benzetim sonuçları göstermektedir ki; yayınlama kanalı üzerinden iletim yapılması zaman bölmeli kanal üzerinden iletim yapılmasına göre sistemin tamamlanma süresi açısından incelenmesi durumunda daha avantajlı sonuçlar vermektedir. Kanal kazancı değerinin artmasının tamamlanma süresi üzerine etkisini incelersek, tablodaki sonuçlardan kanal kazancının bir kullanıcı

yönünde artmasının yayınlama kanalının zaman bölmeli kanala göre tamamlanma süresi kazancını arttırmaktadır.

1.3 Hiyerarşik Kipleme

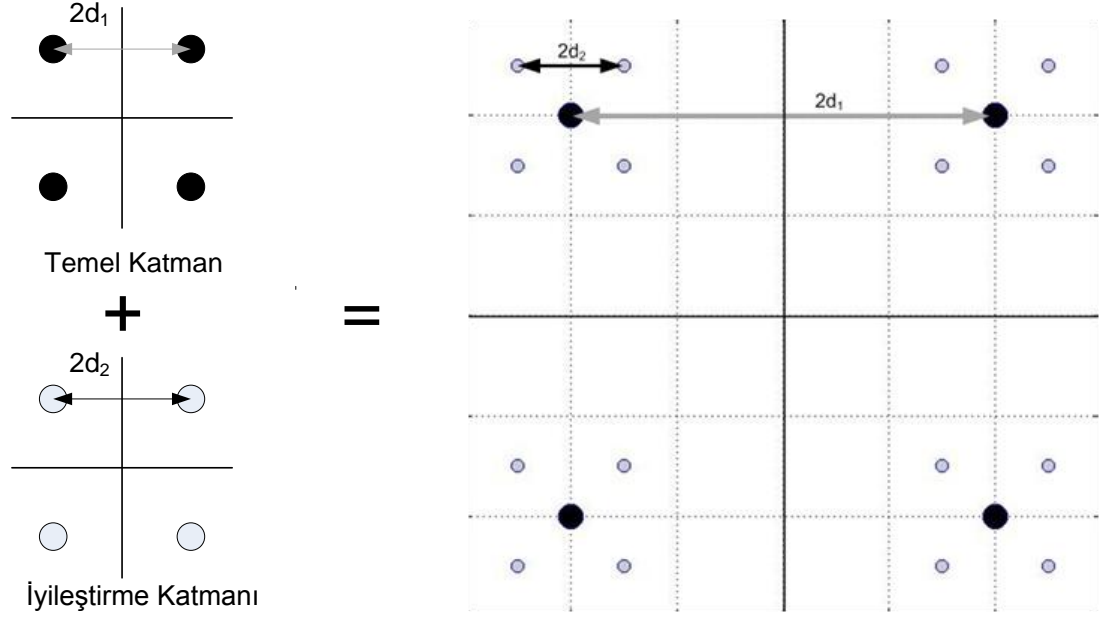
Haberleşme sistemlerinin amaçlarından biri sistemin iyi bir servis kalitesine sahip olmasını sağlamaktır. Yayınlama kanallarında özellikle birden fazla kullanıcıya hizmet verilen durumlarda, her kullanıcı farklı kanal davranışlarıyla karşı karşıya gelmektedir. Bu durumun önüne geçebilmek için farklı kanal kazancına sahip kullanıcılara farklı özelliklerde veri iletimi yapılmasını gerektirmektedir. Verici tarafından farklı zamanlarda kullanıcılara farklı veri iletimi yapılması yerine, aynı zaman için birbirinden farklı veri iletimine izin verecek şekilde iki farklı verinin aynı sinyal ile iletilmesi fikri doğmuştur. Bu fikre “Hiyerarşik Kipleme” denilmektedir[6],[7],[8].



Şekil 1. 9: Hiyerarşik Kipleme

Hiyerarşik kipleme birden fazla veri akışının farklı şekilde kanal kodlamasından geçirilip daha sonra aynı veri akışı içinde birleştirilmesine izin veren bir sinyal kipleme yöntemidir. Hiyerarşik kipleme ile gönderilen her bir bilgi akışı kullanıcı için farklı önem seviyesine sahiptir. Bu bakımdan hiyerarşik kipleme önem seviyesine göre iletilen bilgilere farklı koruma seviye atanmasına izin vermektedir. Hiyerarşik kiplemde koruma seviyelerinin farklılaştırılması farklı verilerin farklı katmanlara yerleştirilmesi ile sağlanmaktadır. Hiyerarşik kiplemde en alt katmana ya da koruması en yüksek olan katmana temel katman, bunun üzerine yerleştirilen ve

koruma seviyesi kısmen daha düşük olan katmanlara iyileştirme katmanı adı verilmektedir.



Şekil 1.10: Genelleştirilmiş Hiyerarşik 4/16 QAM Sinyal Uzayı

Hiyerarşik kipleme verilere önem seviyelerine göre farklı enerjiler vererek, onların sönmlemeye ve gürültüye karşı farklı koruma seviyelerine sahip olmalarını sağlamaktadır. Düz bir kipleme yönteminde veri iletiminde kullanılan semboller arasındaki uzaklık sabitken; hiyerarşik kiplemde semboller arasındaki mesafe iletilecek verilerin önemine ve koruma ihtiyacına göre farklılık göstermektedir. Hiyerarşik kiplemde mesajın çözümü öncelikli olarak temel katmana konulan verinin çözülüp tüm mesajdan çıkarılması ve daha sonra kalan veri üzerine işlem yapılarak daha az önemli verinin olduğu katmanın çözülmesiyle yapılmaktadır. Hiyerarşik kipleme literatürde eşit olmayan hata koruması (unequal error protection), çok katmanlı (multi-layer), çok çözünürlüklü (multi-resolution) veya gömülü (embedded) olarak da geçmektedir.

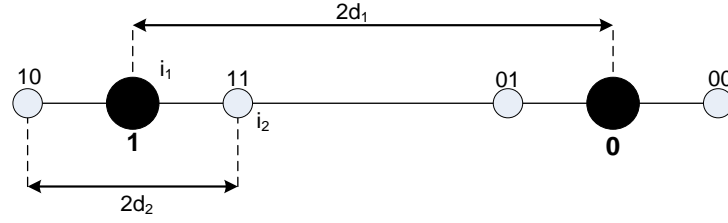
Hiyerarşik kiplleme ses ve görüntü gibi birden fazla verinin aynı anda iletiminde kullanılmaktadır. Özellikle DVB-T gibi dijital televizyon yayınında kullanılmaktadır. Buna ek olarak DVB-H, ISDB ve ISDB-T fiziksel katmanda hiyerarşik kiplleme kullanılmaktadır[10],[11],[12].

1.3.1 Kare Hiyerarşik Kipllemede Bit Hata Oranı

Hiyerarşik kipllemede iletilen verinin farklı kısımlarına önemlerine göre farklı koruma seviyelerinin tahsis edildiğini belirtmiştik. Bu nedenle koruma seviyesi farklı bitler farklı bit hata oranı (BER) değerlerine sahip olacaklardır. Bu kapsamda hiyerarşik kiplleme her katmanın BER değeri toplam sembol sayısına (M), sinyal gürültü oranına (SNR) ve katmanlardaki semboller arasındaki uzaklığa bağlı olacaktır[13],[14].

Bu kapsamda N/M QAM tipindeki bir hiyerarşik kipllemenin teorik olarak bit hata oranının hesaplanması için PAM ve QAM arasındaki ilişkinin hatırlanması faydalı olacaktır. Düz PAM ve Düz QAM arasında; \sqrt{M} -PAM ile M -QAM kipllemelerinin BER değerlerinin birbirine denk oldukları hatırlanmalıdır[15]. Kare hiyerarşik kipllemede de PAM ve QAM arasındaki bu özellik kullanılarak \sqrt{N}/\sqrt{M} -PAM hiyerarşik kipllemesinden N/M -QAM kare hiyerarşik kipllemesinin BER değeri hesaplanabilmektedir[10],[11].

4/16 QAM hiyerarşik kiplleme incelendiğinde iletilen sinyali “Eşfazlı” ve “Dördül” olmak üzere birbirine dik iki ayrı eksene ayırabiliriz. Eşfazlı ve Dördül eksenlerdeki bitlerin bit hata oranları birbirine eşit olmaktadır. Bu durumda tek bir eksendeki bitlerin bit hata oranlarını incelemek daha kolay olacaktır. Bu kapsamda eşfazlı eksendeki bitler incelendiğinde:



Şekil 1.11: Genelleştirilmiş Hiyerarşik 4/16 QAM Eşfazlı eksen izdüşümü

Şekil 1.11’deki gibi kare hiyerarşik kipleminin bir eksen bileşeninin incelenmesi ile N/M -QAM kare kiplemlerinin bit hata oranlarının bulunmasında \sqrt{N}/\sqrt{M} -PAM tipindeki hiyerarşik kipleminin benzerliği çıkış noktasını oluşturmaktadır. 4/16 QAM için i_1 en yüksek korumaya sahip bitleri temsil ederken i_2 en az korumaya sahip bitleri temsil etmektedir. Bu durumda i_1 biti için bit hata oranı şu şekilde yazılabilir[10],[11]:

$$P(16, d, i_1) = \frac{1}{4} (P(16, d, i_1|00) + P(16, d, i_1|01) + P(16, d, i_1|10) + P(16, d, i_1|11)) \quad (1.11)$$

$$P(16, d, i_1) = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{d_1 + d_2}{\sqrt{N_0}} \right) + \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{d_1 - d_2}{\sqrt{N_0}} \right) \right) \quad (1.12)$$

Burada “erfc” fonksiyonu şu şekilde yazılabilir:

$$\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt \quad (1.13)$$

$$\operatorname{erfc}(x) = 1 - \operatorname{erf}(x) \quad (1.14)$$

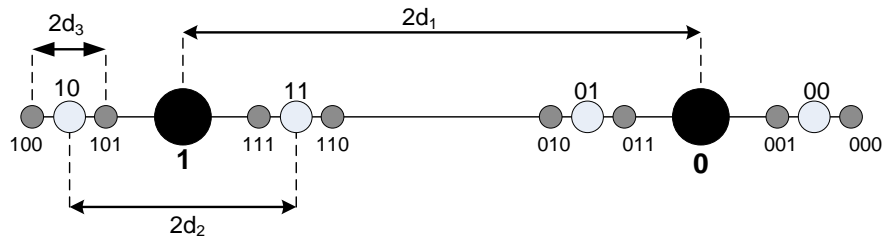
Benzer bir hesaplama i_2 biti için de yapıldığında, i_2 bitinin bit hata oranı da aşağıdaki gibi elde edilmektedir.

$$P(16, d, i_2) = \frac{1}{4} (P(16, d, i_2|00) + P(16, d, i_2|01) + P(16, d, i_2|10) + P(16, d, i_2|11)) \quad (1.15)$$

$$P(16, d, i_2) = \frac{1}{4} \left(2\operatorname{erfc}\left(\frac{d_2}{\sqrt{N_0}}\right) - \operatorname{erfc}\left(\frac{2d_1 + d_2}{\sqrt{N_0}}\right) + \operatorname{erfc}\left(\frac{2d_1 - d_2}{\sqrt{N_0}}\right) \right) \quad (1.16)$$

Yukarıda belirtilen formüller çalışmalarda Hiyerarşik 4/16 QAM' in bit hata oranının hesaplanmasında kullanılmışlardır.

Hiyerarşik 4/64 QAM için de benzer bir hesaplama yapmak gerekirse



Şekil 1.12: Genelleştirilmiş 4/64 QAM Eşfazlı eksen izdüşümü

Hiyerarşik 4/16/64 QAM için 4/16 QAM' e benzer şekilde 2/4/8 PAM hiyerarşik kiplemesi ile denklighinden faydalanılmaktadır. 4/16/64 QAM için koruma sıraları yüksekten küçüğe olacak şekilde bitler i_1 , i_2 , i_3 şeklinde belirtilmektedir. 4/16/64

QAM' in i_1 ve i_2 katmanları incelendiğinde 4/16 QAM ile ilişkili olduğu görülebilmektedir. Bu ilişkiler aşağıdaki şekilde gösterilebilmektedir:

$$P(64, d, i_1) = \frac{1}{2} (P(16, d_+, i_1) + P(16, d_-, i_1)) \quad (1.17)$$

$$P(64, d, i_2) = \frac{1}{2} (P(16, d_+, i_1) + P(16, d_-, i_1)) \quad (1.18)$$

Belirtilen formüllerde d_{\pm} ifadesi uzaklık vektörünü vermektedir ve $d_{\pm}=[d_1 \ d_2 \pm d_3]$ olarak verilmektedir.

Hiyerarşik 4/16/64 QAM' in i_3 bitinin BER değeri de aşağıdaki gibi hesaplanabilmektedir:

$$\begin{aligned} P(64, d, i_3) = & \frac{1}{8} \left(4\text{erfc} \left(\frac{d_3}{\sqrt{N_0}} \right) + 2\text{erfc} \left(\frac{2d_2 - d_3}{\sqrt{N_0}} \right) \right. \\ & + 2\text{erfc} \left(\frac{2d_1 - 2d_2 - d_3}{\sqrt{N_0}} \right) - 2\text{erfc} \left(\frac{2d_2 + d_3}{\sqrt{N_0}} \right) \\ & - 2\text{erfc} \left(\frac{2d_1 - 2d_2 + d_3}{\sqrt{N_0}} \right) - 2\text{erfc} \left(\frac{2d_1 - d_3}{\sqrt{N_0}} \right) \\ & + 2\text{erfc} \left(\frac{2d_1 + d_3}{\sqrt{N_0}} \right) + 2\text{erfc} \left(\frac{2d_1 + 2d_2 - d_3}{\sqrt{N_0}} \right) \\ & \left. - 2\text{erfc} \left(\frac{2d_1 + 2d_2 + d_3}{\sqrt{N_0}} \right) \right) \quad (1.19) \end{aligned}$$

Yukarıda bahsi geçen 4/16 QAM ve 4/16/64 QAM arasındakine benzer ilişkiler 4/16/64 QAM ve 4/16/64/256 QAM arasında da bulunmaktadır. Bu özelliğinden dolayı bu BER hesaplamasına “tekrarlayan (recursive) algoritma” denilmektedir. Bu formüllere referans [10] ve [11]’den ulaşılabilir.

Hiyerarşik kare kiplemede 4/M QAM tipindeki bir kiplemenin sembol enerjisi için aşağıdaki formül kullanılabilir [10].

$$E_s = 2d_1^2 + \frac{2}{3} \left(\frac{M}{4} - 1 \right) d_2^2 \quad (1.20)$$

Yukarıdaki eşitlik kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu 4/16 QAM ve 4/64 QAM için sembol enerjileri aşağıdaki gibi bulunmuştur.

$$E_s^{4/16\text{QAM}} = 2d_1^2 + 2d_2^2 \quad (1.21)$$

$$E_s^{4/64\text{QAM}} = 2d_1^2 + 10d_2^2 \quad (1.22)$$

16/64 QAM, 4/256 QAM, 16/256 QAM ve 64 256 QAM için ise sembol enerjileri de aşağıdaki gibi bulunmuştur.

$$E_s^{16/64\text{QAM}} = 10d_1^2 + 2d_2^2 \quad (1.23)$$

$$E_s^{4/256\text{QAM}} = 2d_1^2 + 42d_2^2 \quad (1.24)$$

$$E_s^{16/256\text{QAM}} = 10d_1^2 + 10d_2^2 \quad (1.25)$$

$$E_s^{64/256\text{QAM}} = 42d_1^2 + 2d_2^2 \quad (1.26)$$

d_1/d_2 oranına “p”, öncelik parametresi (priority number) denilmektedir. Bu durumda 4/16 QAM hiyerarşik kipleme için:

$$d_1 = p * \sqrt{\frac{E_s}{2(p^2 + 1)}} \quad (1.27)$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{E_s}{2(p^2 + 1)}} \quad (1.28)$$

olarak elde edilebilmektedirler.

Benzer işlemler 4/64 QAM hiyerarşik kipleme için de yapıldığı takdirde d uzunluk vektörü [d_1 d_2 d_3] olarak ele alınıp, öncelikli olarak 4/16/64 QAM hiyerarşik kiplemesi için $d_2=2*d_3$ ve $d_1=p*d_2$ olarak hesaplanır. Bu durumda d vektörü değerleri şu şekilde elde edilir:

$$d_1 = p * \sqrt{\frac{E_s}{2(p^2 + 5)}} \quad (1.29)$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{E_s}{2(p^2 + 5)}} \quad (1.30)$$

$$d_3 = \sqrt{\frac{E_s}{8(p^2 + 5)}} \quad (1.31)$$

Yukarıda daha önce belirtilmiş olan bit hata oranı denklemlerinde d_i değerleri yerine sembol enerjisi cinsinden eşit oldukları değerler yazılıp denklemler sembol enerjisiyle ifade edilecek formata getirilir.

1.3.2 Kare Hiyerarşik Kiplerede Katmanların Bit Hata Oranları

Bölüm 1.3.1’ de kare hiyerarşik kipler için bit hata oranlarının nasıl elde edildiğine dair bilgi verilmişti. Ancak Hiyerarşik kiplelerde her katmanda sadece bir bit bulunmadığı göz ardı edilmemelidir. Örneğin 4/64 QAM tipindeki bir kiplerde temel katmanda 1, iyileştirme katmanında ise iki bit bulunmaktadır. Bu durumda iyileştirme katmanının bit hata oranının bulunabilmesi için Bölüm 1.3.1’de belirtilen formüllerin uyarlanması gerekmektedir.

