



**T.C.**  
**TRAKYA ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**MOBİL VE KABLOSUZ BİLİŞİM**  
**(WIRELESS COMMUNICATION)**

**ÇEŞİTLEME**  
**(DIVERSITY)**

**Proje Sorumlusu : Tuncay SOYLU**

**Danışman : Doç.Dr. Hasan Hüseyin BALIK**

**EDİRNE-2010**

**İÇİNDEKİLER**

<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	<b>2</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>2</b>
<b>SEMBOLLER VE KISALTMALAR</b> .....	<b>3</b>
<b>GİRİŞ</b> .....	<b>4</b>
<b>BÖLÜM I</b> .....	<b>5</b>
<b>DIVERSITY (ÇEŞİTLEME)</b> .....	<b>5</b>
<b>BÖLÜM II</b> .....	<b>8</b>
<b>ALICI ANTEN ÇEŞİTLEME TEKNİKLERİ (RECEIVER DIVERSITY)</b> .....	<b>8</b>
1. En Büyük Oranlı Birleştirme Tekniği: .....	8
2. Eşit Kazançlı Birleştirme Tekniği: .....	9
3. Seçmeli Birleştirme: .....	9
4. Genelleştirilmiş Seçmeli Birleştirme Tekniği: .....	10
<b>BÖLÜM III</b> .....	<b>12</b>
<b>VERİCİ ANTEN ÇEŞİTLEME TEKNİKLERİ (TRANSMITTER DIVERSITY)</b> .....	<b>12</b>
1. Uzay-Zaman Blok Kodlama Tekniği: .....	12
2. Huzme Şekillendirme Tekniği: .....	14
3. Verici Anten Seçimi Tekniği: .....	14
<b>BÖLÜM IV</b> .....	<b>16</b>
<b>SONUÇLAR</b> .....	<b>16</b>
<b>KAYNAKÇA</b> .....	<b>17</b>

## ŞEKİLLER LİSTESİ

ŞEKİL 1 ÇEŞİTLİLİK KANAL MODELİ .....	6
ŞEKİL 2 İKİ BAĞIMSIZ KLASİK RAYLEİGH SÖNÜMLEME SINYALLERİNİN ÇEŞİTLİLİK BİRLEŞTİRİMİ .....	7
ŞEKİL 3 EBOB TEKNİĞİNİN BİRLEŞTİRİCİ YAPISI.....	8
ŞEKİL 4 SB TEKNİĞİNİN BİRLEŞTİRİCİSİ .....	10
ŞEKİL 5 GSB TEKNİĞİ SEÇİCİ VE BİRLEŞTİRİCİ YAPISI.....	10
ŞEKİL 6 HUZME ŞEKİLLENDİRME TEKNİĞİ VERİCİ VE ALICI YAPISI .....	14
ŞEKİL 7 VAS TEKNİĞİNİ KULLANAN SİSTEMİN GENEL YAPISI .....	15

## TABLO LİSTESİ

TABLO 1 SÖNÜMLÜ KANALLAR İÇİN YAPILMIŞ OLAN ÇEŞİTLİ PLANLARIN PERFORMANS ANALİZİ.....	5
--	---

**SEMBOLLER VE KISALTMALAR**

AWGN : Additive White Gaussian Noise Channel – Toplamalı Beyaz Gauss Gürültüsü

ÇGÇÇ : Çoklu-Girişli Çoklu-Çıkışlı

EBOB : En Büyük Oranlı Birleştirme

EKB : Eşit Kazançlı Birleştirme

SB : Seçmeli Birleştirme

GSB : Genelleştirilmiş Seçmeli Birleştirme

KB : Karesel Birleştirme

KDB : Kanal Durum Bilgisi

İGO : İşaret Gürültü Oranı

AAS : Alıcı Anten Seçimi

UZBK : Uzay Zaman Blok Kodları

UZK : Uzay Zaman Kodları

UZKK : Uzay Zaman Kafes Kodları

HŞ : Huzme Şekillendirme

VAS : Verici Anten Seçimi

EBOİ : En Büyük Oranlı İletim

EKİ : Eşit Kazançlı İletişim

Sİ : Seçmeli İletim

GSİ : Genelleştirilmiş Seçmeli İletim

## GİRİŞ

Kablosuz iletişimde sönümlü kanallar üzerinden ortaya çıkan temel konular incelenecektir. Bir dar sönümlü kanalda kodsuz iletişimi ele alarak başlayalım. Tutarlı ve tutarlı olmayan algılama çalışmasına bakalım. Her iki durumda da hata olasılığı sönümleme olmayan AWGN kanaldan daha yüksektir. Önemli bir olasılık kanalın derin bir sönümlemeye neden olmasıdır. Burada performansı artırmak için çeşitlilik tekniklerini araştırmak gerektiği ortaya çıkmaktadır. Çeşitlilik teknikleri zaman, frekans veya uzay çeşitliliği üzerinden çalışır ancak temel prensip aynıdır. Veri sembollerinin birden fazla bağımsız kopyaları vardır. Farklı yollar üzerinden aynı bilgileri taşıyan sinyaller göndererek alma işlemiyle daha güvenilir algılama elde edilebilir. Basit çeşitlilik şemaları tekrar kodlamada kullanılır. Kanal çeşitliliği ve aynı zamanda kanalın özgürce kullanımı sömürülebilir. Kodlama tekrarlama ile karşılaştırıldığında çeşitlilik kazancı ek kazançlar sağlar. (1)

Uzay çeşitliliğinde, iletme ve alma çeşitliliğine bakılmaktadır. (1)

