

UMTS ve LTE Şebekelerinde Radyo Erişim Tekniklerinin Kıyaslanması

Erkan İŞLER^{1,4}, Seyhun Barbaros YABACI^{2,4}, Turgut İKİZ³

¹ Turkcell İletişim Hizmetleri A.Ş., Adana, erkan.isler@turkcell.com.tr

² Turkcell İletişim Hizmetleri A.Ş. , Adana, barbaros.yabaci@turkcell.com.tr

³Çukurova Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Adana, tikiz@cu.edu.tr

⁴Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, EEM, Adana

1. ÖZET

Bu çalışmanın amacı UMTS (Universal Mobile Telecommunications System - Evrensel Mobil İletişim Sistemi) ve LTE (Long Term Evolution – Uzun Vadeli Evrim) şebekelerinde kullanılan radyo erişim tekniklerinin tanımını ve karşılaştırmasını yapmaktır.

2. GİRİŞ

Mobil telefon ve İnternet üzerinden veri aktarımı, iletişimin büyük başarılarıdır, 2008 yılı sonunda, dünyadaki mobil telefon abonesi sayısı dört milyarın üzerine çıkmıştır. Global mobil penetrasyonu da 2008 yılı sonunda yüzde 50'nin üstüne çıkmıştır.

UMTS üçüncü nesil radyo haberleşme sistemlerinden biridir. UMTS şebekesinde radyo erişim tekniği olarak, WCDMA (Time Division Multiple Access - Zaman Bölmeli Çoklu Erişim) kullanılmaktadır. Bunun şartnamesi 3GPP'de (3rd Generation Partnership Project - 3. Nesil Ortaklık Projesi) oluşturulmuştur. 3GPP'nin amacı UMTS mobil telefon standartlarının geliştirilmesi ve geliştirilmiş kullanıcı tecrübelerini gelecek nesil geniş bant için basitleştirilmiş teknoloji ile sağlamaktır. Bu projede Avrupa, Japonya, Kore, USA ve Çin standardizasyon grupları yer almıştır. 3GPP'de, WCDMA' ye UTRA(UMTS Terrestrial Radio Access – UMTS Karasal Radyo Erişim Ağı) FDD (Frequency Division Duplexing - Frekans Bölmeli Çiftleme) ve UTRA TDD (Time Division Duplexing - Zaman Bölmeli Çiftleme) denilmektedir. Dünya Radyo Konferansı'nda (WRC) alınan kararlar doğrultusunda, IMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000-Uluslar arası Telekomünikasyon Birliği-2000) sistemi ve dolayısıyla Avrupa'daki UMTS sistemi için frekans bantları; 1885 – 2025 ve 2110 – 2200 MHz olarak belirlenmiştir. Avrupa'da ve Asya'nın büyük bir kısmında IMT-2000 frekans bantları; 2x60 MHz (1920 – 1980 MHz ve 2110 – 2170 MHz) WCDMA FDD için uygun olacaktır.

Avrupa'da, lisanslı TDD kullanım için 25 MHz bant genişliği düşünülmüştür (1900 – 1920MHz ve 2020 – 2025 MHz). Bu frekans bantları için çift yönlü iletimin yani alınan işaretin gönderilenden ayırt edilmesinin çözümü FDD (Frequency Division Duplexing – Frekans Bölmeli Çiftleme) ve TDD (Time Division Duplexing – Zaman Bölmeli Çiftleme) yöntemleri ile yapılmaktadır. FDD yönteminde, iki yönlü iletim iki ayrı frekansta yapılır. TDD yönteminde, iki yönlü iletim aynı taşıyıcı frekans üzerinden zamanda bölme yöntemi ile gerçekleştirilir.

LTE mobil radyo haberleşmesinde bir sonraki en önemli adımdır. LTE, 3GPP'de 8. bildiri olarak tanıtılacaktır. Ocak 2008'de tanımlamaları sonuçlandırıldı ve onaylandı. LTE teknolojisi FDD ve TDD yöntemlerini desteklemektedir. Dünyada LTE'ye geçişin 2010 yılında başlaması planlanmaktadır.