Bu kapsamda BER_1 iyileştirme temele katmanın ve BER_2 ’ de iyileştirme katmanının bit hata oranlarını temsile etsin.

$$BER_1 = f_1(M, p, SNR_{N/M}) \quad (1.32)$$

$$BER_2 = f_2(M, p, SNR_{N/M}) \quad (1.33)$$

f_1 ve f_2 fonksiyonları birinci ve ikinci hiyerarşinin bit hata oranlarını hesaplamak için kullanılan fonksiyonlardır.

- M: kipler indeksi
- p: öncelik parametresi (d_1/d_2)
- SNR: E_S/N_0

Genellik ifade etmesi açısından 4/64 QAM kiplemesini ele alalım. Bu durumda temel katmanda yine bir bit iletileceği için BER formülünde herhangi bir değişiklik olmayacaktır ve f_1 fonksiyonu aşağıdaki gibi yazılabilecektir.

$$f_1(64, p, \text{SNR}) = P(16, d, i_1) \quad (1.34)$$

Ancak iyileştirme katmanında i_2 ve i_3 bitleri birlikte iletilecektir. Bu durumda f_2 fonksiyonunun i_2 ve i_3 bitlerinin BER değerlerine birlikte bağımlı olması gerekmektedir. Bu durumda bu iki bitin düz QAM' deki gibi aynı BER değerine sahip olmaları gerektiği varsayımından yola çıkılarak iyileştirme katmanının BER değeri bu iki bitin BER değerleri ortalamasına eşit olacaktır. Bu durumda f_2 fonksiyonu aşağıdaki gibi belirtilebilir.

$$f_2(64, p, \text{SNR}) = \frac{1}{2} (P(64, d, i_2) + P(64, d, i_3)) \quad (1.35)$$

Çalışmalarda katmanların BER değerleri için yukarıda tanımlana yöntem uygulanmıştır.

2. PROBLEM TANIMI

Tek kullanıcılı haberleşme kanallarında kullanıcının en çabuk ve hızlı şekilde itlim yapmasının en iyi yolunun veri hızını maksimum yapacak şekilde iletim yapmak olduğu belirgin bir şekilde ortadadır. Ancak kanalda iletim yapacak kullanıcıların sayılarının artması, veri hızının arttırmanın en iyi çözüm olmamasına, tam tersine bir kullanıcının veri hızının artmasının diğer kullanıcıların veri hızını en aza indirecek olmasından dolayı tamamlanma süresi açısından uygun bir çözüm olmamaktadır.

Bu kapsamda pratik uygulamalarda kullanılan farklı iletim yöntemlerinin sistemin en yüksek tamamlanma süresi üzerine etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

2.1 Sistem Modeli-1

Sistem Modeli-1’de iki kullanıcının iletim yaptığı kanallar incelenecektir. Tek bir zaman bloğu üzerinde kanal süresinin hızlı değişmediği (slow fading) kabulü yapılmaktadır. Ayrıca bu modelin incelemelerinde verici iletime hangi yöntemle başlarsa o yöntemle devam edecektir, yani bir kullanıcının paketini bitirmiş olması vericide herhangi bir kipleme değişimine neden olmayacaktır.

Ayrıca bu modelde incelemelerde eğer bir yöntem iki kullanıcıya birlikte iletim yapabiliyorsa başarılı sayılacaktır ve bu durumda tamamlanma süresi hesaplanacaktır. Başka bir deyişle sistemlerin tamamlanma sürelerinin hesaplanmasında iki kullanıcıya da iletim yapıyor olmaları koşulu aranmaktadır. Bu bakımdan sistemin kesinti olasılığı yani iki kullanıcıya birden iletim yapamama olasılığı da incelenecektir.

Bir alıcı kanaldan gelen sinyali aşağıdaki gibi görmektedir.

$$y = hx + z \quad (2.1)$$

- $h \sim \text{CN}(0,1)$ dağılımına sahiptir.
- $z \sim \text{CN}(0, N_0)$ dağılımına sahip bir Beyaz Gauss Gürültüsüdür (AWGN)
- x sembol enerjisi $E(x^2) = E_S$ olan sinyali ifade etmektedir ve sinyalin birinci ve ikinci kullanıcının mesajlarının (x_1 ve x_2) süperpozisyonu ile elde edildiği unutulmamalıdır.

Yukarıdaki kabuller doğrultusunda sistemin anlık Sembol SNR değeri

$$\text{SNR}_S = \frac{|h|^2 E_S}{N_0} \quad (2.2)$$

olmaktadır.

2.2 Sistem Modeli-2

İki kullanıcılu sistemler üzerinde inceleme yapılmıştır. Amaç tanımlanan iletim yöntemleriyle sistemin tamamlanma süresi üzerine incelemelerde bulunmaktadır. Bu kapsam kullanıcıların gördüğü kanalların Rayleigh Kanallar oldukları varsayılmaktadır. Yani verici ile alıcıların direkt bağlantıları bulunmamaktadır. Kanal kazançları kullanıcı iletimini bitirmeden değişebilmektedir. Başka bir deyişle kanal süreleri hızlı değişmektedir. Kazançlar, kanal süreleri boyunca sabit kalmakta ve kanal süreleri dolduktan sonra değişmektedir. Kullanıcıların bu kapsamda bir iletim

boyunca birden fazla kanal kazancı gördükleri kabul edilmektedir. Bu durumda kanal yapısını blok sönümlü kanal yapısına dönüştürmektedir. Bir kullanıcı tek bir kanal süresi boyunca 2.1’de verilen alıcı sinyali gibi bir y sinyali görecektir. Bölüm 2.1 için geçerli olan kabuller Sistem Modeli-2 için de geçerlidir.

Yapılan bir diğer önemli varsayım da vericinin kullanıcılarla arasındaki kanalların, anlık bilgilerine sahip olmasıdır. Böylelikle verici verileri iletmeden kullanıcıları kanal durumlarına göre uygun kipleme yöntemleri arasında seçim yapabilmektedir.

Sistem Modeli-2 kendi içinde dört farklı şekilde incelenecektir:

1. $T_{\text{kanal}} > T_C$ ve bir kanal süresi boyunca kiplemenin değişmediği model
2. $T_{\text{kanal}} > T_C$ ve kanal süresi boyunca kullanıcılardan birinin bitlerinin erken bitmesi durumunda vericinin kipleme yöntemini kalan kullanıcıya göre yeniden belirleyebildiği model
3. $T_{\text{kanal}} < T_C$ ve bir kanal süresi boyunca kiplemenin değişmediği model
4. $T_{\text{kanal}} < T_C$ ve kanal süresi boyunca kullanıcılardan birinin bitlerinin erken bitmesi durumunda vericinin kipleme yöntemini kalan kullanıcıya göre yeniden belirleyebildiği model

3. SİSTEM İNCELEMELERİ

Sistem Modeli-1’de her iki kullanıcıya da aynı anda iletim yapılmasına izin veren yöntemler incelenmektedir. [16]’da belirtilen hiyerarşik kipleme ile desteklenmiş fırsatçı çizelgeleme; kullanıcılara zaman zaman tek başlarına iletim, zaman zaman da hiyerarşik kipleme kullanılarak birlikte iletim yapılmasına izin veren yöntem (Hierarchical Modulation Assisted Opportunistic Scheduling; HA-OS); HA-OS yöntemi üzerinde iyileştirme yapılarak oluşturulan Uyarlanmış HA-OS (Modified HA-OS, MHA-OS) ve sırasıyla sistemde birden fazla koruma seviyesi olmasına izin veren MHA-OS-2p (İki farklı koruma seviyesi) ile MHA-OS-3p (3 farklı koruma seviyesi) ve bu yöntemlerin hiyerarşik kipleme bölgelerinin genişletildiği (Extended Hierarchical Modulation Assisted Algorithm, EHA) bir, iki ve üç farklı p değerlerine göre (EHA-2p ve EHA-3p) incelenecektir.

Sistem Modeli-2 için, Zaman Bölmeli iletim; Fırsatçı Çizelgeleme (Opportunistic Scheduling, OS); HA-OS, MHA-OS, MHA-OS-, MHA-OS-3p algoritmaları incelenecektir. Bu kapsamda yöntemler Bölüm 2.2’de bahsedildiği gibi alt başlıklar halinde incelenecektir.

3.1 Sistem Modeli-1 İçin İncelemeler

Bu incelemelerde Bölüm 2.1’de bahsedildiği gibi yöntemlerin sadece tek bir zaman dilimi üzerindeki performansları incelenmektedir. Bu modelde iletim yöntemlerinin başarılı sayılabilmesi, sistemin iki kullanıcıya da aynı anda iletim yapmaları şartı aranacaktır, en az bir kullanıcıya dahi hizmet veremedikleri durumda sistem kesintide varsayılacaktır. Bütün kullanıcıların eş zamanlı iletim yapabildiği ya da yapamadığı varsayımı yapılmakta ve böylelikle kullanıcıların kesinti olasılıkları eşit olmaktadır[17].

Başarım kriteri yukarıda anlatıldığı gibi belirlendikten sonra, zaman bölmeli iletim ve fırsatçı çizelgelenmeler inceleme dışında kalacaktır. Çünkü bu yöntemlerin hiçbirinde iki kullanıcıya aynı anda iletim olasılığı bulunmamaktadır. Bu nedenle bu iki sistemin iki kullanıcıya aynı anda iletim yapma olasılığı sıfır olmaktadır.

Sistem Modeli-1 kapsamında HA-OS, MHA-OS, MHA-OS-2p, MHA-OS-3p ve ileriki bölümlerde daha detaylı tanımlayacağımız Genişletilmiş Hiyerarşik İletim Algoritması (EHA) karşılaştırılacaktır.

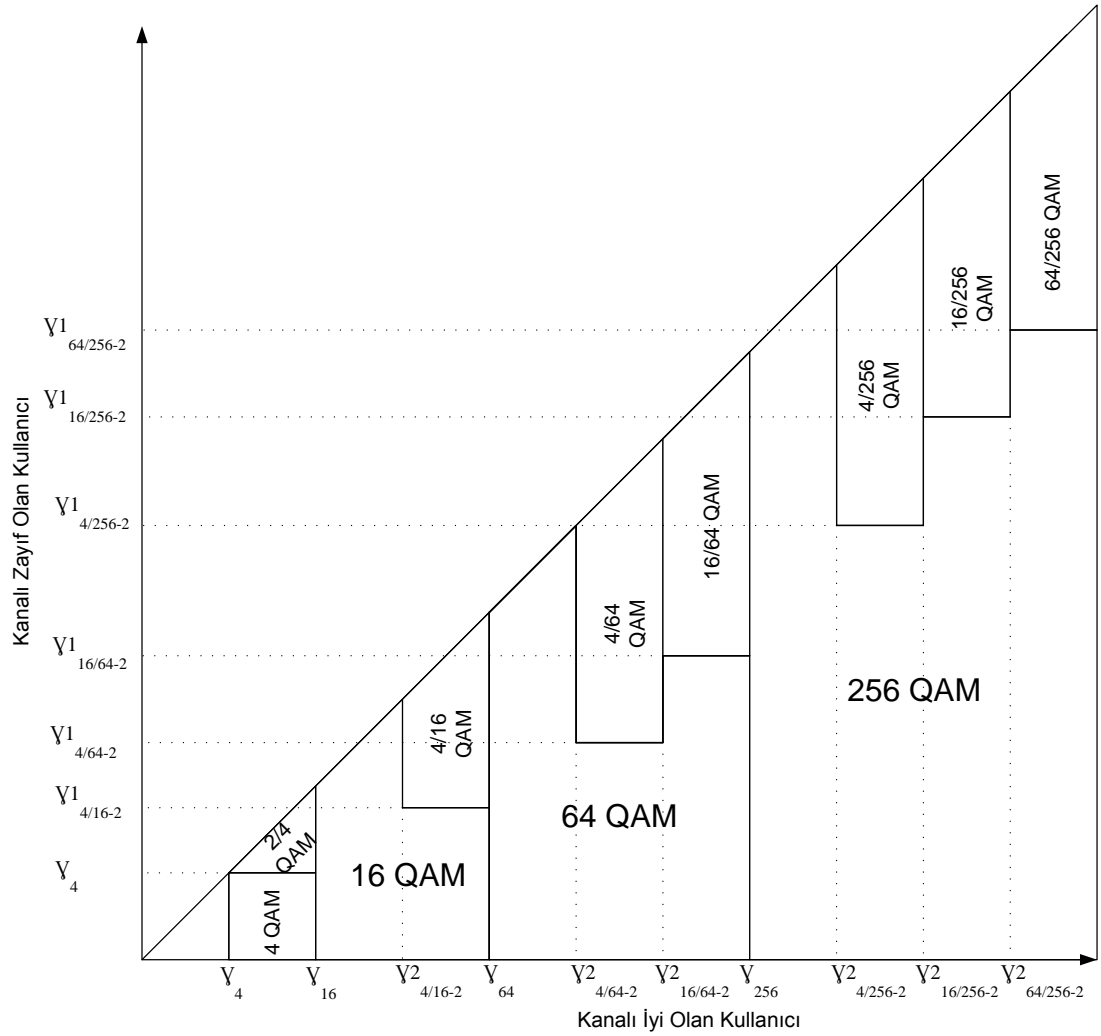
3.1.1 Hiyerarşik Kiplleme ile Desteklenmiş İki Kullanıcı Fırsatçı Çizelgeleme (HA-OS)

Bu yöntemin en önemli amacı sistemin toplam en yüksek veri hızını değiştirmeden ikinci bir kullanıcıyı da sisteme dahil edebilmektir. Bu amaç doğrultusunda sistem kanalların durumlarına paralel olarak kullanıcılara zaman zaman hiyerarşik kiplleme kullanarak birlikte konuşurken zaman zaman da sadece kanal durumu en iyi olan kullanıcıya iletim yapar[16]. Ancak bu modelde sistemin sadece tek kullanıcıya iletim yaptığı bölgeler başarısız olarak değerlendirilmektedir.

Bu yöntem kapsamında kullanılan kara verme bölgeleri Şekil 3.1’de verilmektedir. Ancak sistem her bölgede iki kullanıcıya birden iletim yapmamaktadır. Bu nedenle hiyerarşik kiplleme yapabileceği bölgelere belirli olasılıklar dahilinde girebilecek, yani belirli bir olasılık çerçevesi içinde sistem başarılı olacaktır.

Şekil 3.1’de bölgelerin sınır değerlerini oluşturan $\gamma_{N/M-p}^K$ řu şekilde okunabilmektedir:

- γ : Sembol SNR
- K: Değerin hangi katman için geçerli olduğunu gösterir (1: Temel Katman; 2: İyileştirme Katmanı)
- N/M: Hangi kiplemenin sınır değeri olduğunu belirtir.
- p: Öncelik katsayısını belirtmektedir.



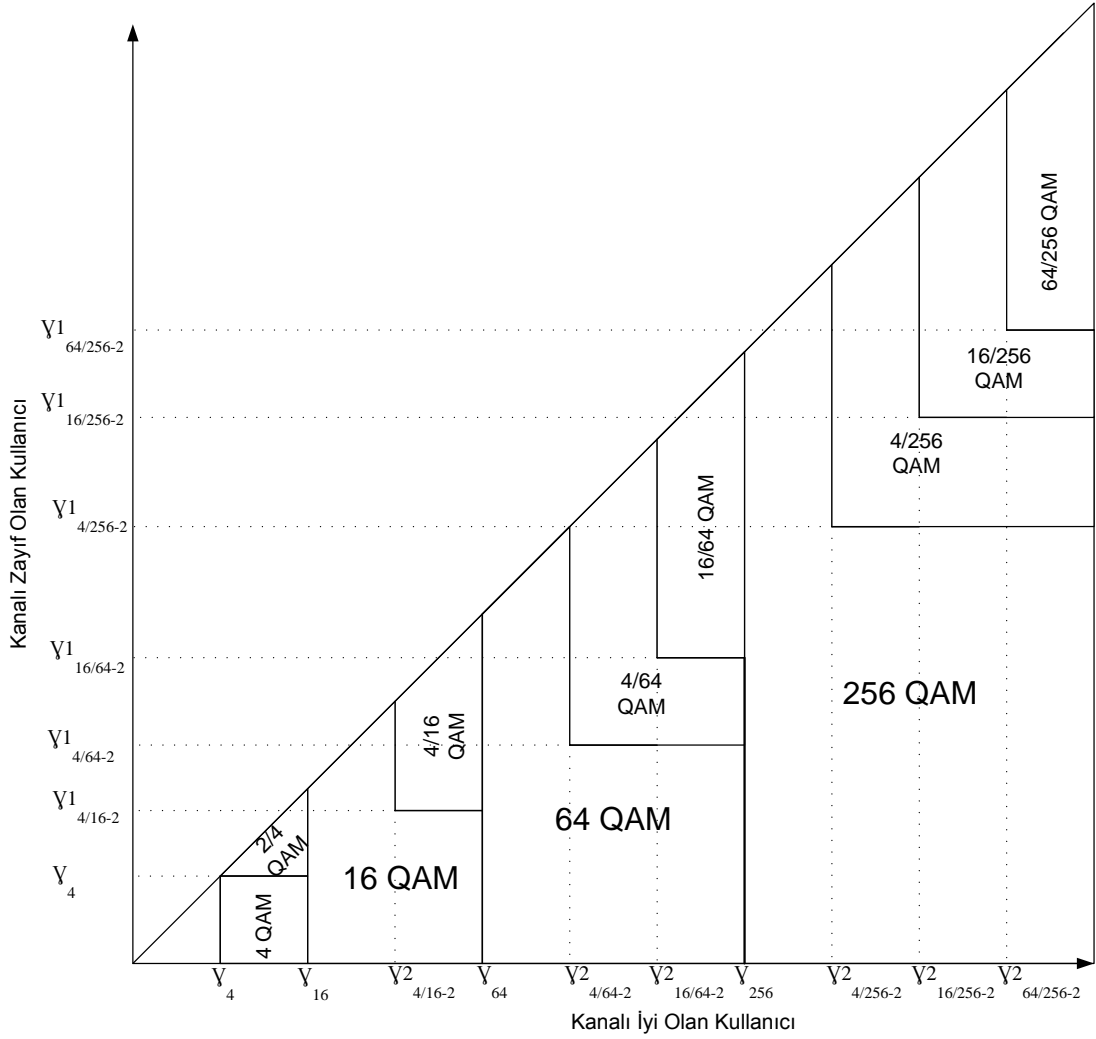
Şekil 3.1: Karar verme bölgeleri ($p=2$; $BER_{\text{hedef}}=10^{-4}$)

Sistemin tamamlanma süresi sadece hiyerarşik kipleme yapabildiği durumlar için hesaplanıp, her iki kullanıcıya birden iletim yapma olasılığı ile birlikte incelenecektir.