Frekans çeşitliliğinde ise aşağıdaki konulara bakılır, (1)

- Semboller arası girişim denkleştirme ile tek taşıyıcı
- Direkt sıralı yaygın spektrum
- Dik frekans bölmeli çoklama

Çeşitleme planlarının performansına kanal belirsizliğinin etkisi incelenecektir. Bazı durumlarda çok fazla çeşitlilik yollarının olması kanal belirsizliği nedeniyle yan etkisi olabilir. Burada kanal çeşitliliği ile ilgili somut teknikler incelenecektir. (1)

## BÖLÜM I

## DIVERSITY (ÇEŞİTLEME)

Telsiz haberleşme sistemlerinde güvenilirlik, sönümlenme etkisi ile büyük oranda azalmaktadır. Sönümlenmenin bozucu etkisini azaltarak haberleşme güvenilirliğini yeterli seviyede tutmanın en verimli yollarından biri, çeşitleme teknikleri uygulamaktır. Uygulanma şekilleri ve uygulandıkları birimler çok farklı olabilese de, bütün çeşitleme tekniklerinin dayandığı esas prensip, vericiden alıcıya gönderilmek istenen işaretin, birbirinden bağımsız sönümlenme etkilerine maruz kalmış kopyalarının gönderilmesidir. (2), (3).

Bağımsız sönümlenmeli iletim/alım yolları oluşturmak için geliştirilmiş birçok yöntem bulunmaktadır. İletilecek işaretleri, farklı zaman aralıklarında, farklı taşıyıcı frekanslar kullanarak ya da farklı anten polarizasyonlarında iletmek sırasıyla zaman, frekans ve polarizasyon çeşitlemesi sağlamaktadır. Bunun gibi, çeşitleme sağlamak amacıyla geliştirilen birçok farklı prensibi benimseyen teknik mevcuttur. Bu teknikler içerisinde büyük ilgi toplayan ÇGÇÇ sistemlerde, alıcı ve/veya verici birimlerde çok sayıda anten kullanılması ile birbirinden bağımsız şekilde değişen sönümlenmeli iletim yolları oluşturulmuş ve böylelikle iletilen işaretin bozulma olasılığı düşürülmüştür. Bu sistemler anten sayısını artırarak bağımsız iletim/alım yolları oluşturdukları için, sağladıkları çeşitlemeye de uzay çeşitlemesi ya da anten çeşitlemesi denmektedir. Anten çeşitleme tekniklerinin en büyük avantajı, fazladan band genişliği ve iletim gücü artımı gerektirmemesidir (2). ÇGÇÇ sistemlerin alıcı ve verici birimleri için ayrı ayrı ve birlikte uygulanabilen çeşitleme teknikleri bulunmaktadır (2), (4).

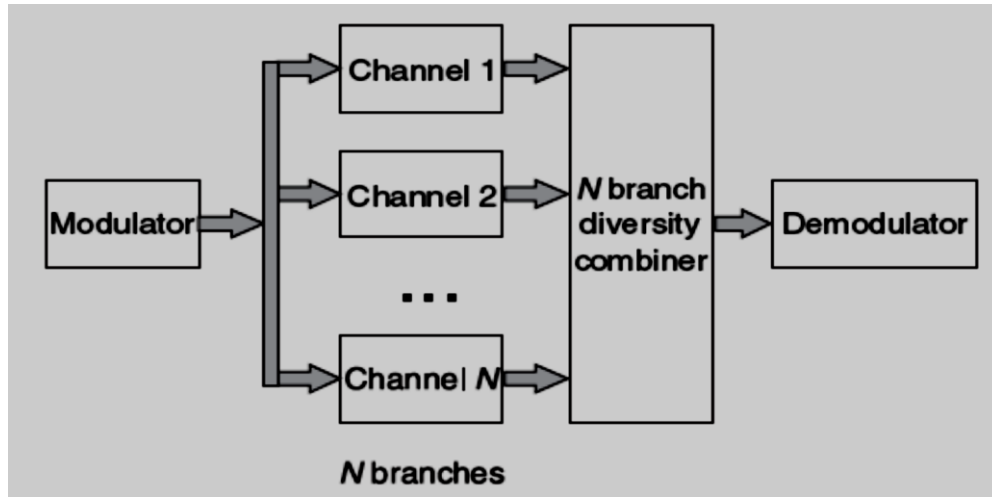
Şimdiye kadar sönümlü kanallar için düşünülmüş çeşitli planların performansları Tablo-1'de gösterilmiştir. Şema incelendiğinde ışınsal açıdan çok kötü olmadıkları da görülmektedir. Bu düşük performansın temel nedeninin güvenilir iletişimi tek bir sinyal yolu gücüne bağlı olmasından kaynaklandığı görülebilir. Bu yol derin sönümlenme önemli bir olasılık olacaktır. Derin bir sönümlenme yolu olduğu zaman herhangi bir iletişim düzeni olası hataları yaşayacaktır (1).

Şema (Yapı)	Hata Biti (High SNR)	Veri Hızı (bits/s/Hz)
Coherent BPSK	$1/(4SNR)$	1
Coherent QPSK	$1/(2SNR)$	2
Coherent 4-PAM	$5/(4SNR)$	2
Coherent 16-QAM	$5/(2SNR)$	4
Non-coherent orth. mod	$1/(2SNR)$	1/2
Differential BPSK	$1/(2SNR)$	1
Differential QPSK	$1/SNR$	2

Tablo 1 Sönümlü kanallar için yapılmış olan çeşitli planların performans analizi (1)

Performansı artırmak için doğal bir çözüm; bilgi sinyallerinin birden çok yoldan geçmesini sağlamaktır. Bu yollardan biri mümkün olduğunca uzun süre güçlü kalır. Bu tekniğe ise çeşitlilik denir ve önemli ölçüde sönümlü kanallar üzerinde performans artırılabilir (1).