OFDM (Orthogonal frequency division multiplexing - Ortogonal Frekans Bölmeli Çoklayıcı) teknolojisi LTE içine birleştirilmiştir. Çünkü LTE, yansıma ve enterferansa yüksek derecede esneklik sağlayarak verinin etkin olarak iletilmesi için yüksek veri bant genişliği sağlamaktadır. OFDM tekniği, kablolu ağ üzerinden taşınan bilgi miktarını artırmak için FDM(Frekans Bölmeli Çoklayıcı) modülasyon tekniği kullanılmaktadır. OFDM, radyo sinyallerini daha küçük alt sinyallere ayırarak ve bu alt sinyalleri eş zamanlı farklı frekanslarda alıcıya iletme yolu ile çalışır.

LTE yukarı yönlü bağlantı (mobil terminalden baz istasyonuna doğru olan bağlantı) ve aşağı yönlü bağlantıda (baz istasyonundan mobil terminale doğru olan bağlantı) farklı radyo erişim tekniği kullanılmaktadır. Aşağı yönlü bağlantıda OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access - Ortogonal Frekans Bölmeli Çoklayıcı Erişim) tekniğini kullanılmaktadır. Yukarı yönlü bağlantıda ise SC-FDMA (Single Carrier - Frequency division multiplexing Access – Tek Taşıyıcı - Zaman Bölmeli Çoklu Erişim) tekniğini kullanılmaktadır.

3. KABLOSUZ AĞLAR İÇİN ERİŞİM TEKNİKLERİ

İki yönlü haberleşme sistemlerinde veriyi her bir yönde iletmek için kanalları ayırmak gerekir. Buna duplexing denir. Kablosuz ağlarda iletişim için kullanılan kanal tek yönlü ya da çift yönlü olabilir. Tek yönlü sadece bir yönde kullanılabilir. Çift yönlü kanal yarı çift 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.

3.1 TDD (Time Division Duplexing – Zaman Bölmeli Çiftleme)

TDD iki yönlü radyo sistemlerinde kullanılan bir çoklama tekniğidir. Bu teknikte baz istasyonu ve mobil terminal aynı radyo frekans kanalından farklı zaman bölümlerinde sinyal iletirler. TDD sistemler yukarı bağlantı ve aşağı bağlantı için aynı frekans bandını kullanır.

3.2 FDD (Frequency Division Duplexing – Frekans Bölmeli Çiftleme)

FDD iki yönlü radyo haberleşme sistemleri için kullanılan en yaygın çoklama tekniğidir. FDD sistemlerde yukarı bağlantı yönü ve aşağı bağlantı yönü için farklı frekans bantları kullanılır.

3.3 CDD (Code Division Duplexing – Kod Bölmeli Çiftleme)

CDD tekniğinde kaynak ve hedef 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.

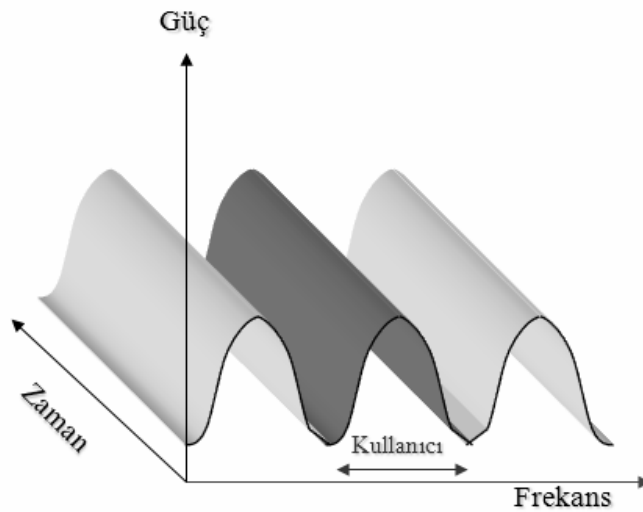
4. KABLOSUZ AĞLAR İÇİN ÇOKLU ERİŞİM TEKNİKLERİ

Kablosuz ağlarda çoklu erişim yöntemleri, sınırlı olan bant genişliğini çok sayıda kullanıcıya aynı anda bilgileri iletmek ve alma imkânı sağlamaktadır. Yaygın olarak bilinen çoklu erişim yöntemleri FDMA, TDMA, CDMA’dır. WCDMA erişim tekniği CDMA erişim tekniğinin geniş bant yayılmış şeklidir. OFDMA ve SC-FDMA dördüncü nesil haberleşme sistemleri için kullanılan radyo erişim teknikleridir.