3.1.2 Uyarlanmış HA-OS (MHA-OS)

Bu yöntem temel itibari ile HA-OS' yi referans almaktadır. Yöntemin getirisi HA-OS'nin katmadığı ancak sistemin hiyerarşik kiplemelere izin verebileceği bölgeleri de hiyerarşik iletim yapılabilecek bölgeler arasına sokup, hiyerarşik kipleme bölgelerini genişletmektir. Böylelikle iki kullanıcıya iletim yapabilme sıklığı arttırılarak tamamlanma süresinin azaltılması amaçlanmaktadır.

Bu kapsamda HA-OS'nin karar verme bölgeleri MHA-OS için Şekil 3.2'de belirtilmektedir. Bu bölgeler incelendiğinde sistem HA-OS'ye göre biraz daha geniş bir alanda iki kullanıcıya birden konuşulmasına izin vermektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde bu yöntemin kesintide olma olasılığının daha az olması beklenmektedir.

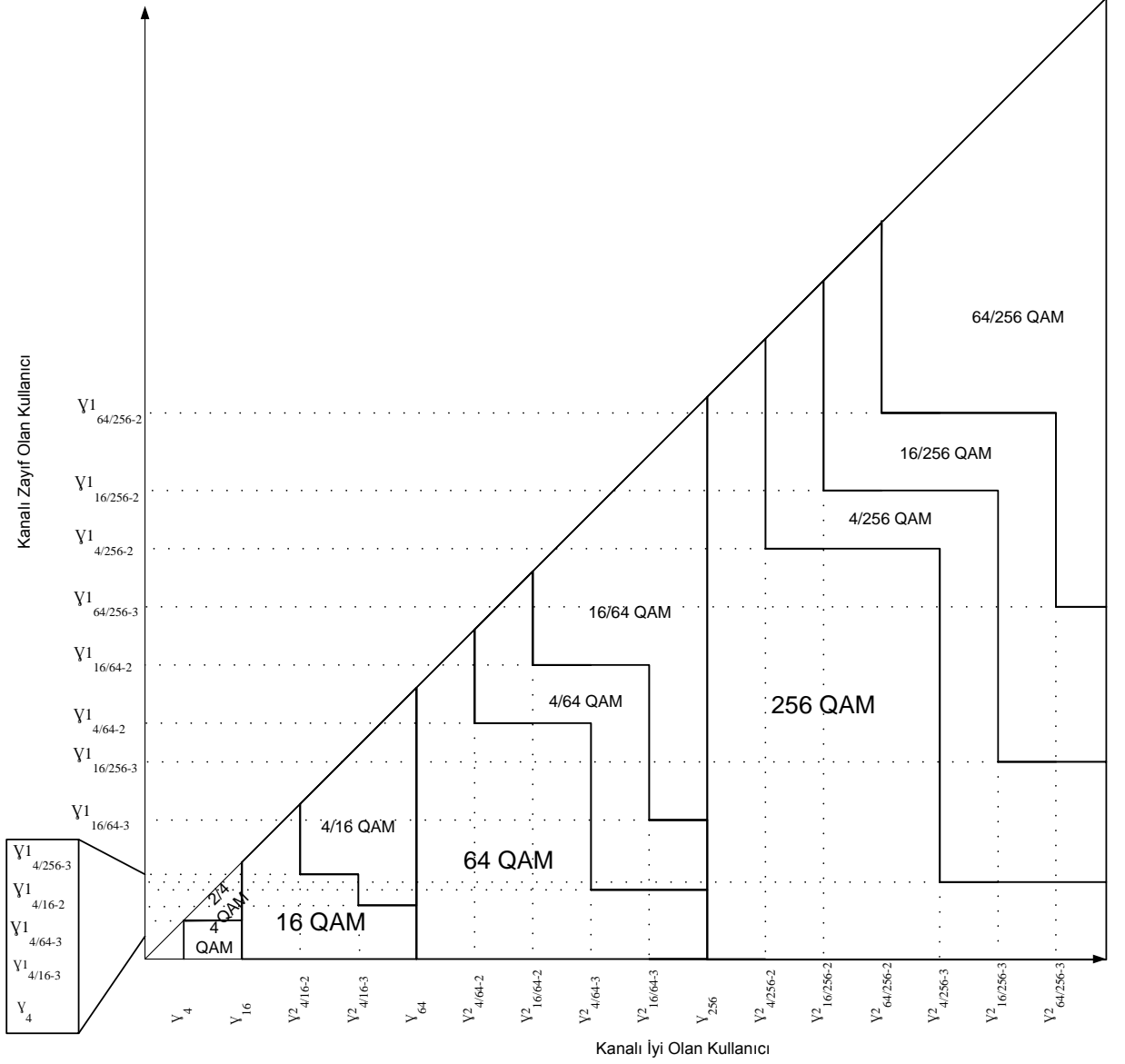


Şekil 3.2: MHA-OS karar verme bölgeleri ($p=2$; $BER_{\text{hedef}}=10^{-4}$)

Kullanıcılara aynı anda bitmelerini sağlayacak şekilde bir iletim yönteminin seçilmesinin tamamlanma süresinin azaltacağı Bölüm 1.2’de elde edilen çıkarımlardan biriydi. Bu kapsamda vericinin her iki kullanıcı ile mümkün olduğu kadar sık birlikte konuşmasını sağlamanın sistemin tamamlanma süresini en aza indireceği değerlendirilmektedir.

İncelenen yöntemlerde hiyerarşik kiplenme yapılan bölgelerin sınırlarını genişletmenin en kolay ve pratik yolu sistemin iletim yaparken birden fazla “p” değeri kullanımına izin vermesi olacaktır. Bu kapsamda iki ve üç farklı “p” değerinin

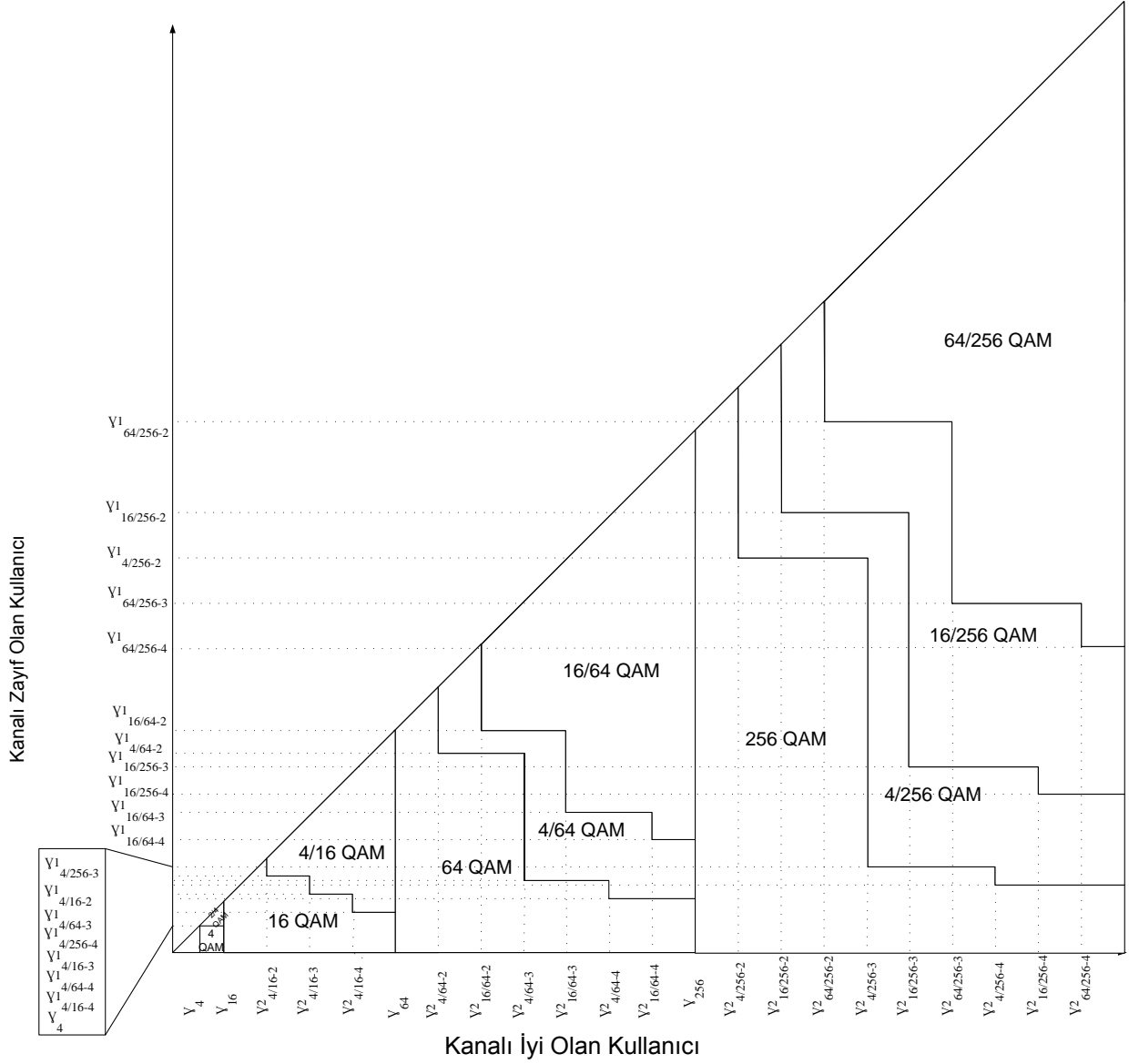
bulunduğu sistemlerin karar verme bölgeleri sırasıyla Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'te verilmektedir.



Şekil 3.3: İki farklı p değeri için oluşturulan MHA-OS-2p karar verme bölgeleri

Şekil 3.3'de hiyerarşik kipleme bölgelerinin, iki kullanıcıya aynı anda iletim yapılabilecek bölgelerin, alanının arttığı görülmektedir. Bu bölgelerin artması ile sistem iki kullanıcıya aynı anda konuşma fırsatını daha sık yakalayabilecektir ve

bunun sistemin tamamlanma süresi üzerinde olumlu bir etkisi olması beklenmektedir.



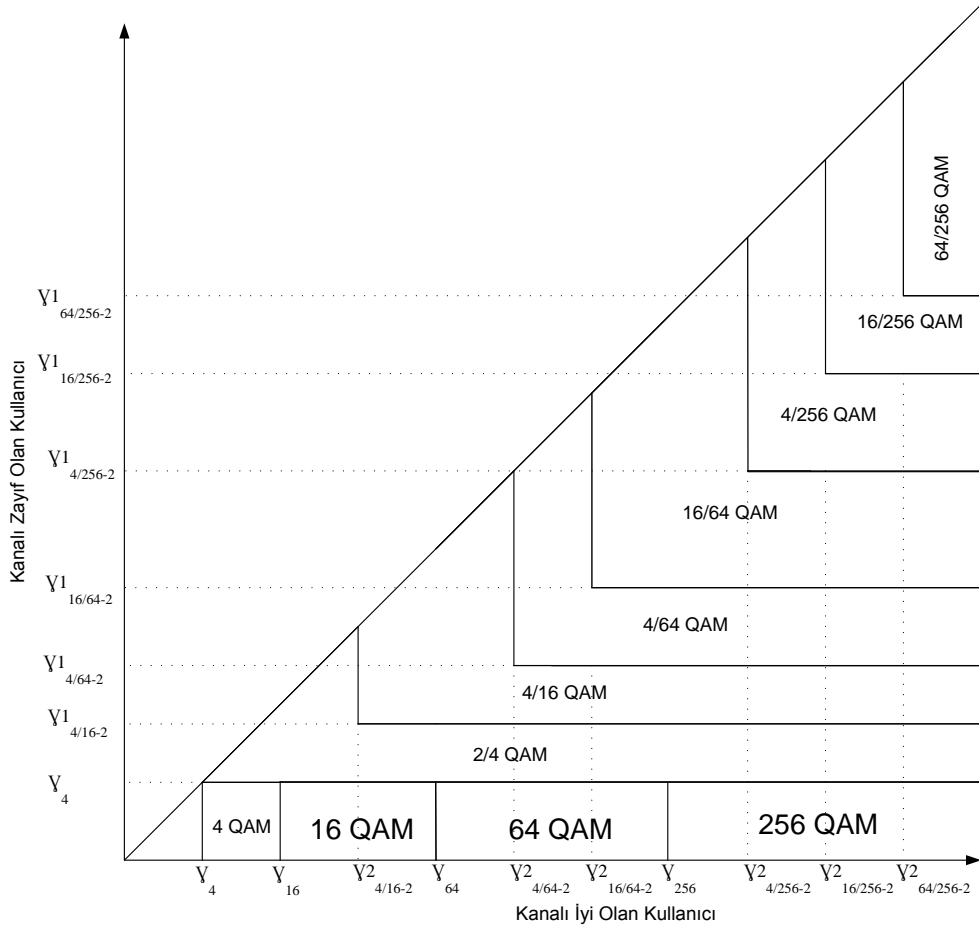
Şekil 3.4: Üç farklı p değeri için oluşturulan MHA-OS-3p karar verme bölgeleri

Şekil 3.4'ten de görüldüğü üzere karar verme bölgeleri içerisinde p sayısının çeşitlenmesine izin verilmesi, hiyerarşik kiplenme yapılan bölgelerin sınırlarını arttırmaktadır. Bu kapsamda p'nin çözünürlüğü arttıkça sistem iki kullanıcıya daha

sık konuşma fırsatı bulacağında sistemin tamamlanma süresinin azalması beklenmektedir.

3.1.3 Genişletilmiş Hiyerarşik İletim Algoritması (EHA)

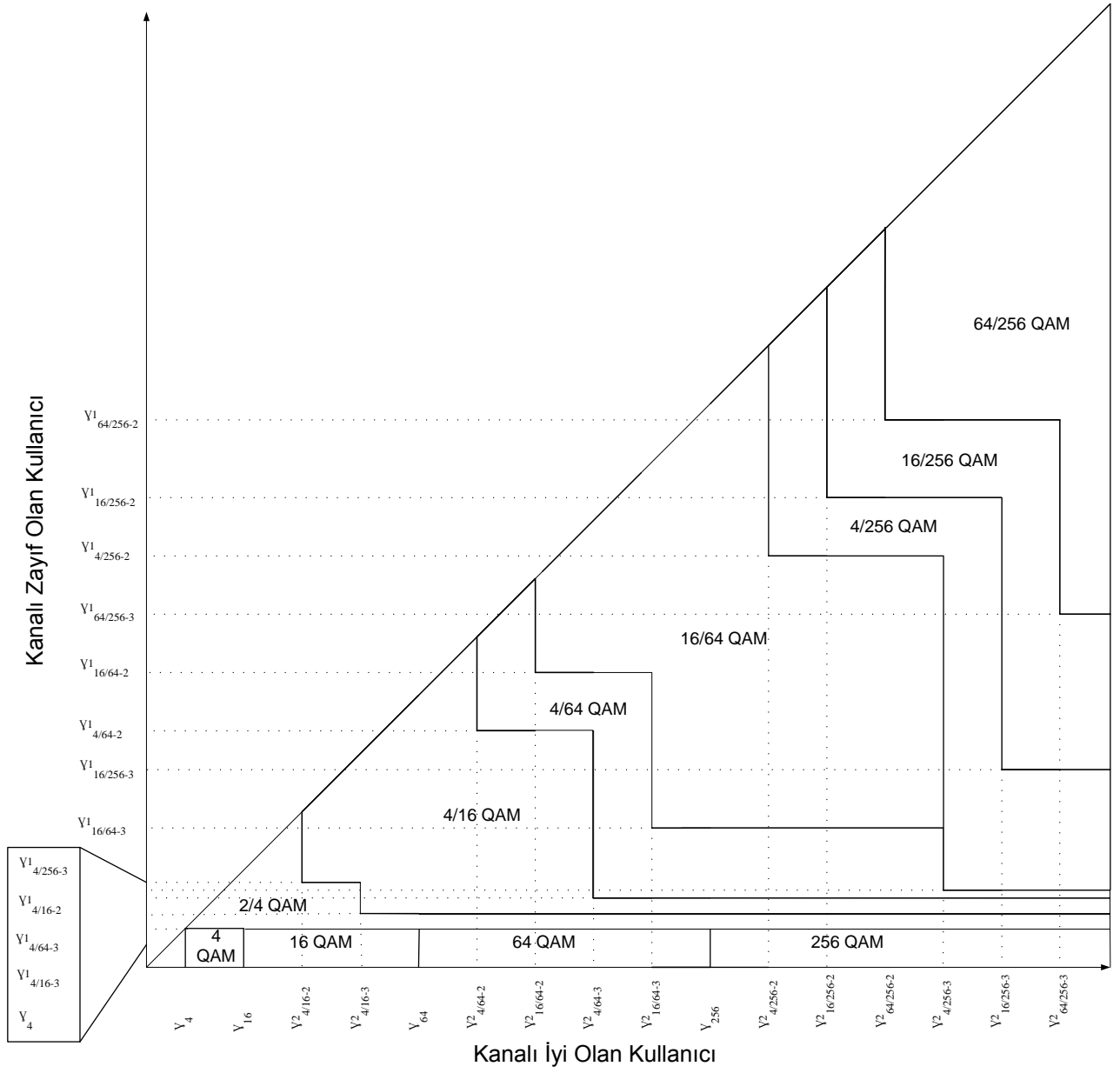
Bu yöntemin en önemli avantajı her iki kullanıcının da SNR_S değerinin γ_4 'ten büyük olması durumunda ikisine de birlikte iletim yapılmasına izin vermesidir. Bu kapsamda bahsi geçen diğer yöntemlere göre hiyerarşik kiplenme yapılmasına izin verilen bölgelerin genişliği daha fazla olduğu için sistemin başarımı daha yüksek olacaktır. Bu yaklaşım için karar verme bölgeleri Şekil 3.5'de gösterilmektedir.