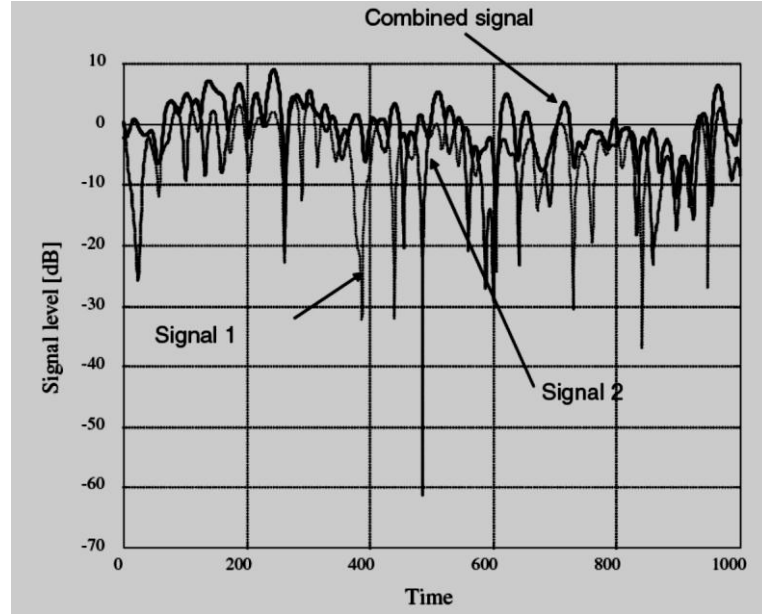
Çeşitlilik elde etmek için birçok yol vardır. Çeşitlilik zamanla kodlama ve kalıplaşma ile elde edilebilir, Kod ve kod sembolleri zaman içinde dağılmış kelimelerdir. Benzer olarak bir de kanal frekans seçicinin frekansı üzerinden çeşitlilikten yararlanabiliriz. Çeşitliliğin yanı sıra bir kanalda çoklu alma ve iletme yeterince aralıklı antenleri ile uzay üzerinde elde edilebilir (5).



Şekil 1 Çeşitlilik Kanal Modeli (5)

Bir hücresel ağ içinde bir cep telefonundan iki baz istasyonundan da sinyal alınabilir. Burada ise macrodiversity istismar edilmiştir. Çeşitlilik bir kablosuz sistemde çok önemli bir kaynak olduğu için çeşitli şekillerde kullanılır. Konular içinde zaman, mekan ve frekans üzerinde çeşitlilik ele alınacaktır (5).

Şekil-2’de iki bağımsız Rayleigh sinyalleri gösterilmiştir. Kalın çizgi iki sinyalin daha güçlü yörüngesini göstermektedir. Bireysel sinyallerin daha derin sönümlenme yaşadığı görülmektedir. Çeşitlilik için başka bir motivasyon ise yavaş hareket eden veya sabit bir mobil sistemin kullanılabilirliğini artırmak için güvenilir çalışma için yerel ortalama gücü yeterli olsa da bazen derin sönümlenmeye sıkışmış olacaktır (5).



Şekil 2 İki bağımsız klasik Rayleigh sönümlenme sinyallerinin çeşitlilik birleştirimi (5)

Tartışmayı basitleştirmek için, alıcı kanal kazanımları mükemmel bilgiye sahip ve tutarlı olan çeşitlilik yollarında alınan sinyalleri birleştirebiliriz. Bu bilginin doğruluğu iletilen sinyalin alınan gücüne ve kanalın tutarlılığının süresine bağlıdır (1).



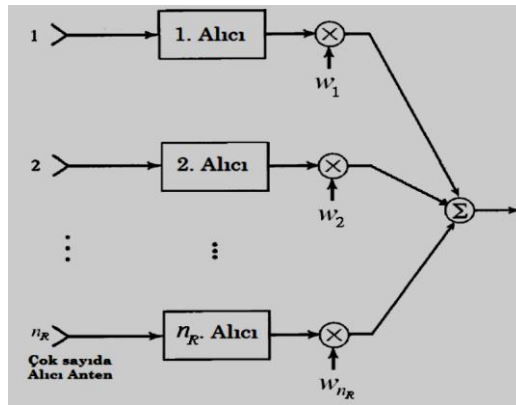
## BÖLÜM II

ALICI ANTEN ÇEŞİTLEME TEKNİKLERİ  
(RECEIVER DIVERSITY)

(6), (7) Alıcı birimde kullanılan anten çeşitleme teknikleri içerisinde, kullanılan çok sayıda alıcı antende elde edilecek bağımsız etkilere maruz kalmış işaretlerin belirli ağırlık katsayıları ile birleştirilmesi ve/veya bazılarının seçilmesi ve daha sonra birleştirilmesi esasına dayanan teknikler ön plandadır. Genel olarak birleştirme teknikleri olarak adlandırılan bu teknikler içerisinde, en büyük oranlı birleştirme (EBOB), eşit kazançlı birleştirme (EKB), seçmeli birleştirme (SB), genelleştirilmiş seçmeli birleştirme (GSB) ve karesel birleştirme teknikleri bulunmaktadır (2).

