

KABLOSUZ ERİŞİM YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI İNCELEMESİ

Necla BANDIRMALI Celal ÇEKEN Cüneyt BAYILMIŞ İsmail ERTÜRK

Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü
Teknik Eğitim Fakültesi
Kocaeli Üniversitesi, 41380, Umuttepe Yerleşkesi, Kocaeli
e-posta: {bandirmali, cceken, bayilmis, erturk}@kou.edu.tr

Anahtar sözcükler: Kablosuz Erişim Yöntemleri, Çoklama Teknikleri, Çoklu Erişim Yöntemleri

ÖZET

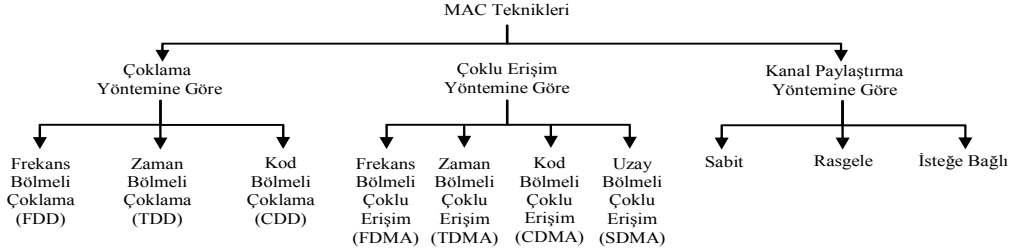
Bu bildiri kablosuz erişim mekanizmaları, çoklu erişim ve çoklama yöntemlerine göre karşılaştırmalı olarak incelenmektedir.

1. GİRİŞ

Kablosuz ortamın en büyük sorunlarından biri de bant genişliği açısından oldukça sınırlı kaynaklara sahip olmasıdır. Bir kablosuz sistemden beklenen, uygulamanın türüne ve kullanıcı sayısına bağlı olarak sınırlı bant genişliğini kullanıcılara mümkün

olduğunca etkin bir şekilde paylaşmasıdır. Kablosuz sistemler, sınırlı bant genişliğini kullanıcılara tahsis etmek için ortam erişimi kontrol (Medium Access Control, MAC) protokolleri kullanırlar [1].

Şekil 1'de kablosuz ortam erişim teknikleri; çoklama, çoklu erişim ve kanal paylaşırma yöntemleri olmak üzere üç farklı kritere göre sınıflandırılmaktadır. Bu çalışmanın ikinci bölümünde, iletim ortamını çift yönlü kullanma (çoklama) yöntemleri ve Bölüm 3'de çoklu erişim teknikleri karşılaştırılmalı olarak verilmektedir.



Şekil 1. Kablosuz erişim yöntemlerinin sınıflandırılması.

2. ÇOKLAMA YÖNTEMLERİ

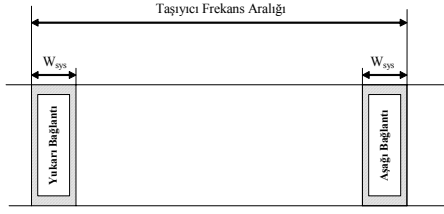
Haberleşme sistemlerinde iletişim için kullanılan kanal tek yönlü ya da çift yönlü olabilir. Tek yönlü kanal adından da anlaşıldığı gibi sadece bir yönde kullanılabilir. Örneğin; A ve B düğümleri tek yönlü bir kanal ile birbirine bağlanırsa, A düğümü kendi verisini B düğümüne gönderebilirken; fakat, B düğümü kendi verisini A düğümüne gönderemez. Çift yönlü bir kanal her iki yönlü de kullanıma elverişlidir. Çift yönlü kanal her iki yönlü (half-duplex) ve tam çift yönlü (full-duplex) olmak üzere iki şekildedir. Yarı çift yönlü kanal, farklı zamanlarda her iki yönde bilgi gönderebilir ve alabilir. Tam çift yönlü kanal ise eş zamanlı olarak her iki yönde bilgi gönderebilir.

Kablosuz ağlarda, yarı çoklama (half-duplexing) yaygın olarak zaman bölmeli çoklama (TDD) yöntemi kullanılarak gerçekleştirilirken, tam çoklama (full-duplexing) frekans bölmeli çoklama (FDD) yöntemi kullanılarak gerçekleştirilir. TDD'de bir düğüm hem gönderme hem de alma işlemini yapar; ancak, bu işlemi eş zamanlı olarak gerçekleştirmez. FDD'de ise

bir düğüm eş zamanlı olarak bir kanaldan gönderme diğer kanaldan alma işlemini gerçekleştirir. Bundan dolayı FDD, iki bölünmüş frekans bandına ihtiyaç duyar [2].