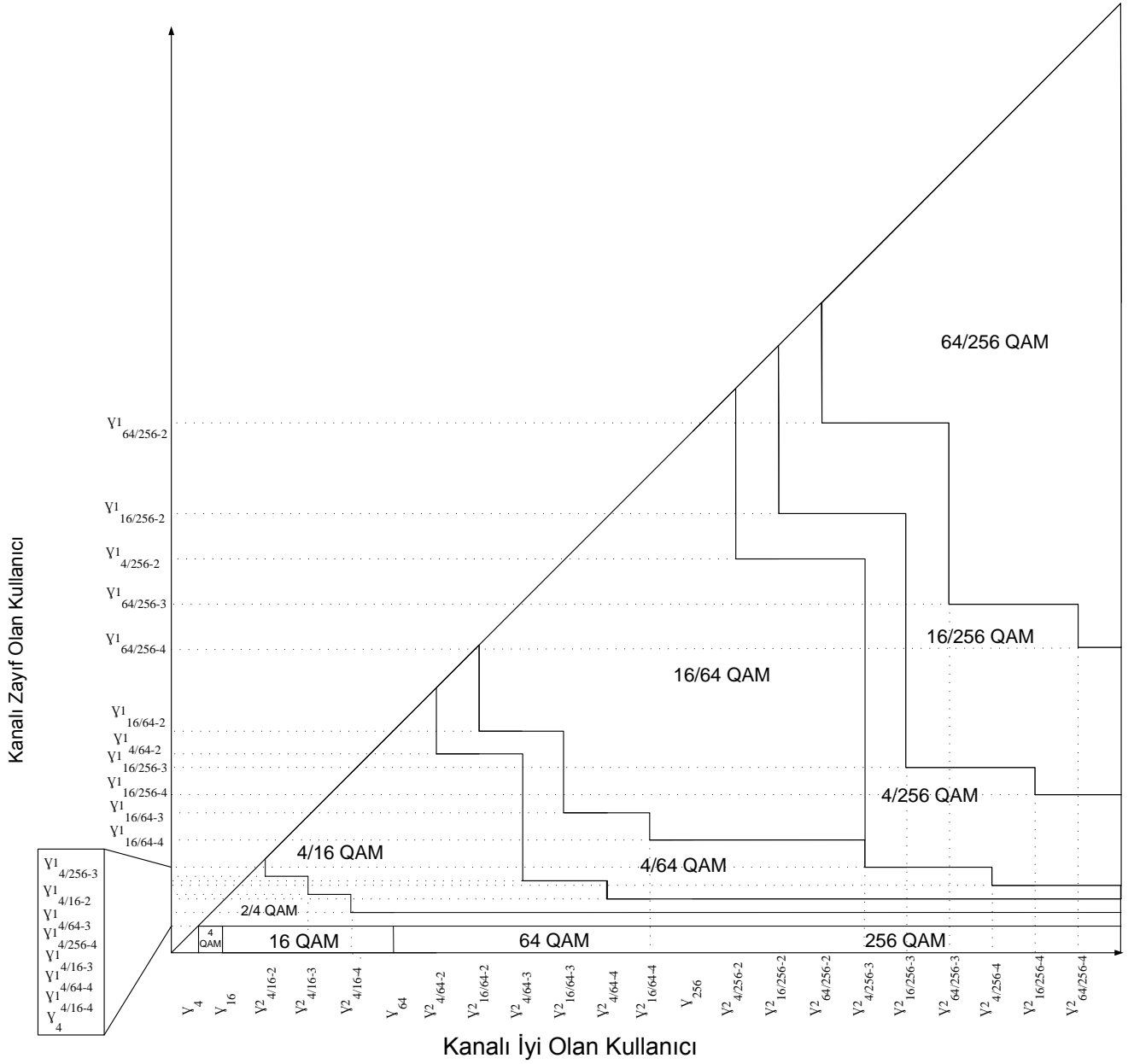
Şekil 3.5: EHA Karar verme bölgeleri

Şekil 3.5'ten de görüldüğü gibi bu sistemin iki kullanıcıya birden iletim yapabildiği bölgelerin alanı diğer sistemlere göre oldukça geniştir. Bu açıdan bu sistemin başarımlı olmasının daha yüksek olması beklenmektedir.

EHA-2p ve EHA-3p için elde edilen karar verme bölgeleri de sırasıyla Şekil 3.6 ve Şekil 3.7'de verilmiştir. Bölgeler incelendiğinde Hiyerarşik kiplenme yapılan bölgelerin toplam alanında bir değişiklik olmamıştır. Ancak yüksek kiplenme yapılan bölgelerin alanlarında genişleme sağlanarak tamamlanma süresinin azaltılması amaçlanmıştır.



Şekil 3.6: EHA-2p karar verme bölgeleri (p=2 ve p=3 için elde edilmiş bölgeler)



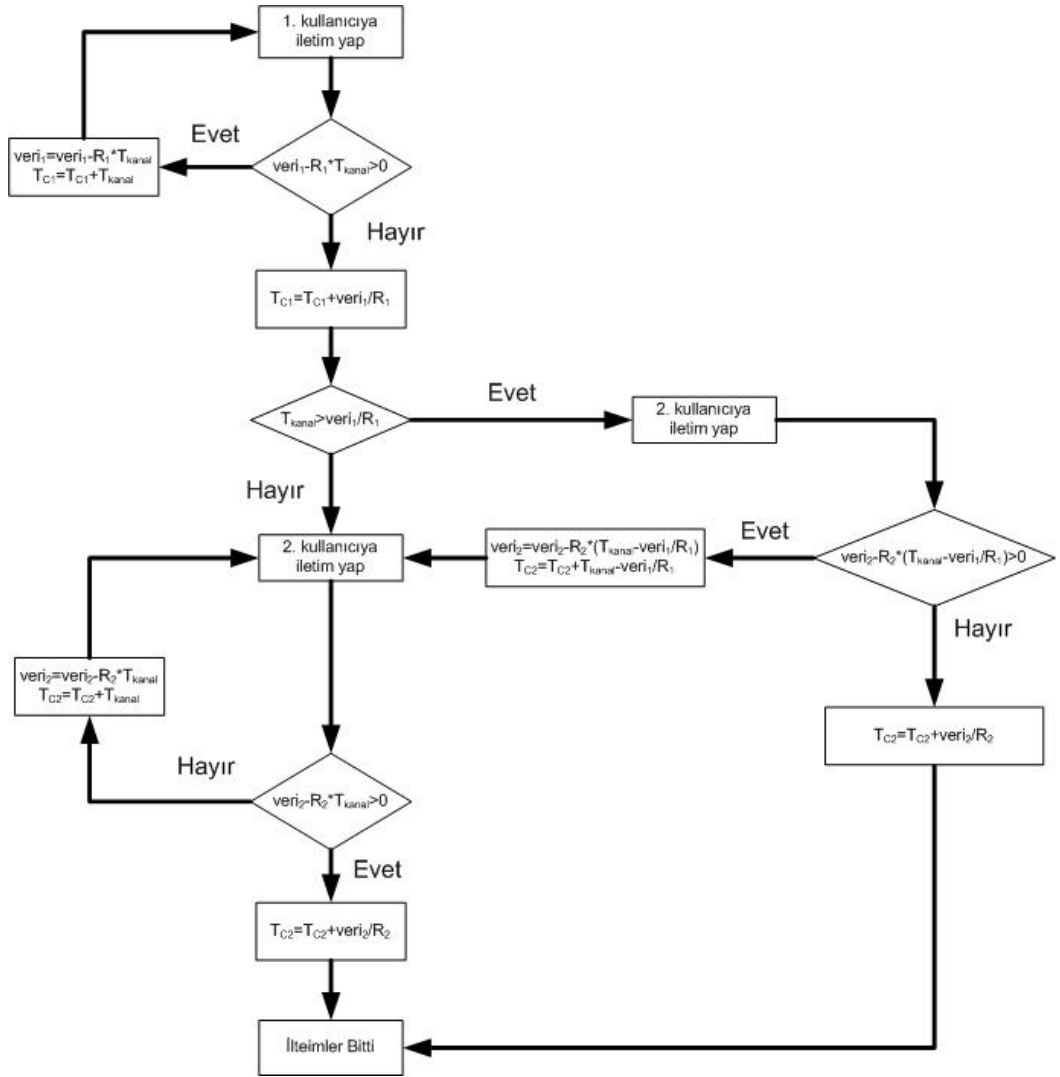
Şekil 3. 7: EHA-3p karar verme bölgeleri ($p=2, p=3$ ve $p=4$ için elde edilmiş bölgeler)

3.2 Sistem Modeli-2 İçin İncelemeler

3.2.1 Zaman Bölmeli İletim (TD)

Zaman bölmeli iletimde amaç önce kullanıcılardan birinin işini bitirip daha sonra diğer kullanıcıya iletim fırsatı vermektir. Bu kapsamda sistemin tamamlanma süresi ayrı iki kullanıcının paketlerini bitirmeleri için geçen srelerin toplamına eşit olacaktır.

Zaman bölmeli kanalda çok blokluyapı benzetimlerinde kullanılan algoritmanın akış diyagramı detayı Şekil 3.8'de verilmektedir.

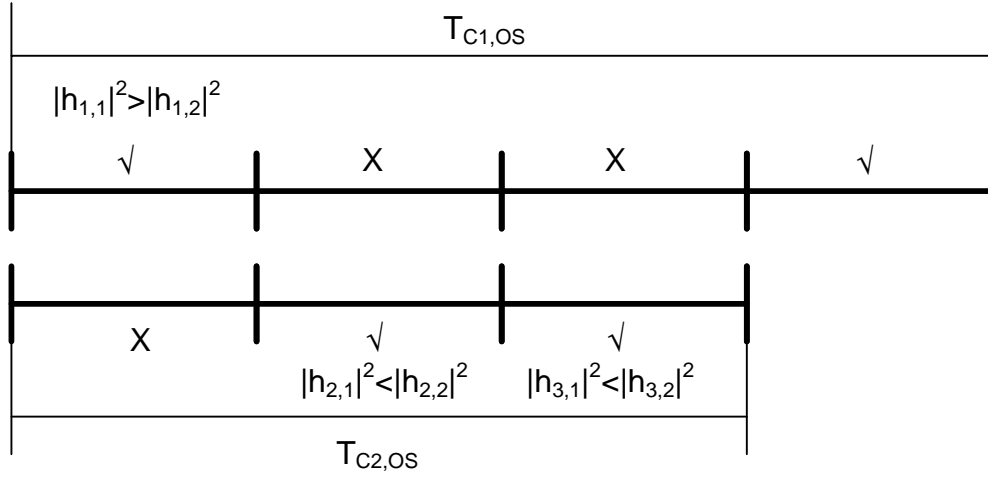


Şekil 3.8: Çok Bloklü Yapıda Zaman Bölmeli Kanalı Akış Diyagramı

Akış diyagramı incelendiğinde sistemin tamamlanma süresinin Bölüm 1.2' de bahsedildiği gibi olduğu görülmektedir. Verici hiçbir şekilde birinci kullanıcının verisi bitmeden ikinci kullanıcıyı sisteme dahil etmemektedir. Bu yapıdan dolayı zaman bölmeli kanalda ikinci kullanıcı birinci kullanıcının iletimini tamamladığı süre kadar beklemektedir. Bundan dolayı sistemin maksimum tamamlanma süresi $T_{C1}+T_{C2}$ olarak hesaplanmaktadır.

3.2.2 Fırsatçı Çizelgeleme (OS)

Bölümün başında vericinin kanalların anlık durumları hakkındaki tüm bilgilere sahip olduğunu belirtmiştik. Bu kapsamda verici iletme başlamadan önce kullanıcıların kanal durumuna göre hangi kullanıcıya iletim yapacağını seçme hakkına sahiptir. Bu bakımdan kanalların anlık durumuna göre vericinin en iyi kanal kazancına sahip kullanıcıyı seçmesinin kullanıcıların verilerini daha hızlı eritebilmelerine etki edeceği değerlendirilmektedir. Bu kapsamda fırsatçı çizelgelemede sistemin maksimum tamamlanma süresi zaman bölmeli kanallardaki gibi $T_{C1,OS}+T_{C2,OS}$ olmayacaktır, sistemin tamamlanma süresini $T_{C1,OS}$, $T_{C2,OS}$ ifadelerinden büyük olan belirleyecektir.



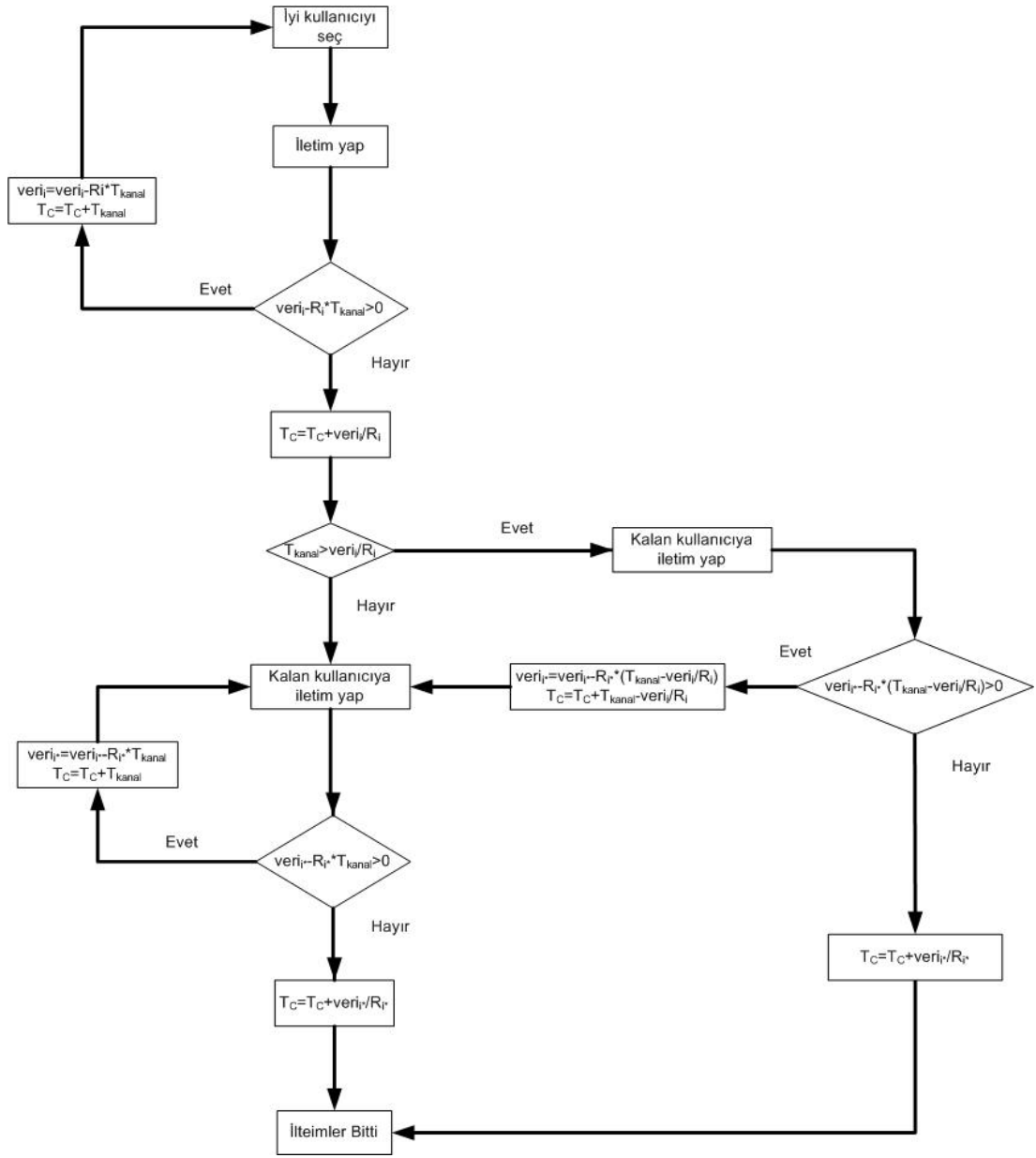
Şekil 3.9: Çoklu Blok Fırsatçı Çizelgeleme Tamamlanma Süresi

Fırsatçı çizelgelemede verici kullanıcılardan birinin bitlerini bitirene kadar her blok için iletim yapmadan önce en iyi kanala sahip kullanıcıyı seçip iletim yapmaktadır. Böylelikle veri hızının en yüksek olması sağlanabilmektedir. Kullanıcılardan kanalı iyi olan kullanıcının bitleri bittiği takdirde, verici, kanalı zayıf kullanıcının kullanmasına izin verecek ve mümkün olan en yüksek veri hızı ile iletme başlayacaktır.