## 1. En Büyük Oranlı Birleştirme Tekniği:

En büyük oranlı birleştirme tekniği ilk olarak 1954 yılında Kahn tarafından ortaya atılmıştır (8). Bu teknikte, her bir alıcı anten tarafından algılanan işaretin iletiği yola ait kanal durum bilgisi (KDB) tahmini ve işaretler için faz uyumlaştırma işlemi yapıldıktan sonra, her bir işaret kendi kanalına ait sönümleme katsayısı ile (her bir işaretin alıcıya ulaştığı güç ile orantılı olarak) ağırlıklandırılarak birleştirilmektedir.



Şekil 3 EBOB tekniğinin birleştirici yapısı

Şekil 3’de verilen blok diyagramda  $w_i$   $i=1,2, \dots, n_R$  olarak gösterilen ağırlık katsayıları her bir iletim yoluna ait sönümleme katsayısı olarak seçildiğinde, birleştirici çıkışında işaret-gürültü oranı (İGO) değeri;

$$Y_{EBOB} = \sum_{i=1}^{n_R} Y_i \quad (2.1)$$

olarak elde edilmektedir ki burada  $y_i$  her bir iletim yolundan alınan işarete ait İGO değeridir.  $y_{EBOB}$  ifadesi incelendiğinde, EBOB tekniğinin alıcıya farklı yollardan ulaşan bütün işaretlere ait İGO değerlerini toplayabildiği görülmektedir. Elde edilen İGO ifadesi maksimum elde edilebilecek İGO değeri olduğu için, EBOB tekniği optimum birleştirme tekniğidir.

## 2. Eşit Kazançlı Birleştirme Tekniği:

EBOB tekniğindeki ağırlıklandırılmalı birleştirme işleminin ve ona imkan veren sönümlenme katsayılarının tahmini işleminin getirdiği yükten kurtulmak amacıyla EKB tekniği geliştirilmiştir. Bu teknikte, EBOB tekniğinden farklı olarak, Şekil 3'deki blok diyagramda verilen ağırlık katsayıları  $\forall_i, w_i=1$  seçilerek (yani ağırlıklandırma yapılmaksızın) işaretler birleştirilmektedir. Bu şekilde, EKB tekniği daha basit alıcı yapılarına imkan vermektedir. Ancak, optimum çözüm sağlayan EBOB tekniğe kıyasla daha düşük oranda çeşitleme sağlayacağı da açıktır (9). Bunu açıkça göstermek amacıyla, EKB tekniğinin birleştirici çıkışındaki ani İGO değerine bakacak olursak,

$$\gamma_{EKB} = \frac{(\sum_{i=1}^{n_R} \sqrt{\gamma_i})^2}{n_R} \quad (2.2)$$

denklemleri ile verilen ifadenin ortalaması, bütün iletim yollarının ortalama İGO değerlerinin eşit olduğu varsayımı altında ( $\forall_i, E[\gamma_i] = \bar{\gamma}_i = \bar{\gamma}$ ),

$$\bar{\gamma}_{EKB} = \bar{\gamma}(1 + (n_R - 1)\pi/4) \quad (2.3)$$

olarak elde edilmektedir.

## 3. Seçmeli Birleştirme:

SB tekniğinde, iletim yolları üzerinden alınan işaretlerin faz uyumlaştırması yapıldıktan sonra, işaretler içerisinde en iyi yol kazancını sağlayan tek biri seçilmekte ve çıkıştaki karar devresine uygulanmaktadır. Bu şekilde EBOB ve EKB tekniklerinde birleştirici girişinde kullanılan fazla sayıdaki radyo frekans zincirinin neden olduğu güç tüketimi ve devre karmaşıklığından kurtulmak mümkün olmaktadır. Ancak, devre karmaşıklığı açısından sağlanan bu kazanç, hata performansında EBOB ve EKB tekniklerinininkilere göre daha düşük kazanç ile sonuçlanmaktadır. SB tekniğine ait seçici yapısı Şekil 4 ile verilmiştir.

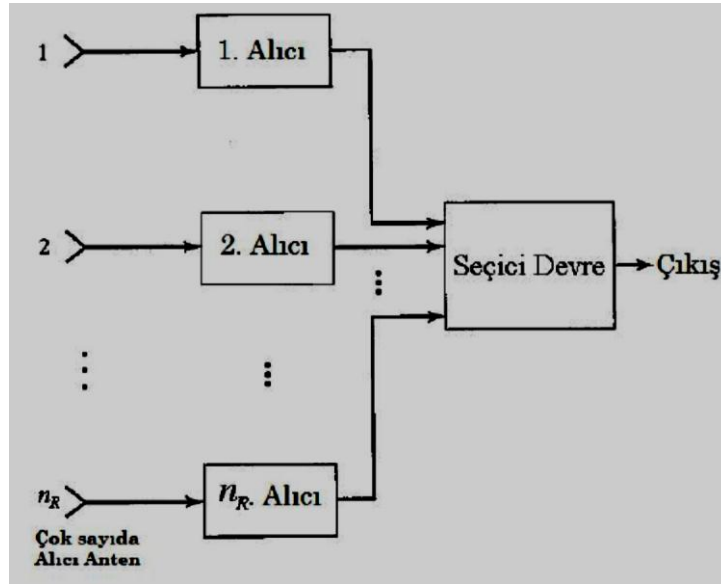
$\gamma_i, i=1, 2, \dots, n_R$  her bir iletim yolundan alınan işaretlerin ani İGO değerlerini göstermek üzere, SB tekniğinde seçici çıkışındaki ani İGO