4.1 FDMA

FDMA(Frequency Division Multiple Access – Frekans Bölmeli Çoklu Erişim) tekniğinde bant genişliği kanallara 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 teknik sınırlı erişime imkân tanımaktadır. Çünkü bir kullanıcı tarafından kullanılan frekans bandı diğer bir kullanıcı tarafından kullanılamaz. FDMA tekniği çoğunlukla analog sistemlerde kullanılır.

FDMA ve FDD arasındaki farkı ayırt etmek çok önemlidir. FDMA’da Çoklu kullanıcıların sisteme aynı anda erişmesi sağlanır, FDD’de ise radyo kanalının yukarı yönlü (Uplink-UL) ve aşağı yönlü (Downlink-DL) nasıl paylaşılacağını düzenler.



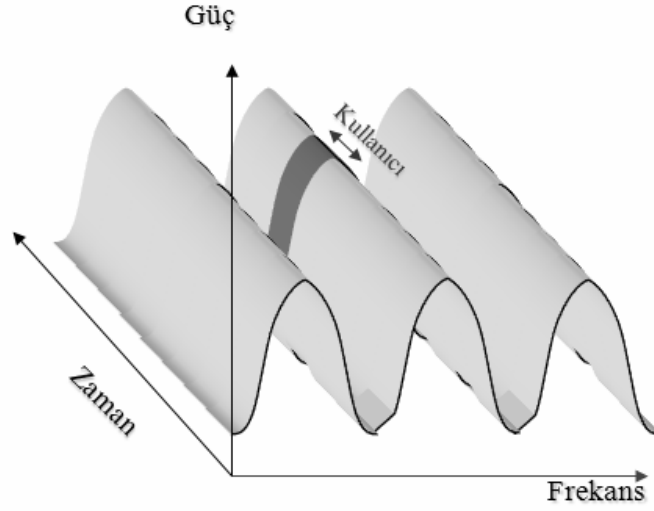
Şekil 1 FDMA

4.2 TDMA

TDMA (Time Division Multiple Access – Zaman Bölmeli Çoklu Erişim) teknolojisi belirli sayıdaki kullanıcının tek bir frekans kanalına, farklı zaman dilimlerinde, erişimini sağlar. Kullanıcılar kendi zaman dilimlerinde iletimlerini sağlar. İkinci nesil hücresel haberleşme sistemi olan, GSM (Global System for Mobile Communications - Mobil

İletişim İçin Küresel Sistem) teknolojisi TDMA ve FDMA tekniklerinin ikisini beraber kullanır.

TDMA ve TDD arasındaki fark, FDMA ve FDD arasındaki fark gibidir. TDMA’da Çoklu kullanıcıların sisteme aynı anda erişmesi sağlanır, TDD’de ise radyo kanalının nasıl paylaşılacağını düzenler.

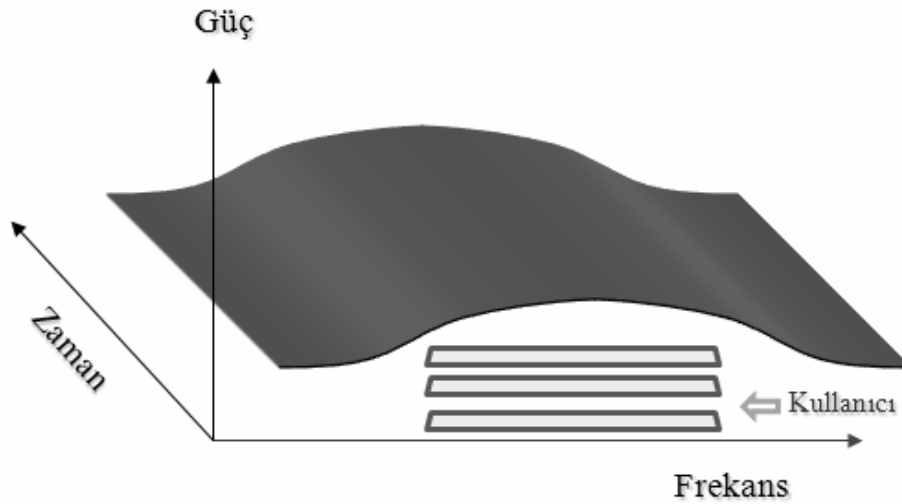


Şekil2 TDMA

4.3 CDMA

CDMA (Code Division Multiple Access – Kod Bölmeli Çoklu Erişim) teknolojisinde tüm kullanıcılar frekans bandının hepsini kullanır. Her

bir kullanıcıya bilgiyi kodlayıp diğer kullanıcılardan ayırt etmesi için kod dizisi tahsis edilir. Kod işaretinin bant genişliği bilgi işaretinin bant genişliğinden çok büyüktür. Bu sayede kodlama işlemi bilgiyi geniş bir spektruma yayar.



