

4. NESİL MOBİL TELEFON SİSTEMİ ANTEN TASARIMI

*Samet AKDENİZ**

*Uğur YALÇIN**

Özet: Bu çalışmada LTE 4G mobil telefon sistemleri incelenmiş ve bu sistemlerde kullanılmak üzere spiral-heliks anten tasarımı yapılmıştır. Bu anten diğer GSM frekanslarında da çalışabilecek şekilde tasarlanmıştır. Aynı zamanda hareketli alış noktalarında da bazı eklemelerle, bluetooth anteni özelliğine sahip olabilecek bir anten tasarımı yapılabilir. Bu çalışmada ayrıca elektromanyetik zorluklar ve uygulamada karşılaşılan sorunlara ilişkin çözüm yöntemleri üzerinde de durulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Anten, 4.Nesil Haberleşme Sistemleri, Mobil Telefon, Spiral-Heliks Anten

Antenna Design for 4th Generation Mobile Telephone System

Abstract: In this study, LTE 4G mobile telephone systems was being examine and spiral-helix antenna was design for using these systems. In addition this antenna was design for working with other GSM frequency. At the same time this antenna will become having bluetooth antenna features if being some addition on the active receiving points. In addition being dwell upon electromagnetic difficulties and solution methods of problems on the application in this study.

Key Words: Antenna, 4. Generation Communication Systems, Mobile Telephone, Spiral-Helix Antenna

1. GİRİŞ

4. Nesil (4G) Hizmetleri, Türkiye’de 2009 yılında hizmete sunulan 3.5G olarak bilinen iletişim teknolojilerine göre önemli avantajları bulunmaktadır. Bağlantı hızı cep telefonlarında 100mps, wi-fi networkler de 1Gbps'dir. Bu sistem wimax yayını ile aynı bant genişliğindedir. 4G sistemi, kendinden önceki nesillerden daha yüksek veri hızları temeline dayanan herhangi bir zamanda, herhangi bir yerde, ses, veriler ve akan çoklu kitle iletişimin kullanıcılarına hizmet verebileceği, uçtan uca IP çözümü sağlayacaktır. 4 G' nin nasıl olacağına dair yetkili kurumlar tarafından resmi bir tanımlama yapılmış olmasa da, 4G'ye ait tahmini hedefler, aşağıda yer aldığı şekilde özetlenebilir:

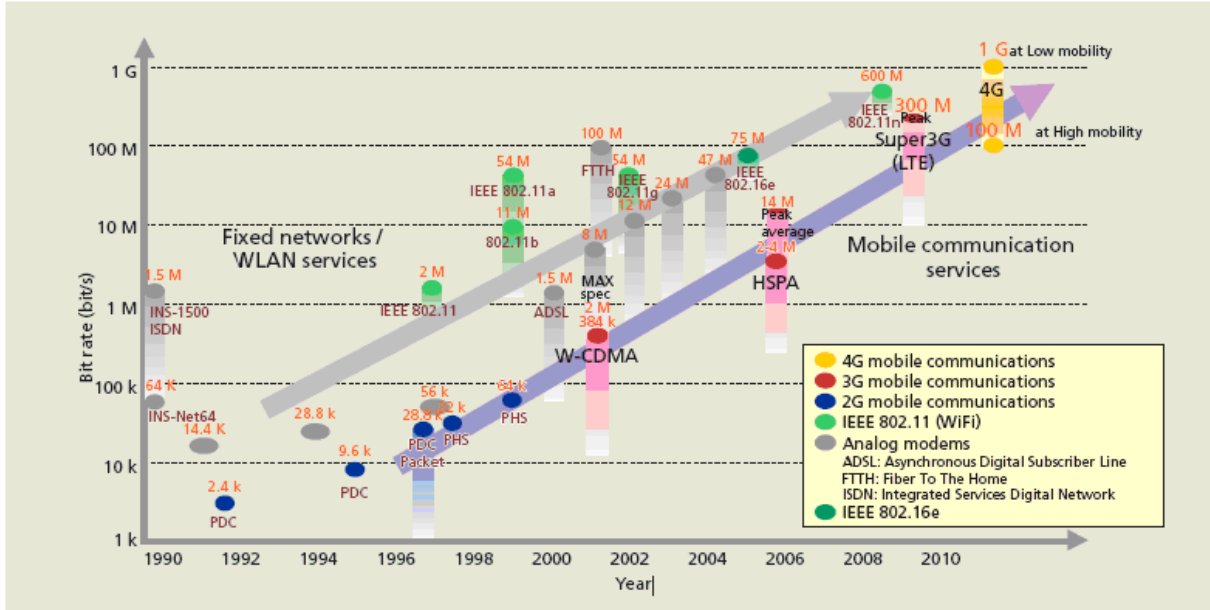
4G çalışma gruplarına göre, 4G altyapı ve terminalleri, 2G'den 4G'ye uygulanan, yaklaşık olarak tüm standartlara sahip olacaktır. Mevcut kullanıcılar için yürürlükteki kabul edilmiş 4G sistemlerine rağmen, ileride tüm IP ler için tek bir paket tabanlı altyapı öngörülmektedir. Aynı zamanda, yeniliklere ve değişimlere uyum sağlayabilecek ortamı oluşturacak birtakım tekliflerde sunulmaktadır. Her ne kadar resmi olmasada WiMax, WiBro, 3GPP Long Term Evolution (LTE) ve 3GPP2 Ultra Mobile Broadband teknolojileri 4G olarak adlandırılmaktadır (Stutzman ve Thiele, 1998).