$$\gamma_{SB} = \max \{\gamma_i\}_{i=1}^{n_R} \quad (2.4)$$

şeklinde tanımlanır. Bütün yolların ortalama İGO değerlerinin eşit olduğu varsayımı ile ( $\forall_i, E[\gamma_i] = \bar{\gamma}_i = \bar{\gamma}$ ), seçici çıkışındaki ortalama İGO

$$\bar{\gamma}_{SB} = \bar{\gamma} \sum_{i=1}^{n_R} \frac{1}{i} \quad (2.5)$$

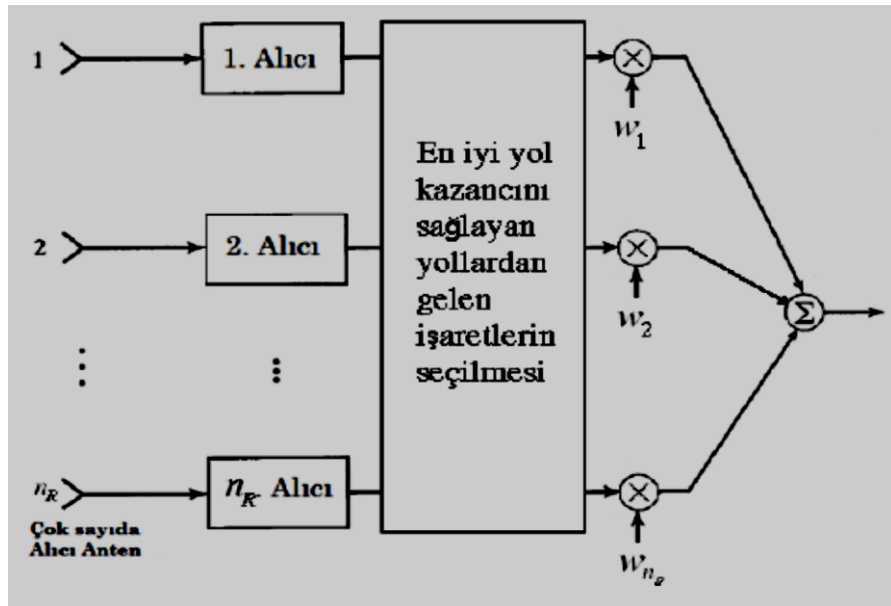
olur. SB tekniği, alıcı birimde anten seçimine dayalı alıcı anten seçimi (AAS) tekniğinin tek bir anten seçilmiş hali olarak da düşünölebilmektedir.



Şekil 4 SB tekniğinin birleştiricisi

#### 4. Genelleştirilmiş Seçmeli Birleştirme Tekniği:

GSB tekniği, sağlanan hata oranları ve devre karmaşıklığı bakımından EBOB ve EKB tekniklerinin SB tekniği ile arasında bulunan performans bölgelerini doldurmak amacıyla geliştirilmiştir. Bu teknikte, alıcıda elde edilen işaretlerden en iyi yol kazancına sahip birkaçı seçilerek birleştirici bloğa iletilir. Bu şekilde, EBOB tekniğinden kaynaklanan devre karmaşıklığı azaltılırken, SB ile elde edilen hata performansı iyileşmesinden daha iyi bir iyileşme elde edilir (9). GSB tekniğine ait seçici ve birleştirici yapısı Şekil 5’de verilmiştir.



Şekil 5 GSB tekniği seçici ve birleştirici yapısı

GSB tekniğinde, muhtemel  $n_R$  işaret içerisinde  $n_S$  tanesinin seçilmesi ve birleştirilmesi ile çıkışta elde edilen ani İGO aşağıdaki gibidir:

$$\gamma_{GSB} = \sum_{i=1}^{n_S} \gamma^{(i)} \quad (2.6)$$

Toplam ifadesindeki  $\gamma^{(i)}$  değerleri,  $\gamma^{(1)} > \gamma^{(2)} > \dots > \gamma^{(n_R-1)} > \gamma^{(n_R)}$  olmak üzere, bütün yollardan alınan İGO değerleri azalan sırayla düşünüldüğünde,  $i$ . sıradaki İGO değerini göstermektedir. Bütün yolların ortalama İGO değerlerinin eşit olduğu varsayımı ile ( $\forall i, E[\gamma_i] = \bar{\gamma}_i = \bar{\gamma}$ ), birleştirici çıkışındaki ortalama İGO:

$$\bar{\gamma}_{GSB} = n_S \bar{\gamma} \left( 1 + \sum_{i=n_S+1}^{n_R} \frac{1}{i} \right) \quad (2.7)$$

olur. Seçilen yol sayısının  $n_S=1$  olması durumunda GSB tekniği, SB tekniğine eşdeğer olurken,  $n_S=n_R$  olduğunda ise EBOB tekniğine eşdeğer olmaktadır.