Şekil3 CDMA

4.4 WCDMA

WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access – Genişbant Kod Bölmeli Çoklu Erişim) teknolojisi aslında CDMA teknolojisinin bir türevidir. CDMA ve WCDMA teknolojisi aynı prensibi kullanır. CDMA 1.25 MHz’lik frekans bandı kullanır, WCDMA ise 5 MHz’lik frekans bandı kullanır. 5 MHz’lik frekans spektrumu daha fazla kapasite ve daha fazla veri hızı sağlar.

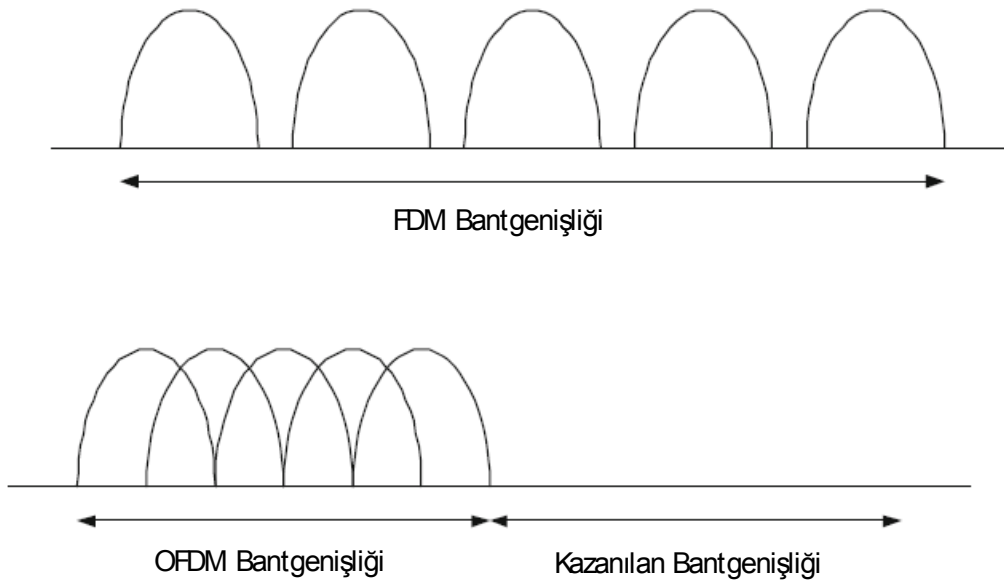
4.5 OFDMA

OFDMA (Orthogonal Division Multiple Access – Dikey Frekans Bölmeli Çoklu Erişim), OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing – Dikey Frekans Bölmeli Çoklayıcı) sayısal modülasyon tekniğinin çok kullanıcılu uyarlamasıdır. OFDMA, FDMA, TDMA ve CDMA’yi OFDM’in (Orthogonal Frequency Division Modulation – Dikey Frekans Bölmeli

Modülasyon) avantajlarıyla beraber kullanır. Temel olarak, OFDM bant genişliğini N tane dik alt kanala böler ve veriyi bu alt kanallarla gönderir. OFDM tekniği ile FDM tekniği ile birbirine benzerdir. OFDM tekniği FDM tekniği ile aynı kuralı kullanır, bu kural çeşitli mesajları tek radyo kanalından transfer etmektir.

FDM her frekans modülasyonu için çeşitli frekansları kullanır. Her frekansın diğer frekans alanındaki frekanslarla üst üste binmemesi için yeterli boşlukları vardır. Her sinyal, alıcı tarafındaki baz istasyonun aradığı sinyal haricindeki diğer sinyalleri bastırabilmek için bağımsız olarak bant geçiren filtre ile filtrelendir. Alınan sinyal orijinal sinyalin tersidir.

OFDM haberleşme sistemlerinde yüksek veri hızı için çok taşıyıcı nakil teknolojisidir. Taşıyıcılar birbirine diktir ve aralarındaki frekans aralığı FFT(Fast Fourier Transform) kullanılarak yaratılmıştır. FDM ile OFDM’in karşılaştırılması Şekil4’de gösterilmiştir.