Bu kapsamda Şekil 3.9'daki tamamlanma sürelerini inceleyelim. Birinci blokta birinci kullanıcının kanalı daha iyi olduğu için verici birinci kullanıcının iletim yapmasına izin vermiştir. Ancak onu takip eden sonraki iki blokta ikinci kullanıcının kanalı birinciden daha iyi olduğu için verici birinci kullanıcının paketi bitmeden ikinci kullanıcının paketlerini iletmeye başlamıştır ve ikinci kullanıcının paketlerini üçüncü bloğun sonunda bitirmiştir. Dördüncü blokta da tek başına kalan birinci kullanıcıya iletim yapmaya başlayıp, birinci kullanıcının paketini bitirmiştir. Böylelikle birinci kullanıcının tamamlama süresi $T_{C1,OS}$ 4 blok sürmüştür. İkinci kullanıcının tamamlanma süresi $T_{C2,OS}$ üç blok sürmüştür. Bu durumda sistemin en yüksek tamamlanma süresi $TC, \max(T_{C1,OS}, T_{C2,OS})$; yani $T_{C1,OS}=4$ Blok sürmüştür olacaktır.

Bu kapsamda fırsatçı çizelgeleme yönteminin tamamlanma süresinin daha önce belirttiğimiz gibi zaman bölmeli kanaldan daha iyi çıkması ve iki kullanıcının toplam tamamlanma süresinden daha küçük bir değere eşit olması beklenmektedir.

Fırsatçı çizelgeleme için çok bloklu yapı benzetimlerinde kullanılan algoritmanın akış diyagramı detayı Şekil 3.8'te verilmektedir.



Şekil 3.10: Çoklu Blok Fırsatçı Çizelgeleme akış diyagramı

Akış diyagramında T_C sistemin çalıştığı en uzun süreyi hesaplamaktadır. “i” hangi kanalın iyi olduğu durumuna göre birinci veya ikinci kullanıcıya ait verileri belirtmektedir. “i*” indisi de verici kullanıcılardan birinin bitlerini bitirdikten sonra sistemde kalan kullanıcıya ait bilgileri belirtmektedir. Bu durumda fırsatçı çizelgelemede sistemin tamamlanma süresi için Şekil 3.9’daki gibi bir sonuç ortaya

çıkılmaktadır. Bu sonuca göre sistemin en yüksek tamamlanma süresi bit iletimi en son biten kullanıcının tamamlanma süresine eşit olmaktadır.

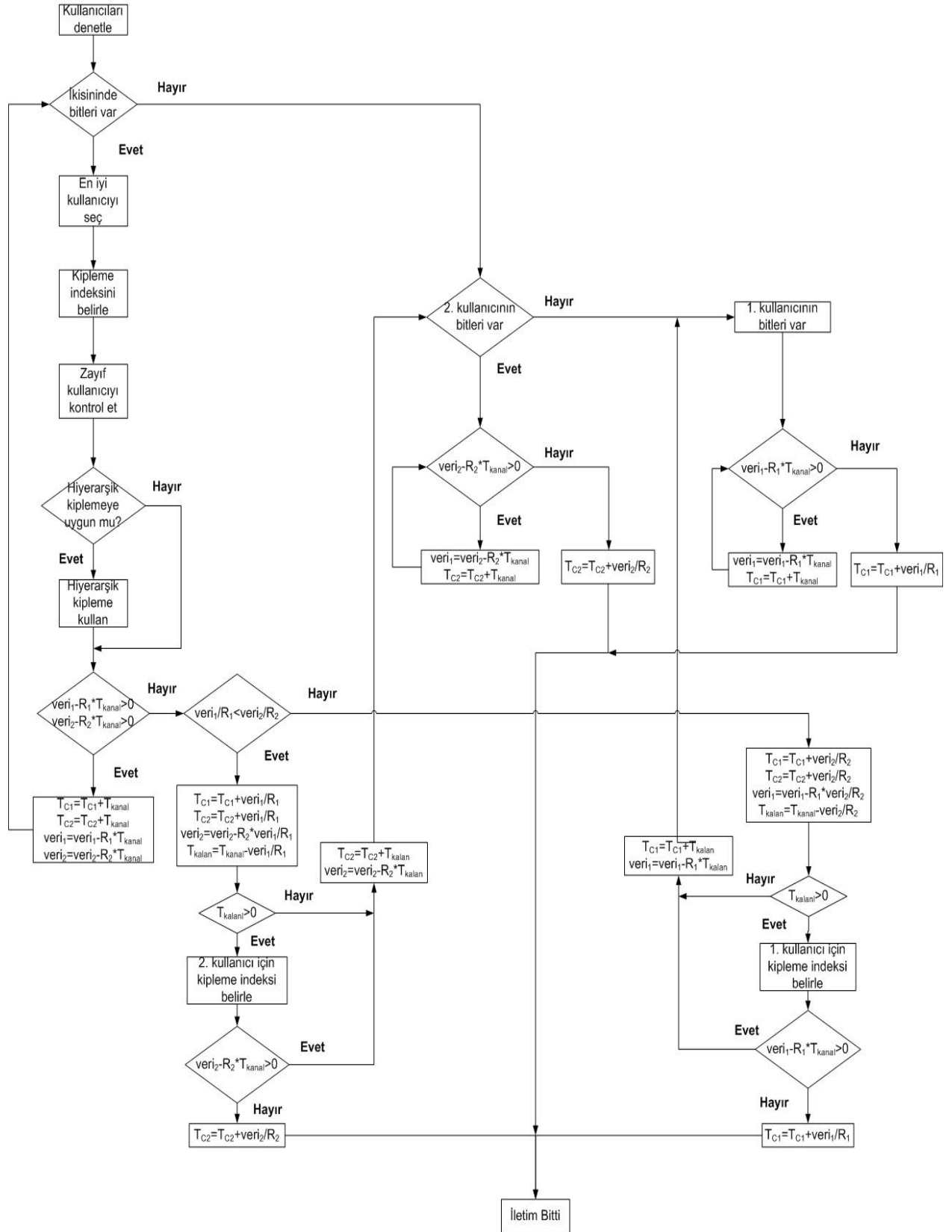
3.2.3 HA-OS

Bu bölümde HA-OS'nin karar verme bölgeleri belirlenirken Şekil 3.1'e sadık kalınmıştır.

Sistem karar verme işlemini şu şekilde gerçekleştirmektedir[16]:

1. Sistem kanalı en iyi olan kullanıcıyı seçer.
2. Kanalı iyi kullanıcıya göre en iyi kipleme yöntemini seçer. Böylelikle sistemin toplam veri hızında kayıp olmaması sağlanır.
3. Zayıf kullanıcının kanalını inceler.
4. Mevcut yapısıyla sembol SNR değerlerinin uygun hiyerarşik kipleme bölgelerinde olup olmadığını denetler. Eğer uygun değilse sadece birinci kullanıcıya veri iletimi yapılır.
5. Zayıf kullanıcının sembol SNR değeri hiyerarşik kipleme yapılmasına izin verecek durumdaysa, uygun iki katmanlı kipleme yöntemi seçilir.
6. Temel katmana, kanalı daha zayıf olduğu için ve verisi daha çok korumaya ihtiyaç duyacağı için zayıf kullanıcı, iyileştirme katmanına da daha güçlü bir kanala sahip olduğu için bitlerinin daha az korumaya ihtiyaç duymasından dolayı iyi kullanıcı yerleştirilir.
7. İletim yapılır.

Tanımlanan karar verme bölgelerine göre HA-OS'nin çoklu blok tamamlanma süresi benzetimlerinde kullanılan algoritmanın akış diyagramı Şekil 3.11' de verilmektedir.



Şekil 3.11: HA-OS akış diyagramı

Hiyerarşik kipleme ile desteklenmiş fırsatçı çizelgelemenin kullanıldığı bir haberleşme ortamında sistemin tamamlanma süresinin fırsatçı haberleşmedeki gibi kullanıcıların tamamlanma sürelerinin yükseğine eşit olacağı görülmektedir. Ancak bu yöntemin zaman zaman aynı anda iki kullanıcıya iletim yapılmasına izin verdiği değerlendirildiğinde sistemin tamamlanma süresinin düşeceği düşünülmektedir. Bölüm 1.2' ye bakıldığında iki kullanıcıyı birlikte konuştuğu sistemlerin maksimum tamamlanma süresinin daha düşük olduğu görülmektedir.

3.2.4 MHA-OS

Bu yöntemin temel itibari ile HA-OS'yi referans aldığını belirtmiştik. Yöntemin asıl amacı hiyerarşik kipleme bölgelerini genişleterek en yüksek tamamlanma süresini azaltmaya çalışmaktır.

Bu kapsamda MHA-OS için Şekil 3.2'deki karar verme bölgelerine sadık kalınmıştır. Bu bölgeler incelendiğinde sistem HA-OS'ye göre biraz daha geniş bir alanda iki kullanıcıya birden konuşulmasına izin vermektedir. MHA-OS-2p ve MHA-OS-3p içinde sırasıyla Şekil 3.6 ve Şekil 3.7'teki karar verme bölgelerine sadık kalınmıştır.

Ayrıca bu yöntemlerin çoklu blok tamamlanma süresi benzetimleri yapılırken kullanılan algoritma genel itibari ile HA-OS'nin algoritması ile aynıdır. Bu nedenle algoritmanın akış diyagramı olarak Şekil 3.11'deki akış diyagramı incelenebilir.

3.2.5 EHA

Bu yöntem ile her iki kullanıcının da SNR_s değerinin γ_4 'ten büyük olduğu durumlarda hiyerarşik kipleme ile iletim yapılmasına izin vermektedir.. Bu kapsamda

bahsi geçen diğer yöntemlere göre daha geniş hiyerarşik kipleme bölgelerine sahip oldukları belirtilmiştir. Çoklu blok yapıların benzetimlerin yöntemin karar verme bölgeleri belirlenirken EHA, EHA-2p ve EHA-3p için sırasıyla Şekil 3.5, Şekil 3.6, ve Şekil 3.7'deki karar verme bölgelerine sadık kalınmıştır.

3.3 Sınır Değerlerinin Belirlenmesi

Bölüm 3' de incelenecek yöntemler, karar verme bölgeleri ve akış diyagramları hakkında bilgi verilmişti. Bu bölümde karar verme bölgelerinin sınır değerlerini oluşturan sembol SNR değeri SNR_s , başka bir gösterimle γ değerlerinin nasıl elde edildiği hakkında bilgi verilecektir.

Sınır değerlerini oluşturan γ hesaplanırken kipleme yöntemlerinin sağlamaları gereken bir BER hedefi seçilmiştir. Bu durumda sınır değerleri için kiplemelerin en kötü hedef BER değerini sağlamaları için ihtiyaç duydukları sembol SNR, γ , değerleri hesaplanmıştır.

Bölüm 1.3.2'de anlatılan katmanların BER formülleri hatırlanmalıdır. Bahsi geçen formüllerin p , SNR ve M değerlerine bağımlı oldukları unutulmamalıdır. Bu durumda f_1 temel katmanın, f_2 de iyileştirme katmanının BER formülleri olsun. f_1 ve f_2 formülleri için 1.26 ve 1.27 numaralı eşitliklere bakılabilir. Bu formüllerden

$$f_1(M, p, \gamma_{N/M}^1) = BER_{\text{hedef}} \quad (3.1)$$

$$f_2(M, p, \gamma_{N/M}^2) = BER_{\text{hedef}} \quad (3.2)$$

olacak şekilde eşitlikler elde edilir. M , p ve BER_{hedef} değerlerinin bilindiği unutulmamalıdır. Bu durumda temel katmanın BER_{hedef} değerini gerçekleyebilmesi için gerekli olan sembol SNR değerini bulmak için $\gamma_{N/M}^1$ f_1 fonksiyonundan, aynı şekilde iyileştirme katmanı için gerekli olan sembol SNR değerini bulmak için de $\gamma_{N/M}^2$ değerinin f_2 fonksiyonundan çekilmesi gerekmektedir. Böylelikle hiyerarşik kiplmeler için sınır değerleri elde edilmiş olmuştur.

Düz kiplmeler için de (4 QAM, 16 QAM vb.) benzer işlemler yapılır. Ancak düz kiplmelerin farklı hiyerarşik kipleme gibi p değerine sahip değildir. Bu durumda düz kiplmeler için BER fonksiyonu şu şekilde yazılabilir:

$$BER_{\text{QAM}} = f(M, \gamma) \quad (3.3)$$

Bu durumda herhangi bir M QAM kipleme için belirlenen bir hedef BER değeri için kipleme indeksine bağlı olarak f fonksiyonunda γ değerini oluşturulan eşitliğin çözülmesi düz kare kiplmelerin BER_{hedef} değerini sağlamaları için gerekli olan en düşük sembol SNR değerlerini verecektir. Bu değerlerde düz kiplmeler için sınır değerlerini oluşturmuş olur.

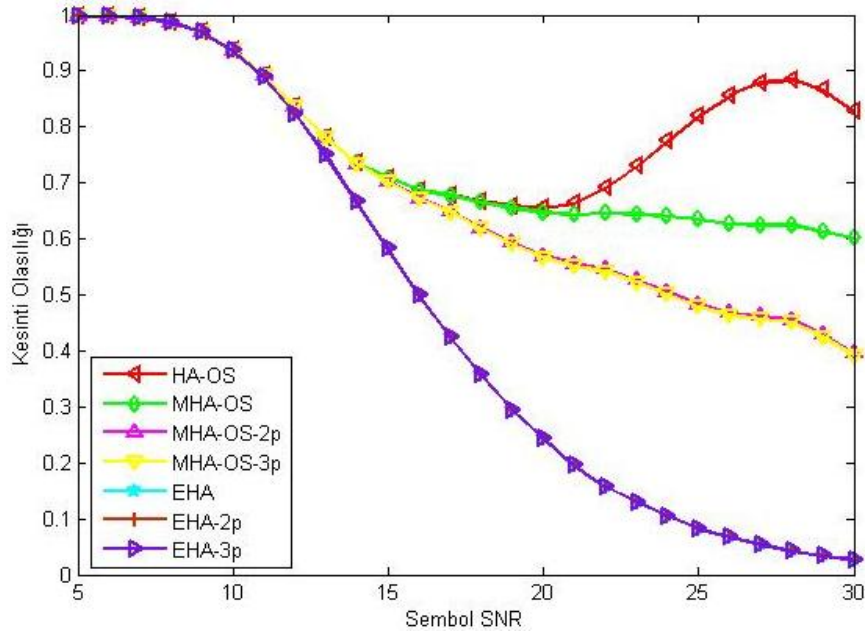
4. BENZETİM SONUÇLARI

Bölüm 3.1’ de tanımlanan yöntemlerin karşılaştırmalı olarak benzetim sonuçları incelenecektir. Sırasıyla Sistem Modeli-1 ve Sistem Modeli-2 verileri bu bölümde verilecektir.

4.1 Sistem Modeli-1 Benzetim Sonuçları

Bu bölümde yöntemlerin iki kullanıcıya birlikte iletim yapma olasılıkları ile tamamlanma başarılı oldukları bölgelerin koşullu ortalama tamamlanma süreleri için elde edilen benzetim sonuçları incelenecektir.