2.1. Frekans bölmeli çoklama (FDD)

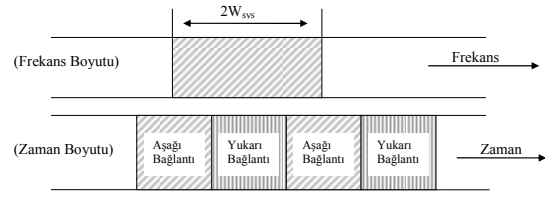
FDD (Frequency Division Duplexing) iki yönlü radyo haberleşme sistemleri için kullanılan en yaygın çoklama tekniğidir. Bunun nedeni ise yukarı yönlü ve aşağı yönlü sinyalleri filtreler yardımıyla kolayca ayırabilmesidir. Çoğu mobil haberleşme sistemi FDD'yi kullanır. Şekil 2'de örnek bir frekans tahsisi ve modem konfigürasyonu görülmektedir. FDD sistemlerde yukarı bağlantı (uplink) ve aşağı bağlantı (downlink) için farklı frekans bantları kullanılır. Bunun dışında gönderme ve alma aynı anten üzerinden gerçekleştirilir. Bu yüzden yukarı bağlantı ve aşağı bağlantı bantlarını ayıran bir çoklayıcı kullanılır. Taşıyıcı frekans boşluğu yeterince geniş olmalıdır. Dar taşıyıcı boşluğu yüksek Q kalite faktörüne sahip çoklayıcı filtresi gerektirir [3].



Şekil 2. FDD sistemin spektrum tahsisi.

2.2. Zaman bölmeli çoklama (TDD)

TDD (Time Division Duplexing) iki yönlü radyo sistemlerinde kullanılan diğer bir çoklama tekniğidir. Bu teknikte baz istasyonu ve terminal aynı radyo frekans kanalından farklı zaman bölümlerinde sinyal iletirler. TDD sistemler yukarı bağlantı ve aşağı bağlantı için aynı frekans bandını kullanır. Çünkü her bir sinyal FDD sistemin yarı periyodunda veri iletir. Her bir bağlantı için kullanılan bant genişliği FDD'nin iki katıdır. Dolayısıyla FDD ve TDD için toplam bant genişliği aynıdır. TDD'nin en önemli özelliklerinden bir tanesi çoklayıcı gerektirmemesidir. Zira, yukarı bağlantı ve aşağı bağlantı sinyalleri zaman domeninde ayrılmıştır. Bununla birlikte TDD sistemleri TDMA'da olduğu gibi koruma süresi gerektirir [3].



Şekil 3. TDD sistemin spektrum tahsisi.

2.3. Kod bölmeli çoklama (CDD)

Bu teknikte ise kaynak düğüm ve hedef düğüm aynı radyo frekans kanalından aynı zaman diliminde özel bir kodlama yöntemi kullanılarak haberleşirler. "Akıllı" olarak adlandırılan bu kod (smart code), çoklu yol (multipath), gecikme yayılımı ve çoklu kullanıcılardan dolayı oluşan girişimi azaltabilir. İdeal durumda CDD (Code Division Duplexing) sistemi akıllı kod ile Shannon kapasitesine yakın bir kapasite sağlar. Bununla birlikte gerçekte akıllı kod mükemmel değildir. Dolayısıyla sistem performansı akıllı kodun yapısı sebebiyle düşer. CDD sistemi, teorik olur gürültü sınırlıdır (noise-limited). Sistem kapasitesi çok büyük olabilir ve sadece sistemde kullanılan akıllı kod sayısına bağlıdır. Fakat gerçekte gürültü sınırlı bir sistem yoktur, dolayısıyla CDD sistemi ortamda oluşan düşük seviye girişim tarafından etkilenir [4].

Tablo 1. Çoklama tekniklerinin karşılaştırılması.