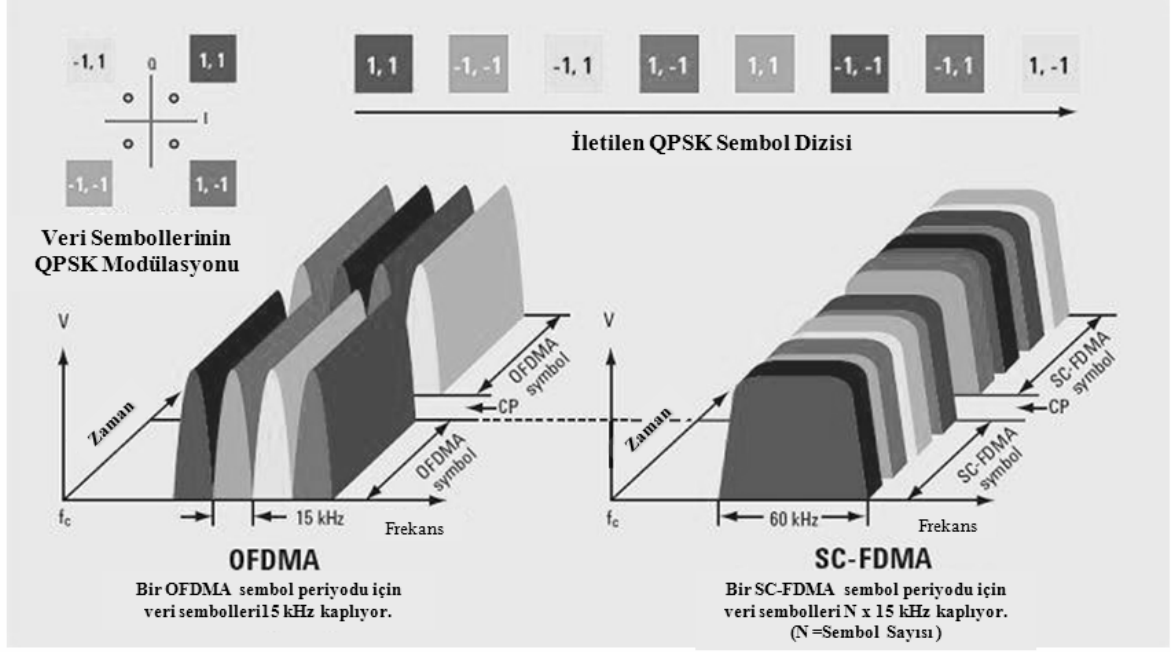


Şekil4 FDM ile OFDM'in Karşılaştırılması

4.6 SC-FDMA

SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access – Tek Taşıyıcı Frekans Bölmeli Çoklu Erişim) tekniği yeni çoklu erişim tekniğidir. SC-FDMA teknolojisi, yukarı yönlü iletim için uygun hale getirilmiş OFDM teknolojisinin farklı bir biçimidir. SC-FDMA teknolojisi standart OFDM teknolojisinin alıcı verici bloklarını farklı sırada kullanır. SC-FDMA frekans bölgesinde tek

taşıyıcı modülasyonun çok kullanıcılu uyarlamasıdır. SC-FDMA teknolojisini ana amacı, OFDM teknolojisine göre düşük PAPR (Peak-to-Average Power Ratio - Tepe güç/Ortalama Güç Oranı) ile iletimi ortaya çıkarmaktır. Şekil5’de OFDMA teknolojisi ile SC-FDMA teknolojisinin QPSK (Quadrature Phase Shift Keying – Dördün Faz Kaydırmalı Kiplenim) modülasyonuna göre veri iletimleri görsel olarak karşılaştırılmıştır.



Şekil 5 OFDMA ile SC-FDMA'ın Karşılaştırılması

Şekil 5'de gözüktüğü gibi,

- ❖ OFDMA her alt taşıyıcıda, dört QPSK veri sembollerini paralel olarak iletir.
- ❖ SC-FDMA dört defada, dört QPSK veri sembollerini seri olarak iletir.
- ❖ Şekilden de gözüktüğü gibi, OFDMA sinyalleri çok taşıyıcılı ve SC-FDMA sinyalleri tek taşıyıcılıdır.