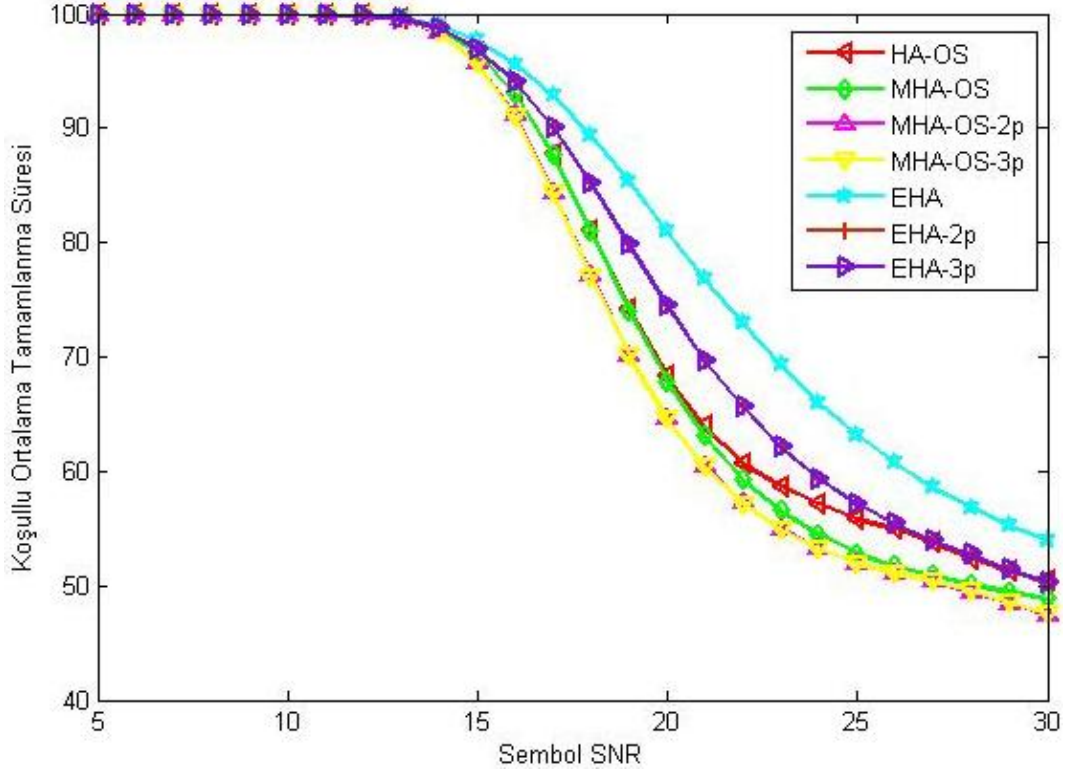
Şekil 4.1’te sistemlerin iki kullanıcıya aynı anda iletim yapamama olasılıkları verilmiştir.



Şekil 4.1: Tek Blok için SNR_S -Kesinti Olasılığı

Şekil 4.1’de yapılan incelemeler sonucu HA-OS’nin kesinti olasılığının SNR_S değeri arttıkça dalgalanma yaptığı önce düştüğü ve daha sonra yükseldiği görülmektedir. HA-OS eğrisindeki bu dalgalanmanın temel nedeni, SNR_S değeri arttıkça bu yöntem daha yüksek hiyerarşik kipleme özelliği kazansa da SNR_S değeri yaklaşık olarak 20 db seviyelerine kadar hiyerarşik kipleme bölgelerinin alanının toplam alana oranı artmakta, ancak bu bu değerden sonra oran tekrar küçülmeye başlamaktadır. MHA-OS’lerde ise bu hiyerarşik bölge alanları genişletildiği ve özellikle iki ve üç çeşit p ’nin olduğu yöntemlerde bu alanın sınırları daha çok arttığı için SNR_S değerinin artmasından HA-OS gibi etkilenmemişlerdir. Benzer incelemeleri EHA’lar için yapmak gerekirse, bu algoritmaların kesintiye uğramaları için diğer algoritmalarından farklı olarak sadece bir kullanıcının γ_4 değerinin altına düşmesi gerekmektedir ki, bu alan bile sadece tek başına diğer algoritmaların iletim yapamadığı alandan daha küçüktür. Bundan dolayı EHA’ların en düşük kesinti olasılığı değerlerine sahip olmaları öngörülen bir sonuçtur. Tüm EHA’lar üst üste oturması hiyerarşik iletim yapabildikleri toplam alanların eşit olmasından kaynaklanmaktadır. Sonuç olarak EHA’lar diğer yöntemlere göre daha yüksek başarı oranına sahiptirler.

Şekil 4.2’de sistemlerin koşullu ortalama tamamlanma süresi benzetim sonuçları verilmektedir.



Şekil 4.2: Başarılı durumlar için SNR_S -Ortalama Tamamlanma Süresi

Şekil 4.9 incelendiğinde en düşük ortalama tamamlanma süresi performans değerini MHA-OS ve özellikle 2p ve 3p yöntemleri sağlamıştır. Bu sonuçta başarı olasılığının aksine EHA'lar ortalama tamamlanma süresi konusunda diğer yöntemler kadar başarılı gözükmemektedirler ve hatta HA-OS yönteminden de daha kötü sonuç vermişlerdir. Ancak sonuçların bu şekilde çıkmasının bir nedeni de Bölüm 2.1'de belirtilen sistemlerin karar verme bölgelerinin özelliklerinden kaynaklanmaktadır. EHA'ların diğer sistemlere göre yüksek başarı olasılığına sahiptirler; ancak bunun sonucunda daha düşük ortalama tamamlanma süresine sahip olmaktadır. Çünkü yüksek SNR_S değerlerinde diğer yöntemler küçük bir alanda sadece yüksek kipleme yöntemleri kullanmalarına rağmen, EHA'lar hiyerarşik kipleme bölgelerini genişletmek için yüksek SNR_S değerlerinde diğer yöntemlerin iki kullanıcıya birden konuşmadığı bölgelerde iki kullanıcıya aynı anda konuşabilmek için düşük hiyerarşik kipleme yöntemlerini tercih etmektedirler. Bu nedenle düşük hiyerarşik kipleme bölgelerinin ağırlıklı oranları artmakta ve bu da ortalama tamamlanma sürelerini artırmaktadır.

4.2 Sistem Modeli-2 Benzetim Sonuçları

Bu bölümde benzetimler sonucu elde edilen veriler ve grafikler gösterilecek olup tartışmalar ve sonuçlar, Sonuçlar bölümünde yapılacaktır.

Zaman bölmeli iletim, fırsatçı çizelgeleme, hiyerarşik kipleme destekli fırsatçı çizelgeleme ve uyarlanmış hiyerarşik kipleme destekli fırsatçı çizelgeleme için elde edilen sonuçlar Bölüm 3.2'de verilen tamamlanma süresi hesaplama algoritmalarına göre elde edilmiş sonuçlardır.

T_{kanal} çizelgeleyicinin kanalları ne kadar aralıklarla kontrol ettiğini gösteren bir parametredir ve modellere göre farklılık gösterebilmektedir.

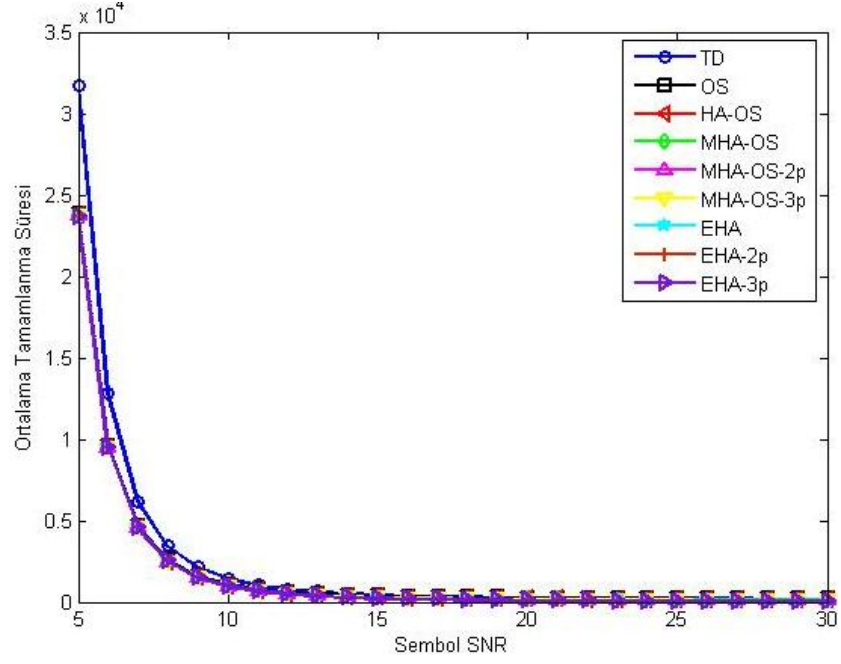
Kullanıcıların paket uzunlukları L_1 ve L_2 birbirlerine eşit ve 100 bit olarak kabul edilmişti.

Sistemlerde paketler sürekli gelmektedir ancak iki kullanıcı da var olan paketlerinin iletimini bitirdikten sonra yeni paketlerin geldiği kabulleri yapılmıştır.

4.2.1 $T_{\text{kanal}} > T_C$ ve Verici Kanal Süresi Boyunca Kipleme Tipini Değiştiremez

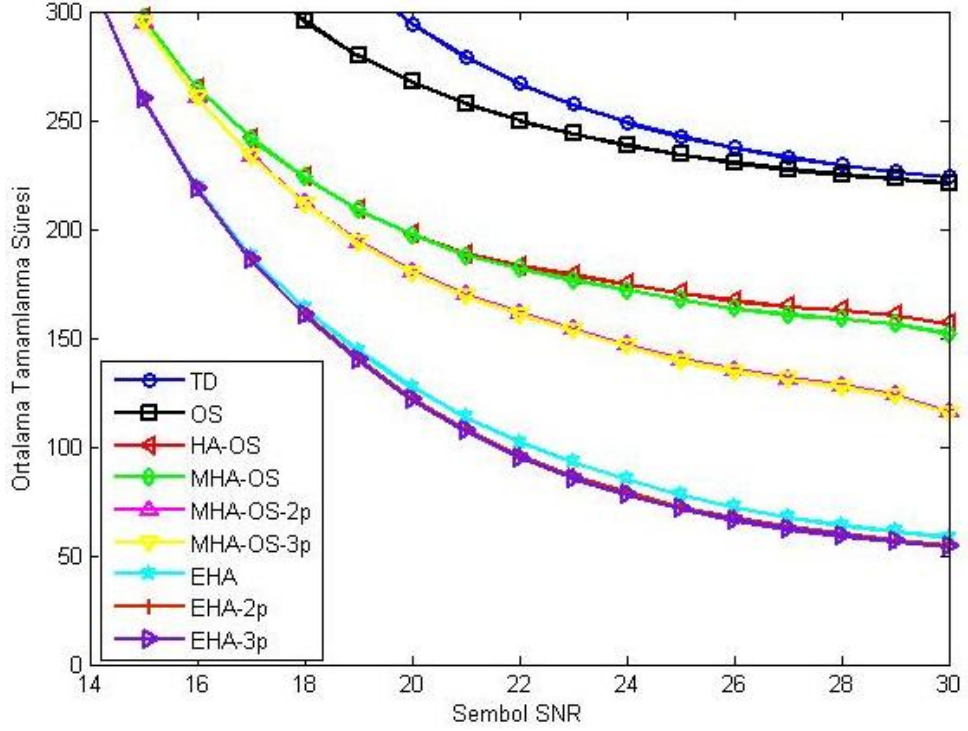
Kanalın değişme hızı bir kullanıcının iletim yapması durumunda karşılaşılabileceği en yüksek tamamlanma süresinden uzun seçilmiştir. Bu kabullere ek olarak vericinin bir kanal süresi boyunca, kanal süresinin başında seçmiş olduğu kipleme yönteminin değişmesine izin verilmemektedir.

Bu çoklu blok modeli için Şekil 4.3'deki sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 4.3: SNR_S - Ortalama Tamamlanma Süresi ($T_{kanal} > T_C$, sabit kipleme)

Şekil 4.3'teki grafik incelendiğinde mevcut sistem modeli için tüm yöntemler zaman bölmeli kanaldan daha iyi sonuç vermektedir. İncelemenin daha net yapılabilmesi için Şekil 4.4'te daha iyi fikir vermektedir.



Şekil 4.4: SNR_S-Ortalama Tamamlanma Süresi Sıralama ($T_{kanal} > T_c$, sabit kipleme)

Şekil 4.4'te yöntemlerin birbirlerine göre ortalama tamamlanma süresi performansları daha net bir şekilde görülebilmektedir. Bu durumda zaman bölmeli iletim en kötü performans özelliğini göstermişken EHA-3p yöntemi en iyi tamamlanma süresi performansını göstermiştir. Kanalın değişim hızı bir kullanıcının paketinin bitebileceği en büyük tamamlanma süresinden (iletim olduğu durum için) daha uzun olduğu ve kanal süresi boyunca verici kanal başında seçtiği kipleme yöntemini değiştiremediği için iki kullanıcıya daha sık birlikte konuşma fırsatı veren yöntemler daha iyi performans özelliği göstermiştir.

Yöntemlerin zaman bölmeli iletme göre 25 db değerindeki kazançları Tablo 4.1'de verilmektedir.

Tablo 4.1: HA-OS'ların ve EHA'ların TD'ye göre Kazancı ($T_{\text{kanal}} > T_C$ ve sabit kipleme)

$T_{C-TD}=242,70$	Ortalama Tamamlanma Süresi	Kazanç
OS	234,40	%3,42
HA-OS	170,70	%29,67
MHA-OS	167,50	%30,98
MHA-OS-2p	140,20	%42,23
MHA-OS-3p	139,40	%42,56
EHA	78,15	%67,80
EHA-2p	72,35	%70,19
EHA-3p	71,50	%70,54

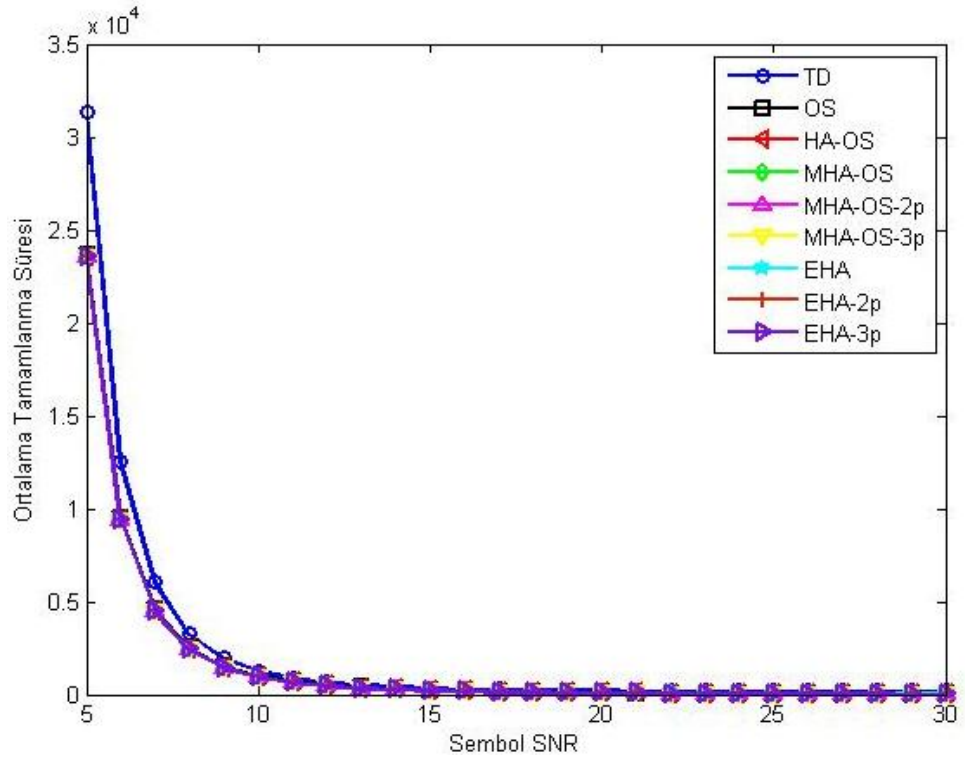
Tablo 4.1'teki sonuçlardan da görüldüğü gibi EHA'lar, kanalın iletim süresinden uzun olduğu ve sabit kiplemenin olduğu durumda ortalama tamamlanma süresi açısından oldukça yüksek iyileştirmeler sağlamışlardır.

4.2.2 $T_{\text{kanal}} > T_C$ ve Verici Kanal Süresi İçerisinde Kipleme Tipini Değiştirir

Bu modelin yapısında da, 4.2.1'de olduğu gibi T_{kanal} sistemin sahip olabileceği en yüksek tamamlanma süresi değerinden büyük kabul edilmiştir. Ancak farklı olarak artık verici bir zaman dilimi içerisinde farklı kipleme yöntemlerini kullanabilmektedir. Örneğin hiyerarşik kipleme yaparken bir kullanıcının paketinin

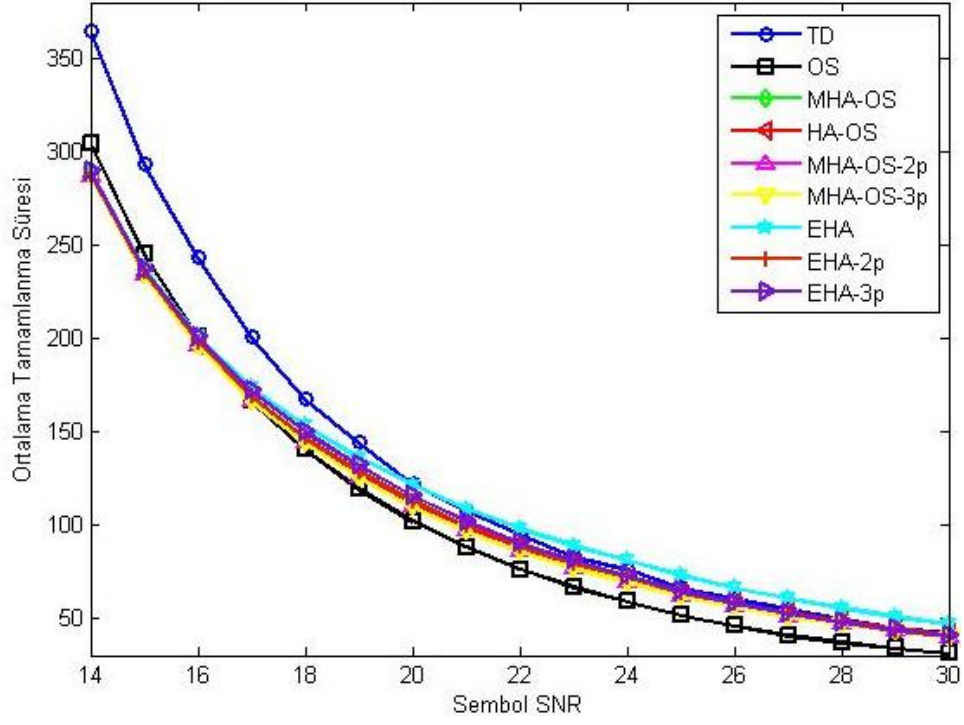
bitmesi durumunda kalan kullanıcıya en uygun kipleme yöntemini seçip iletimi o şekilde yapabilmektedir.