## BÖLÜM III

### VERİCİ ANTEN ÇEŞİTLEME TEKNİKLERİ (TRANSMITTER DIVERSITY)

(10), (6), (7) Alıcı anten çeşitleme teknikleri, kullanılan çok sayıda radyo frekans zincirlerinin neden olduğu devre karmaşıklığı ve güç tüketimi gibi faktörlerin, sistem gerçekleşmesini zorlaştırmadığı birimlerde rahatlıkla kullanılabilir. Örneğin, hücreşel şebekelerde baz istasyonlarında kullanılan çok sayıda anten ile yukarı doğru iletimin (uplink) kalitesi artırılabilir. Ancak, yine hücreşel şebeke örneği düşünülürse, bu tekniklerin aşağı doğru iletimde (downlink) mobil birimlerde kullanılması, boyut ve güç tüketimi açısından sınırlı olan mobil cihazların pratikliğini azaltmaktadır. Bu nedenle, aşağı doğru iletimin kalitesini artırmak amacıyla, verici anten çeşitleme tekniklerinin geliştirilmesi düşünülmüştür. Verici anten çeşitleme tekniklerinin, baz istasyonu gibi, mobil birime kıyasla güç tüketimi ve devre karmaşıklığı açısından daha esnek olan merkezi birimlerde uygulanması çok daha kolaydır. Bu tekniklerin bazıları, vericiden iletilen işaretlerin alıcıda karışmadan alınabilmesi için bir kodlama veya işaret işleme tekniğine ihtiyaç duyarken, bazıları da alıcı birimde yapılan kanal tahmini sonucu elde edilen KDB'ye ihtiyaç duymaktadırlar ki bu da alıcı birimden verici birime bir geri besleme yükü anlamına gelmektedir.

İletim için KDB'ye ihtiyaç duymadan çeşitleme sağlayan teknikler arasında en önemli payı, uzay-zaman blok kodları (UZBK), uzay-zaman kafes kodları (UZKK) olarak ikiye ayrılan uzay-zaman kodları (UZK) (9), (11) almaktadır. Bu teknikler içerisinde de daha basit kodlayıcı ve kod çözücü devre yapıları ile gerçekleştirilebildikleri için UZBK ön planda olmuştur. Ancak, UZKK tekniği sağladığı kodlama kazancı sayesinde özellikle düşük İGO değerlerinde performansı önemli ölçüde iyileştirmektedir.

İletim için KDB'ye ihtiyaç duyan ve buna bağlı olarak alıcı birimle arada bir geri besleme kanalı kullanan teknikler içerisinde, verici antenlerden iletilen işaretlerin ağırlıklandırılarak iletilmesi esasına dayanan huzme şekillendirme (HŞ) (12) ve seçme çeşitlemesi sağlayan verici anten seçimi (VAS) teknikleri gelmektedir.

Bu çalışmada, verici anten çeşitleme teknikleri içerisinde UZBK, HŞ ve VAS tekniklerinin birlikte kullanıldığı sistemler ele alınmaktadır.

#### 1. Uzay-Zaman Blok Kodlama Tekniği:

Alıcı birimde gerçekleştirilen birleştirme tekniklerine eşdeğer olacak şekilde tasarlanan UZBK tekniği, vericide kullanılan çok sayıda antenin, belirli iletim algoritmaları kullanılarak iletim yapması esasına dayanmaktadır. Burada, iletim algoritmaları (UZBK kod ailesinin üyeleri), farklı işaretleşme anlarında verici antenlerin iletecekleri farklı mesaj işaretlerini belirten iletim matrisleridir. UZBK kod ailesinin reel

ve kompleks gerçeklemeli (iletim matrislerinin elemanlarının iletilecek işaretlerin reel ve kompleks kombinasyonlarını içerdiği) birçok üyesi olmakla birlikte, tam çeşitleme sağlamaları nedeniyle bu çalışmada kompleks tasarıma sahip iki UZBK üyesi ele alınmıştır. Bu iki uzay-zaman blok kodu, verici birimde iletim için sırasıyla iki ve üç antenin kullanıldığı kodlardır.

Verici birimde iletimin iki anten kullanılarak yapılmasını öneren yapı 1998 yılında Alamouti (13) tarafından geliştirilmiştir. Bu yapı ile UZBK kodlayıcı girişindeki farklı iki mesaj işaretinin kompleks lineer kombinasyonları, iki zaman aralığında ve iki verici anten üzerinden iletilmektedir.  $G_2$  kodu olarak da anılan Alamouti koduna ait iletim matrisi,

$$G_2 = \begin{bmatrix} s_1 & s_2 \\ -s_2^* & s_1^* \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

şeklinde tanımlanmaktadır (13). Burada iletim matrisinin her satırı ayrı bir işaretleme anını temsile ederken, satırların her bir elemanı da belirtilen işaretleme anında verici antenlerin iletileceği işaretleri göstermektedir. İletim matrisinin ortogonal olması sayesinde, kod çözme işleminin her bir sembol için ayrı ayrı gerçekleştirilmesi sağlanmaktadır.

Alamouti'nin önerdiği iki antenli iletim yapısı, (11)'de daha fazla sayıda verici anten için geliştirilmiştir. Üç anten ile iletim sağlayan  $G_3$  UZBK iletim matrisi

$$G_3 = \begin{bmatrix} s_1 & s_2 & s_3 \\ -s_2 & s_1 & -s_4 \\ -s_3 & s_4 & s_1 \\ -s_4 & -s_3 & s_2 \\ s_1^* & s_2^* & s_3^* \\ -s_2^* & s_1^* & -s_4^* \\ -s_3^* & s_4^* & s_1^* \\ -s_4^* & -s_3^* & s_2^* \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