Özellikler	FDD Sistem	TDD Sistem	CDD Sistem
Gereken toplam bant genişliği	TDD ile aynı	FDD ile aynı	TDD ve FDD ile aynı
Çoklayıcı	Gerekli	Gerekli Değil	Gerekli Değil
Radyo kaynak yönetimindeki esneklik	Spektrum çiftlerinde gerekli	Esnek	Esnek
Çoklu yol bozulmalarına bağımsızlık	Daha sağlam	Daha az sağlam	Daha sağlam
Senkronizasyon gereksinimi	Senkronizasyon gerekli değil	Yukarı ve aşağı bağlantı zamanlama senkronizasyonu gerektirir.	Senkronizasyon gerekli değil
Bölge yarıçap gereksinimi	Küçük hücre ya da büyük hücre sistemlerine uygulanabilir.	Daha küçük hücre sistemlerine daha uygun	Daha küçük hücre sistemlerine daha uygun
Terminaller arası doğrudan haberleşme	Mümkün	Mümkün (kolay)	Mümkün

3. ÇOKLU ERİŞİM YÖNTEMLERİ

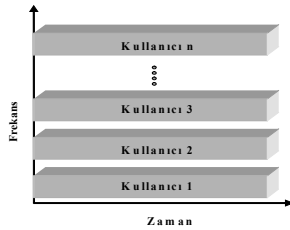
Çoklu erişim yöntemleri kablosuz ortamda sınırlı olan bant genişliği çok sayıda kullanıcıya aynı anda kullanma imkanı sağlamaktadır. Yaygın olarak bilinen çoklu erişim yöntemleri şunlardır:

- Frekans Bölmeli Çoklu Erişim (Frequency Division Multiple Access-FDMA)
- Zaman Bölmeli Çoklu Erişim (Time Division Multiple Access-TDMA)
- Kod Bölmeli Çoklu Erişim (Code Division Multiple Access-CDMA)
- Uzay Bölmeli Çoklu Erişim (Space Division Multiple Access-SDMA)

3.1. FDMA

FDMA hücresel sistemlerde kullanılan ilk çoklu erişim tekniklerinden biridir. Bu teknikte bant genişliği birkaç kanala bölünür. Kanallar sadece kullanıcılar talep ettiği zaman tahsis edilir. FDMA her bir kullanıcı için aynı anda tek bir kanal tahsis eder. FDMA'de tahsis edilen her bir kanal farklı frekans bandına sahiptir. Bu metot sınırlı erişime imkan tanımaktadır. Çünkü bir kullanıcı tarafından kullanılan frekans bandı diğer kullanıcı tarafından kullanılamaz. FDMA kanallar darbant genişliğine (30KHz) sahiptir ve çoğunlukla darbant sistemlerde uygulanabilir. FDMA senkronizasyon ya da zaman kontrolü gerektirmez. FDMA daha çok analog

sistemlerde kullanılır. Dijital sistemlerin sağlamış olduğu avantajlardan tamamen faydalanmak için FDMA tekniği iyi bir çözüm değildir [1, 5].

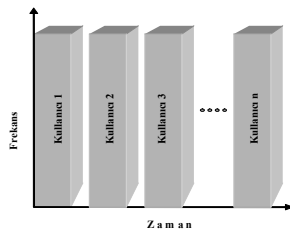


Şekil 4. FDMA.

3.2. TDMA

TDMA belirli sayıda kullanıcı için tek bir radyo frekans kanalına, farklı zaman dilimlerinde (slot), erişimini sağlayan sayısal iletim teknolojisidir.

Sayısal haberleşme sistemlerinde sürekli bir iletim sözcüğü konusu değildir. Bu nedenle kullanıcılara ayrılan bant genişliği iletim zamanının her anında kullanılmaz. Bu tür sistemler için TDMA FDMA'ye alternatif bir erişim tekniğidir. TDMA'de tüm bant genişliği sonlu bir süre için belirli kullanıcıya aittir. Çoğu durumda kullanılabilir bant genişliği, FDMA'ye oranla daha az kanala bölünür ve kullanıcılar tüm kanal bant genişliğini kullanabildikleri zaman slotlarına yerleştirilirler. TDMA'de kullanıcılar aynı bant genişliğini paylaştıkları için dikkatli senkronizasyon gerektirir. Daha az kanal olduğu için kanallar arası girişim önemsizdir. Bu yüzden kanallar arası koruma süresi çok küçüktür. Koruma süresi TDMA patlamaları arasındaki boş süredir. TDMA'de alıcı filtreleri, FDMA'deki bant geçiren filtreler yerine zaman pencerelerine dönüşür. Sonuç olarak haberleşmedeki girişim önleyici koruma süresi senkronizasyon süresi kadar küçük olur. [3, 6, 7].

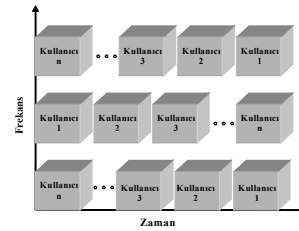


Şekil 5. TDMA.