Bu çoklu blok modeli için Şekil 4.5’deki sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 4.5: SNR_S-Ortalama Tamamlanma Süresi ($T_{kanal} > T_C$, değişken kipleme)

Şekil 4.5’de verilen benzetim sonuçlarında her durumda TD diğer yöntemlerden daha kötü performans özellikleri sağlamaktadır.



Şekil 4.6: SNR_S -Ortalama Tamamlanma Süresi Sıralama ($T_{kanal} > T_C$, değişken kipleme)

Şekil 4.6'deki benzetim sonuçları incelendiğinde görülmektedir ki, tüm sistemler zaman bölmeli iletimden çok daha iyi performans özellikleri göstermişlerdir. Ancak düşük SNR_S seviyeleri için OS'nin TD hariç diğer yöntemlerden daha kötü performans özelliği SNR_S değerinin artmasıyla diğer yöntemlerden daha iyi sonuç verir hale gelmektedir

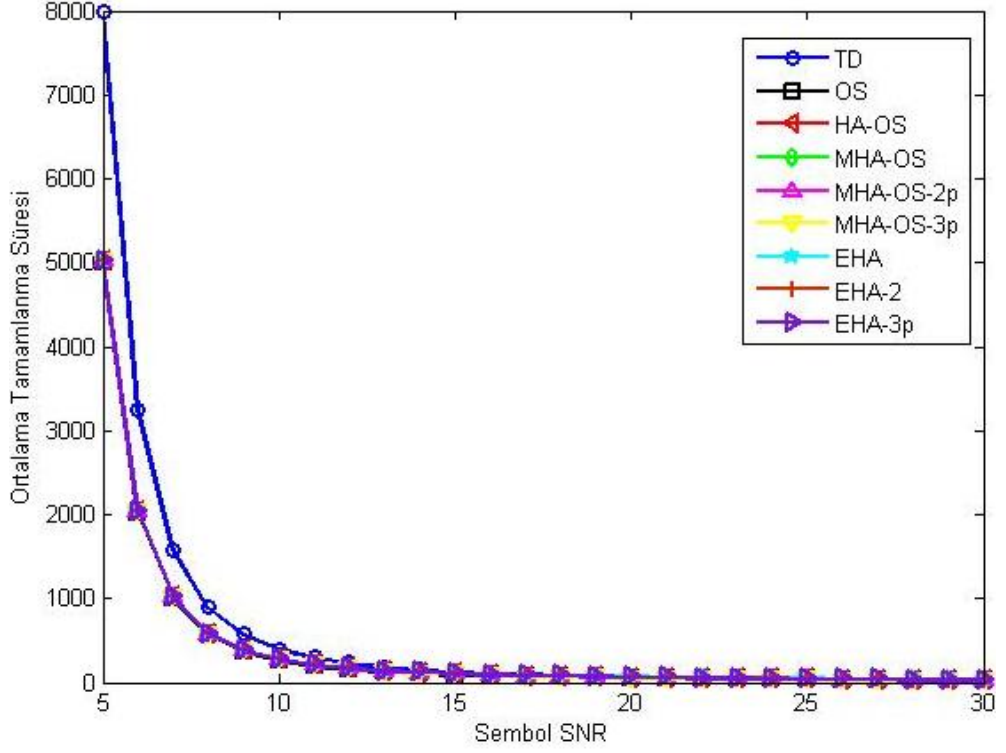
Tablo 4.2: HA-OS'ların ve EHA'ların TD'ye göre kazancı ($T_{\text{kanal}} > T_C$, değişken kipleme)

	25 db		12 db	
	Ortalama Tamamlanma Süresi	Kazanç	Ortalama Tamamlanma Süresi	Kazanç
$T_{C-TD,25db}=66,13$ $T_{C-TD,12db}=627,10$				
OS	51,71	%21,81	513,80	%18,07
HA-OS	64,10	%3,08	479,60	%23,52
MHA-OS	64,10	%3,08	479,60	%23,52
MHA-OS-2p	62,26	%5,83	479,60	%23,52
MHA-OS-3p	62,26	%5,83	479,60	%23,52
EHA	73,29	-%10,83	480,00	%23,46
EHA-2p	64,90	%1,86	480,00	%23,46
EHA-3p	64,10	%3,07	480,00	%23,46

4.2.3 $T_{\text{kanal}} < T_C$ ve Verici Kanal Süresi Boyunca Kipleme Tipini Değiştiremez

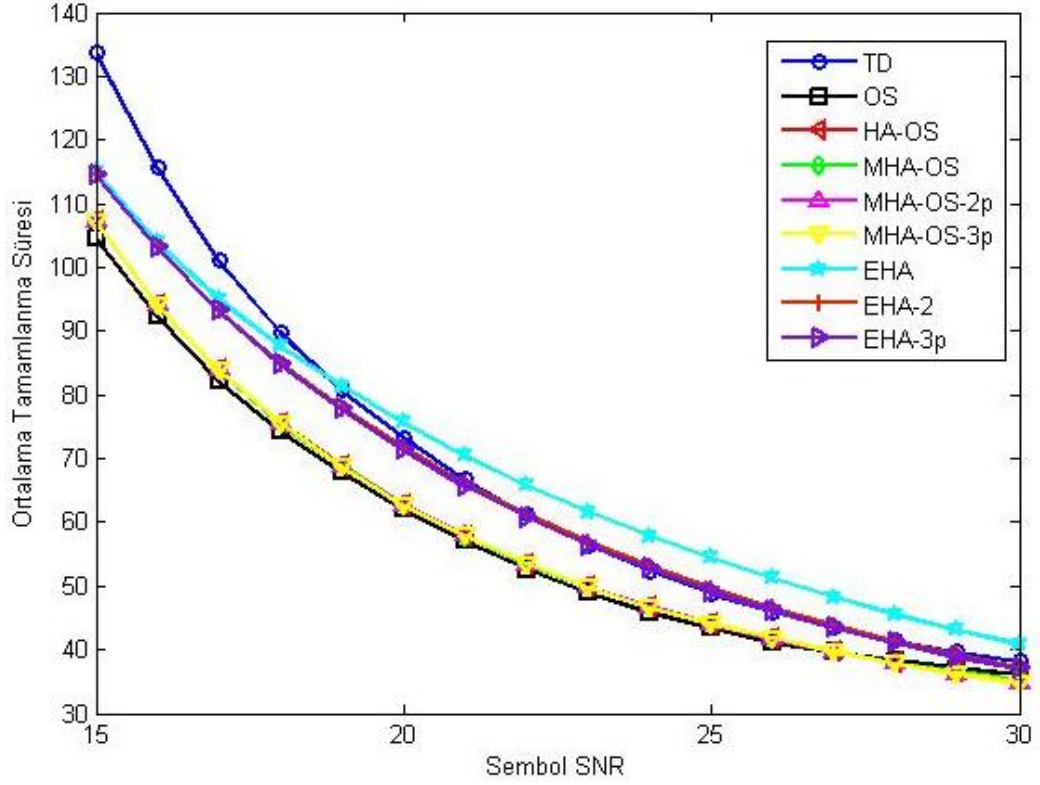
Bu modelde T_{kanal} 'ın bir kullanıcının sahip olabileceği en düşük tamamlanma süresi değerinden küçük olduğu ve kanal süresi boyunca vericinin kipleme yöntemini değiştiremediği kabul edilmiştir.

Bu çoklu blok modeli için Şekil 4.7'deki sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 4.7: SNR_S - Ortalama Tamamlanma Süresi ($T_{kanal} < T_C$, sabit kipleme)

Şekil 4.7'te tüm düşük SNR_S seviyelerinde TD'den daha iyi sonuç vermelerine karşın EHA'ların performansları SNR_S değeri arttıkça TD'ye göre düşmektedir.



Şekil 4.8: SNR_S - Ortalama Tamamlanma Süresi Sıralama ($T_{kanal} < T_C$, sabit kipleme)

Şekil 4.8’de sistemlerin performans özellikleri çok daha net bir şekilde görülebilmektedir. Amacı veri hızını en yüksek yapmak olan fırsatçı çizelgelemenin en iyi performans değerine sahip olduğu dikkat çekmektedir. EHA’ları da incelemek gerekirse düşük SNR_S değerlerinde zaman bölmeli iletimden daha iyi sonuç vermelerine karşın SNR_S değeri arttıkça performansları zaman bölmeli iletime yaklaşmaktadır ve hatta bir p değeri kullanılarak oluşturulan EHA’nın performansı zaman bölmeli yönteme göre daha kötü performans sonuçları göstermektedir. Bu şekildeki bir sonucun nedeni EHA’ların sürekli olarak iki kullanıcıya birden iletim yapmaya çalışmaları neticesinde kullanıcıların bitlerini diğer yöntemler kadar çabuk eritememeleridir.

Yöntemlerin zaman bölmeli iletim göre 25 db ve 15 db değerlerindeki kazançları Tablo 4.3’de verilmektedir.

Tablo 4.3: HA-OS'ların ve EHA'ların TD'ye göre kazancı ($T_{kanal} < T_C$ ve sabit kipleme)

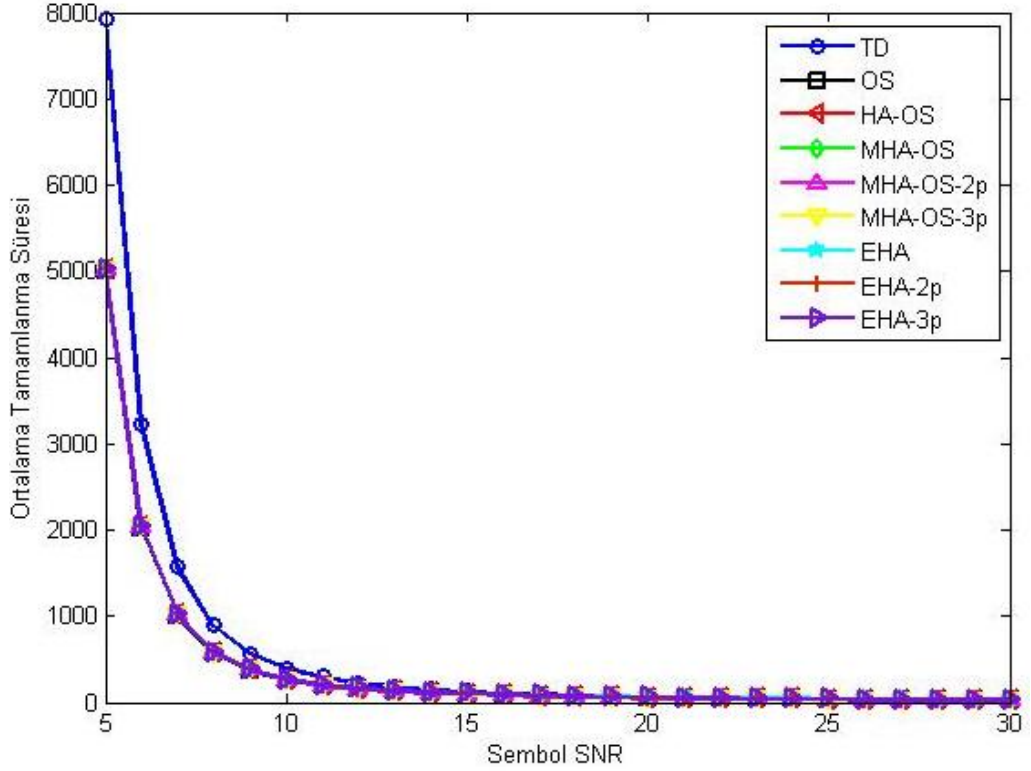
	25 db		15 db	
	Ortalama Tamamlanma Süresi	Kazanç	Ortalama Tamamlanma Süresi	Kazanç
$T_{C-TD,25db}=48,89$ $T_{C-TD,15db}=133,70$				
OS	43,43	% 11,17	104,70	% 21,69
HA-OS	44,16	% 9,67	107,33	% 19,72
MHA-OS	44,16	% 9,67	107,33	% 19,72
MHA-OS-2p	44,19	% 9,61	107,29	% 19,75
MHA-OS-3p	44,22	% 9,55	107,29	% 19,75
EHA	54,58	-% 11,64	115,10	% 13,61
EHA-2p	49,71	-% 1,68	114,50	% 14,36
EHA-3p	49,18	-% 0,59	114,40	% 14,44

Tablo 4.3'de EHA'ların SNR_S arttıkça TD'ye olan üstünlüklerini kaybetmeye başladıkları görülmektedir. Bunun en temel nedeni T_{kanal} süresinin düşmesiyle sistem artık daha sık olarak kanalları kontrol edip kipleme yöntemini ona göre bir kullanıcının paketini EHA'ya göre daha çabuk eritebilmektedir. Eğer Bölüm 3.1.3'deki EHA karar verme bölgeleri incelenirse TD'nin yüksek veri hızları ile çalışabildiği bölgelerde EHA'lar daha çok kullanıcıya aynı anda konuşabilmek adian daha düşük kipleme yöntemlerini tercih etmişlerdir. Bu nedenledir ki SNR_S değeri arttıkça EHA performansı düşmektedir.

4.2.4 $T_{\text{kanal}} < T_C$ ve Verici Kanal Süresi İçerisinde Kipleme Tipini Değiştirir

Bu modelde de bir önceki modele göre her şey aynı kalıp sadece vericinin özelliği değiştirilmiştir. Burada verici kanal süresi içinde kipleme yöntemini değiştirebilmektedir.

Bu çoklu blok modeli için Şekil 4.9'deki sonuçlar elde edilmiştir.

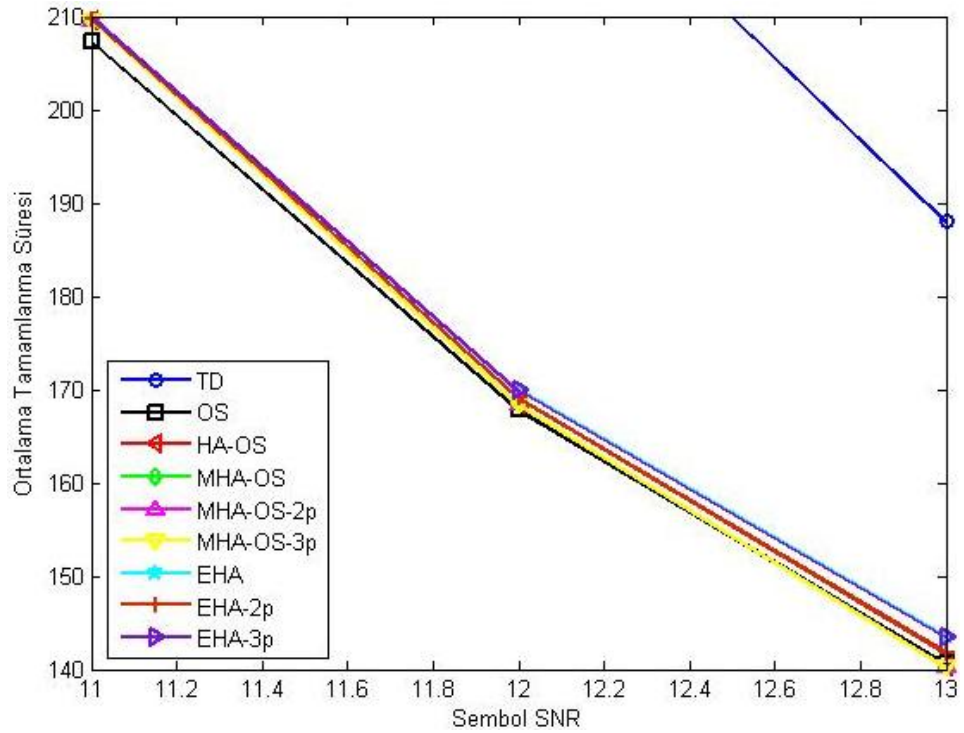


Şekil 4.9: SNR_S - Ortalama Tamamlanma Süresi ($T_{\text{kanal}} < T_C$, değişken kipleme)

Şekil 4.9'daki benzetim sonuçları incelendiğinde tüm yöntemlerin zaman bölmeli iletimden daha iyi sonuç vermektedir. Öngörülen bir sonuç olmasına rağmen diğer yöntemler birbirlerine çok yakın sonuçlar vermiştir. Grafikleri daha yakından incelemek gerekirse zaman bölmeli iletim hariç diğer iletim yöntemlerinin düşük

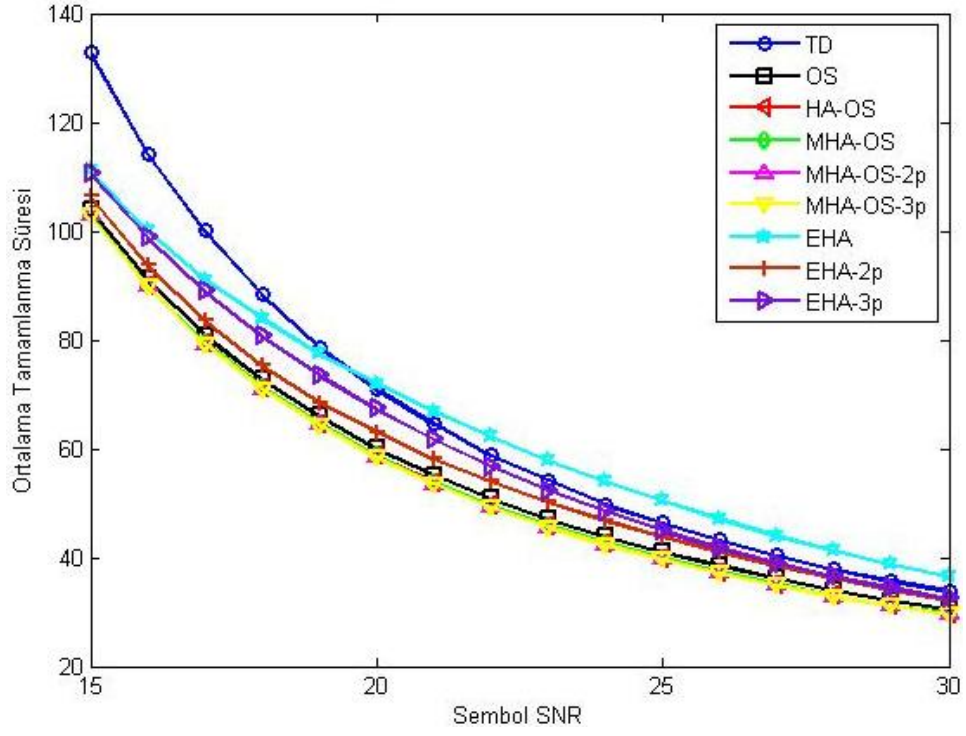
SNR_S değerlerinde fırsatçı çizelgelemeden daha kötü sonuçlar verdiği; ancak SNR_S değeri büyüdükçe fırsatçı çizelgelemenin diğer yöntemlerden daha kötü sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Ancak incelemelerde tek p değeri için oluşturulan EHA yönteminin de yüksek SNR değerlerinde TD'nin performansından daha kötü performans özellikleri gösterdiği görülmektedir.