5. SONUÇ

Çoklu erişim haberleşme sistemlerinde iletim kaynakları çoklu kullanıcılar arasında paylaşılır, bunun için kaynak yönetimi planı gerekir. Kablosuz standartların gelişiminde kullanılan erişim teknikleri, verimlilik, kapasite ve ihtiyaçlarına göre sergilenmiştir. Birinci nesil haberleşme sistemlerde FDMA, İkinci nesil haberleşme sistemleri FDMA ve TDMA'yi beraber kullanmıştır. Kablosuz kanallarda, çoklu etkiyi azaltmak için, geniş denetleme süreçleri gerektirdiğinden, TDMA'nın, çok fazla veri sınıf kanalları işleme alınmasında daha az verimli olduğu kanıtlanmıştır. Benzer biçimde FDMA taşıyıcılar arasındaki engellemelerden sakınmak için daha fazla bant genişliği harcamaktadır. Dolayısıyla bu sorunları çözmek için FDMA ve TDMA'den türetilen ve CDMA denilen yeni bir erişim planı kullanılmıştır. CDMA'nın kullanımı sistem kapasitesini artırdı ve aynı zamanda sistem üzerindeki sıkı sınırların yerini daha gevşekleri almıştır. Bu erişim planı çok

yollu kanalları kullanmak için yeterince etkili olduğundan dolayı güncelleme hızı da artmıştır. Üçüncü nesil haberleşme sistemi olan UMTS de CDMA teknolojisini daha geniş bantta kullanarak WCDMA erişim tekniğini kullanmıştır. Dördüncü nesil haberleşme sistemi olan LTE yukarı yönlü iletimde SC-FDMA aşağı yönlü iletimde OFDMA erişim tekniğini kullanmaktadır. SC-FDMA ile OFDMA erişim tekniklerinin karşılaştırılması bölüm 4.6 da yapılmıştır. OFDMA ve WCDMA'yi ayıran özellikler aşağıda özetlenmiştir.

- OFDMA'nın alt kanallarının birbirine dik olmasından dolayı, sistemin performansı OFDMA'nın içindeki çok yollu bileşenden etkilenmez. Bu yüzden WCDMA'ya göre kendi girişimine ve çoklu yola daha dirençlidir.
- OFDMA sistemleri WCDMA sistemlerine göre daha fazla ölçeklenebilirlik seçeneğine sahiptir. OFDMA sistemlerinde kanalların farklı kısımları kullanıcılara atanırken, WCDMA sistemlerde ise iletim için, her kullanıcı kanalın tümünü kullanır.
- OFDMA tabanlı sistemlerde çok yollu erişim girişimi, (MAI – Multipath Access Interference) çok yollu kullanıcılara göre bağımsızdır. Fakat WCDMA sistemleri eşzamansız girişim içerirler.
- QoS (Quality of Service – Servis Kalitesi), OFDMA tabanlı sistemlerde frekans seçici sıralama özelliğinden dolayı geliştirilebilir. Bu özellik WCDMA'ya uygulanamaz.

- OFDMA gelişmiş ve akıllı anten teknolojilerini tam olarak destekler, fakat WCDMA sistemi sınırlı olarak bu teknolojiyi destekler, WCDMA sinyali, akıllı anten teknolojileri için kanalın tüm bant genişliğine girmesi gerekir, sistemin karışıklığı kanalın bant genişliğine göre ölçeklenebilir.
- OFDMA bant genişliğini WCDMA' ya göre daha verimli kullanır.

OFDMA'yı WCDMA ile karşılaştırdığımızda, OFDMA'nın WCDMA'ya göre oldukça üstün olduğunu görüyoruz.

6. KAYNAKLAR

[1] Mustafa Ergen, “*Mobile Broadband Including WiMAX and LTE*” Springer, 2009

- [2] Clint Smith, Daniel Collins, “*3G Wireless Networks*”, McGraw-Hill Professional, 2006
- [3] Ajay R. Mishra, “*Advanced Cellular Network Planning and Optimisation: 2G/2.5G/3G...Evolution to 4G*”, Wiley, 2007
- [4] Henrik Schulze, Christian Lüders, “*Theory and Applications of OFDM and CDMA, Wideband Wireless Communications*” Wiley, 2006
- [5] Harri Holma, Antti Toskala” *LTE for UMTS – OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access*”, Wiley, 2009
- [6] Stefania Sesia, Issam Toufik, Matthew Baker “*LTE – The UMTS Long Term Evolution*”, Wiley, 2009
- [7] Harri Holma, Antti Toskala “*WCDMA for UMTS: HSPA Evolution and LTE*”, Wiley, 2007