3.3. CDMA

CDMA yönteminde iletim ortamındaki tüm kullanıcılar aynı anda ve aynı frekans bandını kullanarak haberleşirler. Her bir kullanıcıya bilgiyi kodlaması için kullanacağı eşsiz bir kod dizisi tahsis edilir. Her kullanıcı diğer kullanıcıların kodlarına dik (orthogonal) olan kendi kod sözcüğüne sahiptir. Gönderilen bilgiyi tespit edebilmek için, alıcının verici tarafından kullanılan kod sözcüğünü bilmesi gerekir. Alıcı, kullanıcının kod dizisini bilir ve işareti aldıktan sonra kodunu çözerek orijinal bilgiyi yeniden elde eder. Bu, istenilen kullanıcı kodu ile diğer kullanıcı kodlarının arasındaki çapraz ilintinin (cross

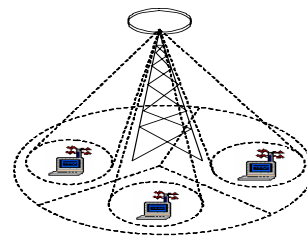
correlation) düşük olması ile mümkündür. Kod işaretinin bant genişliği bilgi işaretinin bant genişliğinden çok büyük seçildiğinden, kodlama işlemi bilgiyi geniş bir spektruma yayar ve bu yüzden yayılı spektrum (spread spektrum-SS) modülasyonu olarak da bilinir. Sonuçta oluşan işaret SS işarettir ve CDMA genellikle yaygın spektrum çoklu erişimi (spread spectrum multiple access, SSMA) olarak da adlandırılır. CDMA, TDMA'den farklı olarak kullanıcılar arasında zaman senkronizasyonu gerektirmez. Teorik olarak, sınırsız adette kullanıcı aynı kanalı aynı zamanda kullanabilirler. Bunun nedeni de Walsh Coding yönteminin uygulanmasıdır. Ancak kullanıcı sayısı arttıkça gürültü oranı artmaya başlar ve kalite giderek düşer [8].



Şekil 6. CDMA.

3.4. SDMA

SDMA, kullanıcıları uzaysal olarak ayırarak, frekans spektrumunun kullanımını optimize eder. SDMA'nın ilk şekli, aynı frekansın farklı hücrelerde tekrar kullanıldığı hücre tabanlı kablosuz ağlardır ve bu tür ağlarda komşu kanal girişimini önlemek için hücrelerin yeterince ayrılması gerekir. Bu ise bir bölgedeki hücre sayısını ve frekansın tekrar kullanılabilirliğini sınırlandırır. Daha gelişmiş diğer bir yaklaşım, ağı kapasitesini daha da artırabilir. Bu teknik, hücre içerisinde bir frekansın tekrar kullanılabilmesine imkan tanımaktadır ve antenlerin istenilen kullanıcıya yönlendirilmesi için zeki sinyal işleme ile desteklenmiş anten dizileri kullanan akıllı anten tekniklerini kullanır. Bu anten dizileri dar hüzmeler oluşturabildiklerinden kullanıcılar arasındaki uzaysal ayırma yeterli olduğu miktarda, frekans tekrar kullanılabilir. Şekil 7 aynı hücrede, aynı kanalı kullanan üç SDMA kullanıcıyı göstermektedir. Alıcı hüzmeye genişliğine sadece bir vericinin düşmesi zayıf bir ihtimaldir. Bu nedenle diğer çoklu erişim tekniklerinin SDMA ile birlikte kullanılması zorunlu hale gelir. Farklı alanlar, anten hüzmeleri tarafından kapsanıyorsa TDMA veya CDMA kullanıldığında frekans tekrar kullanılabilir. Bununla birlikte farklı frekanslar için FDMA'de kullanılabilir.



Şekil 7. SDMA.

4. Sonuç

Kablosuz ortamın en büyük sorunlarından biri de bant genişliği açısından oldukça sınırlı kaynaklara sahip olmasıdır. Bununla birlikte kablosuz uygulamaların ve bu uygulamalardan faydalanmak isteyen kullanıcıların sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Kablosuz haberleşme sistemleri üzerinde yapılan çalışmaların büyük bir kısmı sınırlı bant genişliğini etkin olarak kullanacak kablosuz erişim mekanizmaları üzerine

yoğunlaşmaktadır. Bu çalışmada, kablosuz ortamda kullanılan erişim mekanizmaları, iletim ortamını çift yönlü kullanma, çoklu erişim ve kanal paylaşırma yöntemlerine göre sınıflandırılarak incelenmiştir. Ayrıca, çoklama ve çoklu erişim yöntemlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda, kablosuz erişim yöntemlerinin zaman içerisinde FDMA'den SDMA tekniğine doğru bir gelişim gösterdiği saptanmıştır.