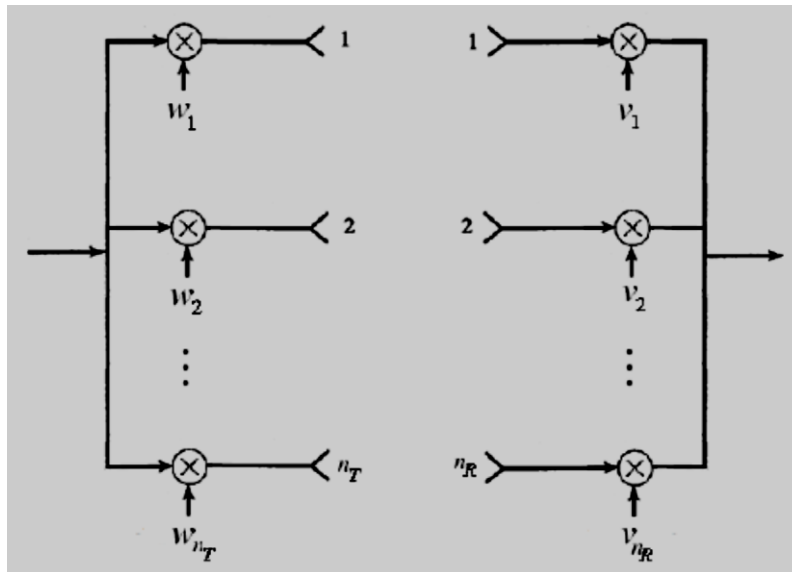
şeklinde tanımlanmaktadır (11).

Denklem (3.1) ve (3.2)'deki iletim matrisi ifadeleri incelendiğinde, Alamouti  $G_2$  ve  $G_3$  kodlarının sırasıyla iki ve sekiz işaretleme periyodu kullandıkları ve yine sırasıyla iki ve dört sembol ilettikleri görülmektedir. Alamouti ( $G_2$ ) kodunun iletim oranının (ki kod iletim oranı, iletim matrisinin ilettiği farklı sembol sayısının kodun kullandığı işaretleme periyodu sayısına oranıdır) 1 olduğunu gösterir ki bu da kodlamanın iletim hızında bir azalmaya neden olmadığını göstermektedir.  $G_3$  kodu için ise kod iletim oranının 1/2 olduğu görülmektedir. (11)'de önerilen diğer UZBK yapıları içerisinde, tam hızlı (kod iletim oranı 1) ve tam çeşitlemeli iletim sağlayan tek UZBK kodu Alamouti kodudur.

## 2. Huzme Şekillendirme Tekniği:

HŞ tekniğinde işaretler, verici antenler ile alıcı arasındaki kanalların sönümlenme katsayıları ile orantılı olarak ağırlıklandırılarak iletilmektedir. Her bir verici antende kullanılacak ağırlık katsayısı, o verici anten ile alıcı birimdeki antenler arasındaki kanal parametrelerine göre ve toplam iletim gücünü değiştirmeyecek şekilde seçilmektedir. Şekil 6'da HŞ tekniğinin verici yapısı verilmiştir. Şekil 6'da vurgulanmamakla birlikte, iletim için kullanılan ağırlık katsayılarının belirlenmesi, alıcı birimde yapılan kanal tahminine bağlıdır. Bu nedenle, verici birimin iletim öncesinde kanal hakkında bilgilendirilmesi, alıcı birimden sağlanan geri besleme kanalı yoluyla gerçekleşmektedir.

Alıcı tarafta yapılan birleştirme tekniklerine benzer olarak, HŞ tekniğinde iletim için kullanılan ağırlık katsayılarına bağlı olarak teknik, en büyük oranlı iletim (EBOİ), eşit kazançlı iletim (EKİ), seçmeli iletim (Sİ) ve genelleştirilmiş seçmeli iletim (GSİ) olarak adlandırılmaktadır. Alıcı birimdeki EBOB tekniğine eşdeğer olarak, verici birimde uygulanacak optimum teknik EBOİ tekniğidir. Yine benzer şekilde, EBOİ tekniğinin neden olduğu devre karmaşıklığını azaltmak amacıyla EKİ, Sİ ve GSİ teknikleri geliştirilmiştir.



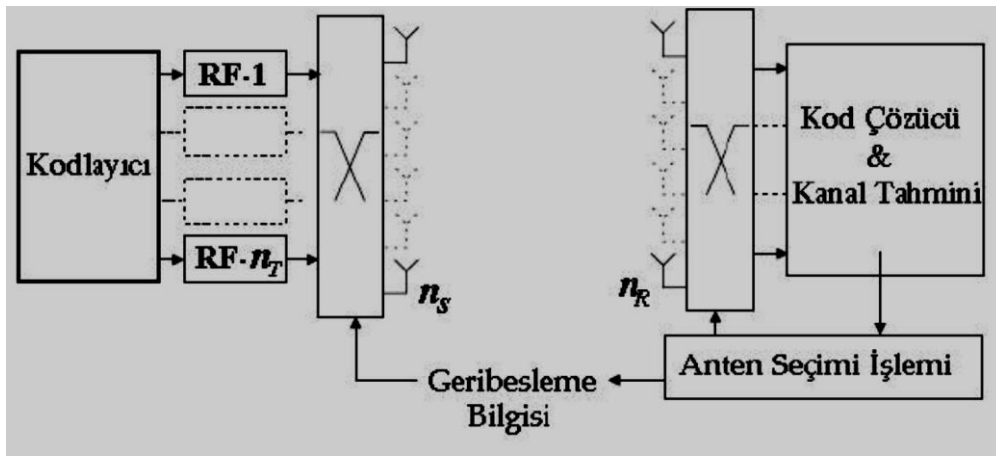
Şekil 6 Huzme şekillendirme tekniği verici ve alıcı yapısı