Düşük SNR_S bölgesini incelemek gerekirse fırsatçı çizelgeleme yöntemi belli bir sinyal gürültü değerine kadar diğer yöntemlerden daha iyi sonuçlar vermektedir. Bu değere kadar diğer yöntemlerin sonuçları üst üste gelmektedirler.



Şekil 4.10: SNR_S-Ortalama Tamamlanma Süresi performans değişim bölgesi

Şekil 4.10'de fırsatçı çizelgeleme ile diğer yöntemlerin performans özelliklerini değiştiği bölgeler gözükmemektedir (EHA'lar hariç). ~12,5 db seviyelerinde fırsatçı çizelgeleme düşük SNR_S değerlerindeki ortalama tamamlanma süresi üstünlüğünü kaybetmektedir. Bununla ilgili tartışma sonuç bölümünde yer alacaktır.



Şekil 4.11: SNR_S -Ortalama Tamamlanma Süresi Sıralama ($T_{kanal} > T_C$, değişken kipleme)

Şekil 4.11’de EHA’lar bir p için olan hariç TD ile OS arasında sıkışmışlardır. Bu model P değerinin çeşitlendirilmesi sayesinde TD’nin altına düşebilmişlerdir. MHA-OS’ler yüksek SNR_S değerinde hem iki kullanıcıya aynı anda konuşabildikleri hem de toplam eri hızını en yükseğe çekebildikleri için en iyi sonucu verebilmişlerdir. Çünkü bu sistem modeli yapısı gereği veri hızı eniyilemesi istemektedir.

Tablo 4.4: HA-OS'ların ve EHA'ların TD'ye göre kazancı ($T_{kanal} > T_C$, değişken kipleme)

	25 db		12 db	
	Ortalama Tamamlanma Süresi	Kazanç	Ortalama Tamamlanma Süresi	Kazanç
$T_{C-TD,25db}=46,37$ $T_{C-TD,12db}=231,90$				
OS	41,11	% 11,34	167,90	% 27,60
HA-OS	39,94	% 13,87	168,40	% 27,38
MHA-OS	39,89	% 13,97	168,40	% 27,38
MHA-OS-2p	39,75	% 14,28	168,40	% 27,38
MHA-OS-3p	39,75	% 14,28	168,40	% 27,38
EHA	50,48	-% 8,86	169,90	% 26,74
EHA-2p	43,91	% 5,31	169,10	% 27,08
EHA-3p	43,93	% 5,26	169,90	% 26,74

Tablo 4.4'teki sonuçlar doğrultusunda EHA'lar TD'ye göre endüyük performans iyileştirmelerini sağlamışlardır. Tamamlanma sürelerinin diğer yöntemlere nazaran daha kötü olmasının en önemli nedeni ortalama veri hızı değerlerinin diğer sistemlere oranla daha düşük olmasıdır.

5. SONUÇ

Tamamlanma süresinin sistem ya da kullanıcı tarafından kanal kaç kez kullanıldığıнын bir ölçüsü olduğu Bölüm 1.2’de açıklanmıştı. Bu kapsamda kablosuz yayınlama kanallarında tamamlanma süresi incelemeleri yapılmıştır.

Sistemin en yüksek tamamlanma süresini en az indirmeye çalışma bedel fonksiyonu olarak belirlenmiştir ve bu bedel fonksiyonu doğrultusunda çeşitli iletim yöntemleri oluşturulup birbirleri ile karşılaştırılmışlardır.

Bir sistemde en yüksek tamamlanma süresini eniyilemek için kanalı kullanan kullanıcıların işlerini mümkün olduğu kadar birbirlerine yakın ve hatta aynı anda bitirmeleri gerekmektedir. Bu çıkarımdan yola çıkılarak tek seferde birden fazla farklı verinin iletilmesine ve verilerin önem sıralarına göre verileri katmanlara yerleştiren hiyerarşik kiplemenin kullanılabilirliği değerlendirilmiş ve MHA-OS ve EHA algoritmaları oluşturulup OS ve TD ile karşılaştırmalı olarak incelenmişlerdir.

Yapılan benzetimlerin sonuçları Bölüm 0’te detayları ile verilmiştir. Bölüm 0’te elde edilen sonuçlar çerçevesinde oluşturulan algoritmalar yer yer olumlu sonuçlar vermişlerdir. Ancak kimi sonuçlar beklendiği gibi çıkmamıştır.

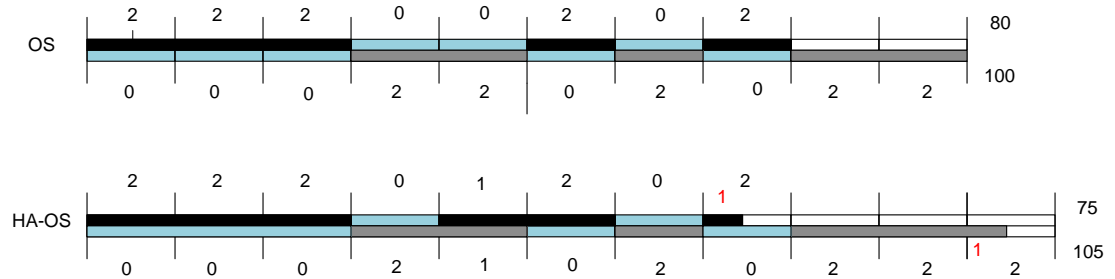
HA-OS referans alınarak oluşturulan uyarlanmış HA-OS algoritmaları EHA’ya göre daha başarılı sonuçlar vermiştir. EHA algoritmaları oluşturulurken iki kullanıcıya aynı anda konuşulabilmesi hiyerarşik kipleme bölgeleri mümkün olduğu kadar genişletilmiştir ve hiyerarşik kipleme yapılmayan tek bölge herhangi bir kullanıcının SNR_s değerinin γ_4 ’ten küçük olduğu bölgeler kalmıştır. Bu işlem sonucu her ne kadar EHA’lar kullanıcıları mümkün mertebe birlikte konuşurmaya çalışsalar da yüksek SNR_s değerlerinde iki kullanıcıya birden konuşabilmek için yüksek veri hızlarında vazgeçmektedir. Benzetimlerin çok bloklu modeller üzerinde yapılması

sonucu en yüksek tamamlanma süresini eniyileme problemiyle veri hızı eniyileme problemlerini benzer şekilde getirmiştir ve veri hacmi yükselmek için yapılacak çözümler tamamlanma süresini azaltmak için de optimum çözümler haline gelmişlerdir. Bu nedenle toplam veri hacmini en iyi yapan yöntemler MHA-OS'ler daha iyi sonuçlar vermişlerdi.

Benzetim sonuçları tekrar incelendiğinde OS ile HA-OS arasında SNR_S seviyesine bağlı olarak farklı ilişkiler oluşmaktadır. Düşük SNR_S değerlerinde OS daha iyi tamamlanma süresi özelliği gösterirken yüksek SNR_S seviyesinde HA-OS daha düşük tamamlanma süresi özelliği göstermeye başlamıştır. Ancak hem iki kullanıcıya aynı anda konuşabilme olasılığı olması hem de toplam veri hacmini en yüksek yapma özellikleri birlikte değerlendirilince HA-OS'nin ilk bakışta her durumda daha iyi en yüksek tamamlanma süresi özelliği göstermesi beklenmektedir. Ancak yapılan incelemeler sonucu şu şekilde bir durum ortaya çıkmıştır:

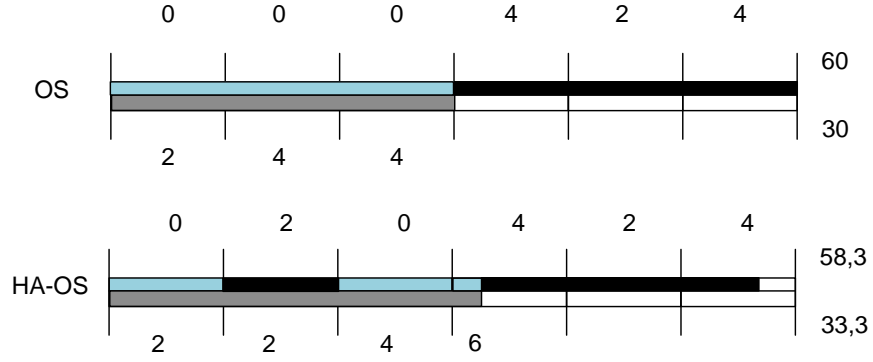
- Her iki kullanıcının da 100er biti olsun
- $T_{kanal}=10$

a) Düşük SNR seviyesi için (10db'de yapılan inceleme)



Şekil 5.1: OS ve HA-OS Paketleri Bitirme Sırası (10db)

b) Yüksek SNRS seviyesi için (20 db'de yapılan inceleme)



Şekil 5. 2: OS ve HA-OS Paketleri Bitirme Sırası (20db)

Yukarıda (a) ve (b) 10 ve 20 db gibi durumlarda daha sık karşılaşılan durumlardır. Başak bir deyişle düşük SNR_S seviyelerinde a'daki gibi OS'nin daha önce bittiği durumların gerçekleşme ihtimali daha fazla oluyorken yüksek SNR_S seviyelerinde b'deki gibi HA-OS'nin önce bittiği durumlar daha fazla gerçekleşmektedir. Bu nedenle düşük ve yüksek SNR_S seviyelerinde farklı davranmaktadırlar.

Sonuç olarak hiyerarşik kiplenme kullanılarak oluşturulan algoritmalar farklı modelleri için tamamlanma süresi için iyileşme sağlamaktadır ancak. Çok bloklu yapıda tamamlanma süresi optimizasyonu ile veri hacmi optimizasyonu bezer problemlere dönüştüklerinde veri hacmi için iyi olan sonuç tamamlanma süresi için de iyi olmaya başlamıştır.

6. GELECEK ÇALIŞMALAR

Bu çalışmaların devamı olarak şunların yapılması planlanmaktadır:

- Yapılan çalışmalarda paket uzunlukları eşit tutulduğu için karar verme işlemleri sadece SNR_s değerine göre yapılabilmektedir. Ancak tamamlanma süresi L/R gibi bir ifadeye bağımlı olduğundan farklı paket boyutlarına sahip kullanıcılar için farklı sonuçların çıkması beklenmektedir. Bu yüzden farklı paket uzunluğuna sahip kullanıcıların incelenmesi yapılacaktır.
- p değerlerini çeşitlendirdikçe hiyerarşik kipleme bölgelerinin genişlediğini gördük. Eğer p 'ler sürekli olabilecek şekilde seçilebilseydi nasıl performans özelliklerinin oluşacağı incelenecektir.
- Karar verme bölgeleri belirlenirken hedef BER değerleri eşit seçilip incelemeler yapılmıştır. Kullanıcıların farklı BER hedefleri olmasının kullanıcı sırası üzerine nasıl bir etkisi olacağı incelenecektir.

KAYNAKÇA

- [1]Cover, T.M., "Comments on broadcast channels," Information Theory, IEEE Transactions on , vol.44, no.6, pp.2524,2530, Oct. 1998
- [2]Cover, T.M., "Broadcast channels", IEEE Transactions on Information Theory, vol. 18, January 1972.
- [3]Wei Yu; Cioffi, J.M., "Sum capacity of Gaussian vector broadcast channels," Information Theory, IEEE Transactions on , vol.50, no.9, pp.1875,1892, Sept. 2004
- [4]Yuanpeng Liu; Erkip, E., "Completion time in broadcast channel and interference channel," Communication, Control, and Computing (Allerton), 2011 49th Annual Allerton Conference on , vol., no., pp.1694,1701, 28-30 Sept. 2011
- [5]Ng, C.T.K., M. Medard, and A. Ozdaglar. "Completion Time Minimization and Robust Power Control in Wireless Packet Networks." Communications, 2009. ICC '09. IEEE International Conference on. 2009
- [6]Calderbank, A. Robert, and Nambirajan Seshadri. "Multilevel codes for unequal error protection." Information Theory, IEEE Transactions on 39.4 (1993): 1234-1248.
- [7]R. Morelos-Zaragoza, M. Fossorier, S. Lin, and H. Imai, "Multilevel coded modulation for unequal error protection and multistage decoding.i. symmetric constellations," Communications, IEEE Transactions on, vol. 48, pp. 204 –213, feb 2000.
- [8]M. Isaka, M. Fossorier, R. Morelos-Zaragoza, S. Lin, and H. Imai, "Multilevel coded modulation for unequal error protection and multistage decoding. ii. asymmetric constellations," Communications, IEEE Transactions on, vol. 48, pp. 774 –786, may 2000.
- [9]V. ETSI, EN 3000 744, "Digital video broadcasting (DVB): framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television", November 2004.

- [7]H. Jiang and P. Wilford, "A hierarchical modulation for upgrading digital broadcast systems", IEEE Transactions on Broadcasting, vol. 51, pp. 223-229, June 2005.
- [8]M. Pursley and J. Shea, "Adaptive nonuniform phase-shift-key modulation for multimedia traffic in wireless networks", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 18, pp. 1394-1407, Aug 2000.
- [9]S. Arslan, P. Cosman, and L. Milstein, "Progressive source transmissions using joint source-channel coding and hierarchical modulation in packetized networks", pp. 1-6, 30 2009-Dec. 4 2009.
- [10] Kyongkuk Cho; Dongweon Yoon; , "On the general BER expression of one- and two-dimensional amplitude modulations," Communications, IEEE Transactions on , vol.50, no.7, pp. 1074- 1080, Jul 2002
- [11]Vithaladevuni, P.K.; Alouini, M.-S.; , "A recursive algorithm for the exact BER computation of generalized hierarchical QAM constellations," Information Theory, IEEE Transactions on , vol.49, no.1, pp. 297- 307, Jan 2003
- [15]John G. Proakis; Masoud Salehi (2001); "Probability of Error for QAM", "COMMUNICATION SYSTEMS ENGINEERING 2nd Ed." (s.418-423); New Jersey: Prentice-Hall
- [16]Hossain, M.J.; Alouini, M.-S.; Bhargava, V.K.; , "Rate Adaptive Hierarchical Modulation-Assisted Two-User Opportunistic Scheduling," Wireless Communications, IEEE Transactions on , vol.6, no.6, pp.2076-2085, June 2007
- [17]Lifang Li; Goldsmith, A.J., "Capacity and optimal resource allocation for fading broadcast channels .II. Outage capacity," Information Theory, IEEE Transactions on , vol.47, no.3, pp.1103,1127, Mar 2001

ÖZGEÇMİŞ

Soyadı, adı : GENÇ, Yasin
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 07.02.1986 Trabzon
Medeni hali : Bekar
Telefon : 5308799793
Faks :
e-mail : ygenc@etu.edu.tr

Eğitim

Derece
Lisans

Eğitim Birimi

TOBB ETÜ/Elektrik Elektronik Müh.

Mezuniyet tarihi
2010

İş Deneyimi

Yıl

2010-2011
2011-

Yer

TOBB ETÜ

ROKETSAN A.Ş.

Görev

Araştırma Görevlisi

Ar.Ge. Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce (İyi)

İspanyolca (Kötü)