Tablo 2. Çoklu erişim yöntemlerinin karşılaştırılması

	FDMA	TDMA	CDMA	SDMA
Kullanıcı etkinliği	Kullanıcılar aynı anda ve sürekli olarak aktifür her bir kullanıcı tek bir frekans bandını kullanır.	Kullanıcılar kısa zaman aralıklarında sırayla aktif olurlar. Her bir kullanıcı TDMA çerçevesinde tek bir zaman slotu kullanır.	Kullanıcılar aynı anda ve sürekli aktiftir. Her bir kullanıcı tek bir kullanıcı CDMA kodu kullanır.	Kullanıcılar aynı anda ve sürekli aktiftir. Her bir kullanıcı kendi sektörünü kullanır.
Kullanıcı sinyalleri arasındaki fark	Frekans boyutunda.	Zaman boyutunda.	CDMA kodlarına dayalı.	Alıcı antendeki erişim yönüne dayalı.
Kullanıcı sinyallerinin ayrımı	Filtreleme ile	Senkronizasyon yayılımı ile, iletilen kullanıcı sinyalleri arasına koruma periyodları gerekir.	Senkronizasyon yayılımı ile, tek kullanıcı algılaması ya da çok kullanıcı algılaması.	Anten dizileri kullanılarak.
Yayılma Alanı	Analog ve dijital	Dijital	Dijital	Dijital
Avantajları	Basit, güçlü, ağ desteğine sahip ve basit eşitleme	Frekans farklılığı, alıcının mobil radyo kanalındaki zaman değişimine duyarlılığı, zaman farklılığı, yüksek spektral kapasite, basit radyo frekans dizaynı, zaman bölmeli çoklamaya uygun	Frekans farklılığı, alıcının mobil radyo kanalındaki zaman değişimine duyarlılığı, basit eşitleme, girişim ayrılığı, ağ planı gerekmez, esneklik, radyo frekans dizaynında azaltılmış karmaşıklık	Basit, çoklu erişim girişimi az, ağ planını destekler, uzay bölümü ve kolay el değiştirme, eşitleme gerekli değil
Dezavantajları	Düşük esneklik, küçük frekans ayrımı, alıcı mobil radyo kanal zaman değişimlerine duyarlı, küçük girişim ayrımı, uzay ayrımı gerekli, radyo frekans dizaynında ciddi karmaşıklık	Düşük esneklik, girişim nedeniyle eşitleme gerekli, küçük girişim ayrımı, tüm kullanıcılara küresel senkronizasyon	Düşük spektral kapasite	Düşük esneklik, küçük frekans bölmeli, alıcı mobil radyo kanalında zaman değişimine duyarlı, girişim ayrımını azaltır, düşük spektral kapasite, radyo frekans dizaynında yüksek karmaşıklık

KAYNAKLAR

- [1] Proakis, J.G., Dijital Communications, MC GRAW-HILL INTERNATIONAL EDITIONS NY 2e, 1989.
- [2] Ray, S., The Deaf Node Problem in Wireless Networks, MSc. Thesis, BOSTON UNIVERSITY, COLLEGE OF ENGINEERING, 2002.
- [3] Stavroulakis, P., Interference Analysis and Reduction for Wireless Systems, ARTECH HOUSE, 2003.
- [4] Lee, W.C.Y., Analysis and Realization of a physical CDD system, WIRELESS COMMUNICATIONS AND MOBILE COMPUTING, Vol. 3, pp 571-583, 2003.
- [5] <http://www.iec.org>
- [6] Jung, P., Time Division Multiple Access (TDMA), WILEY ENCYCLOPEDIA OF TELECOMMUNICATIONS, December 2002.
- [7] Kasengulu, K.T., A Comparasion Study Between TDMA and FDMA in Dijital Wireless Systems, ISSUE OF SPREAD SPECTRUM SCENE, Vol.6, 1, 1998.
- [8] Karakoç, M., Üçüncü Nesil Kablosuz CDMA Sistemler için Akıllı Anten Algoritmaları, Yüksek Lisans Tezi, KOU, F.B.E, 2004.