## 3. Verici Anten Seçimi Tekniği:

Verici birimde çok anten kullanan sistemlerde antenlerin etkin şekilde iletim yapabilmesi için UZBK tekniğinde olduğu gibi iletim matrisleri kullanılabilir. Her iki durumda da, kullanılacak verici devre yapıları anten sayısı ile orantılı olarak karmaşık olacaktır. Devre karmaşıklığının belirli bir düzeyi aşması, önerilen sistemin özellikle mobil birimlerde kullanımını son derece zorlaştırmaktadır. VAS tekniği, en iyi iletim kanalını sağlayan anten(ler)in seçilmesi ve aktif olarak kullanılması ile iletimde kullanılan radyo

frekans zinciri sayısını, dolayısıyla kullanılan işaret işleme elemanı sayısını azaltmaktadır. Devre karmaşıklığının azalması, tekniği kullanan uç birimin boyutları ve güç tüketimi açısından da iyileştirici etki yapmaktadır. Bu yönüyle VAS tekniği, çok antenli iletim tekniklerinin getirdiği çeşitleme kazancını daha düşük devre karmaşıklığı ve daha düşük güç tüketimi ile muhafaza edebildiği için önem kazanmış bir tekniktir (9), (14).

VAS tekniği kullanılarak en iyi iletimi sağlayabilecek tek bir anten seçilebileceği gibi, kanal kazançları iyi olan birkaç anten seçilerek uygun şekilde UZBK ya da HŞ de uygulanabilmektedir. Bu yönüyle de, VAS tekniği ortak çeşitlemeli yapılar oluşturmaya elverişli bir tekniktir. VAS tekniğini kullanan sisteme ait blok diyagram Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7 VAS tekniğini kullanan sistemin genel yapısı

Şekil 7’de verilen sistemde, verici birimde bulunan  $n_T$  adet anten içerisinde, alıcı birimde bulunan  $n_R$  antene en büyük İGO değerli işaretleri iletebilen  $n_S$  adet anten seçilmektedir. Verici birimde aktif olarak kullanılacak antenlerin belirlenmesi, alıcı birimde yapılan kanal tahmini işlemi sonrasında, kullanılacak antenlerin indislerinin geri besleme kanalı üzerinden verici bloğa iletilmesi şeklinde gerçekleşmektedir.

VAS tekniğinin kullanılması ile aktif olarak  $n_S$  adet anten kullanılsa da, sistemde mevcut bulunan bütün verici antenler kullanılmış gibi çeşitleme derecesi elde edilmektedir.



**BÖLÜM IV****SONUÇLAR**

Kablosuz bilişim konusunda yapılan çalışmalarda görülen sönümlenme sorununu gidermenin yolları arasında değişik yöntemler denenmiştir (Tablo-1). Bunlar yeteri kadar iyi sonuç vermemesi araştırmacıları yeni arayışlara itmiştir.

Yapılan araştırmalar neticesinde sönümlenme sorununu gidermenin en kolay yolu olarak çeşitleme konusu düşünülmüştür. Doğal olarak kablosuz iletişimin iki yönü mevcut olup transmitter ve receiver için 3 bazda çeşitleme yapılması öngörülmüş olup bunlar zaman, frekans ve uzay alanında yapılan çeşitlemelerdir.

## KAYNAKÇA

1. **Tse, David ve Viswanath, Pramod.** *Fundamentals of Wireless Communication.* Newyork, USA : Cambridge University Press, 2005.
2. **Goldsmith, A.** *Wireless Communication,.* Newyork, USA : Cambridge University Press, 2005.
3. **S. Haykin, M. Moher,.** *Modern Wireless Communications,.* USA : Pearson Education, 2005.
4. **Yılmaz, A.** Döndürme Çeşitlemeli Haberleşme Sistemlerinin Çok Antenli Yapılar İçin Nakagami-m Sönümlenmeli Kanalarda Performansı. *Yüksek Lisans Tezi.* Gebze : GYTE, 2009.
5. **Saunders, Simon R. ve N-Zavala, Alejandro Arago.** *Antennas And Propagation For Wireless Communication Systems.* England : JohnWiley & Sons, 2007.
6. *Performance Enhancement Of Wireless Communication Systems Using Transmit And Receive Diversity.* **Jameel, Ahmed J.** s.l. : 7th International Multi-Conference on Systems, Signals and Devices, 2010.
7. *Code Diversity in Multiple Antenna Wireless Communication.* **Wu, Yiyue, Member, Student ve Calderbank, Robert.** 6, s.l. : IEEE Journal Of Selected Topics In Signal Processing, December 2009, Cilt 3.
8. **Rappaport, T. S.** *Wireless Communications, 2nd Edition.* Texas, USA : Prentice Hall, 2002.
9. **Vucetic, B. ve Yuan, J.** *Space Time Coding.* Newyork, USA : John Wiley & Sons, 2003.
10. *Performance Enhancement Of Wireless Communication Systems Using Transmit And Receive Diversity.*
11. "Space-time codes for high data rate wireless communication: performance criteria and code construction". **Tarokh, V., Seshadri, N. and Calderbank, A. R.** s.l. : IEEE Trans. Inform. Theory,, Mar. 1998.
12. *Maximal ratio transmission.* **Lo, T.** vol. 47, Oct. 1999. : IEEE Trans. on Commun.,, Cilt 10.
13. *A Simple transmit diversity technique for wireless communications.* **Alamouti, S. M.** 16, s.l. : IEEE J. Select. Areas Commun., Oct. 1998, Cilt 10.
14. *Analysis of transmit antenna selection/maximal ratio combining in rayleigh fading channels.* **Chen, Z., Yuan, J. ve Vucetic, B.** 4, s.l. : IEEE Trans. on Vehic. Tech, July 2005, Cilt Vol 54.