2009'da ilk 4G testi dünyanın önde gelen telekomünikasyon şirketlerinden biri tarafından yapılmıştır. ABD'nin Boston ve Seattle kentleri arasındaki test başarıyla tamamlanmıştır. Test sırasında video, dosya indirme ve yükleme, internette gezinti, ses transferi, Voice over Internet Protocol (VoIP) ile LTE 4G üzerinden denenmiştir. İlk ticari 4G ağını 2010 yılın başlarında, 100 milyon abonesine açmayı hedeflemektedir. Hizmetin tüm ABD'yi yayılması ise 2013 yılı olarak planlanmaktadır (Mishra, 2002).

* Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Elektronik Mühendisliği Bölümü, 16059 Görükle, Bursa.

2. 4. NESİL HABERLEŞME ŞEBEKELERİNİN GEREKSİNİMLERİ

Geleceğin haberleşme sistemi olan ve “IMT-Advanced” olarak bilinen 4. Nesil LTE Haberleşme Sisteminin 2.4-2.6 GHz frekans bandını benimsemesi beklenmektedir. 3G’ nin 2 GHz bandını kullandığı hesaba katılırsa bunun ne kadar büyük bir artış olduğu ortaya çıkar. LTE’ de 1.25–20 MHz olan kanal bant genişliğinin ise 100 MHz’ye çıkarılması planlanmaktadır. Şu anki haberleşme sistemlerinin en büyük eksikliklerinden bir tanesi de yüksek hareket hızlarında iletişimde meydana gelen kesilmeler ve veri iletimindeki düşüşlerdir. 4G ile çok yüksek hızlarda 100Mbit/s ile 1Gbit/s arasında değişen hızlarda veri transferi yapılması üzerinde durulmaktadır. 4G üzerindeki çalışmalar farklı araştırma ekipleri ile farklı ülkelerde devam etmekte olmasına rağmen standartları konusunda henüz ITU (International Telecommunication Union)’de dahil olmak üzere herhangi bir uzlaşma henüz sağlanamamıştır (ITU-R Recommendation M.1645, 2003).



Şekil 1:

Haberleşme hızlarının tarihsel süreci

Şekil 1’ de Haberleşme şebekelerinin tarihsel gelişim süreci içerisindeki hızlarının zamanla değişimi gösterilmiştir. 4G’ in ise görüldüğü üzere 2010 yılından önce yaygın biçimde uygulanması beklenmemektedir (ITU-R Recommendation M.1645, 2003).

2.1 Erişim Şemaları

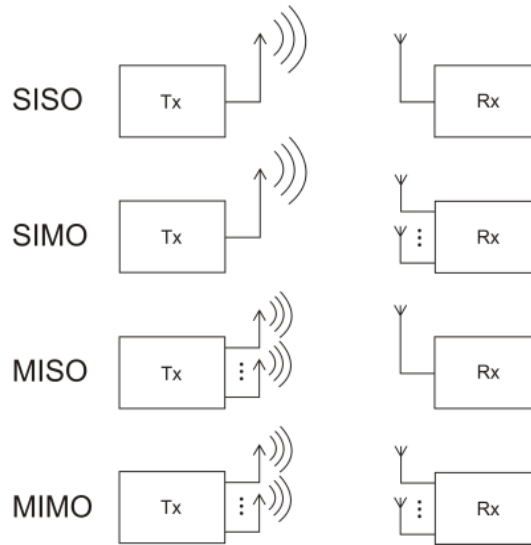
4. Nesil Haberleşme Şebekelerinde kablosuz standartlar gelişiminin gerektirdiği gibi, kullanılan erişim teknikleri, verimlilik, kapasite ve ölçümlenebilirlikte de sergilenmiştir. Birinci nesil kablosuz standartlar, klasik TDMA ve FDMA kullanmışlardır. Kablosuz kanallarda, çoklu etkiyi azaltmak için, geniş denetleme süreçleri gerektirdiğinden, TDMA’ ın, 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 2G sistemlerde FDMA ve TDMA’ dan türetilen ve CDMA denilen yeni bir erişim planı kullanılmıştır. CDMA’ ın kullanımı sistem kapasitesini artırmış ve aynı zamanda sistem üzerindeki sıkı sınırların yerini daha esnek almıştır. Bu erişim planı çok yollu kanalları kullanmak için yeterince etkili olduğundan dolayı güncelleme hızı da artmıştır. CDMA erişim şemalarından IS-2000, UMTS, HSPA, 1xEV-DO, TD-CDMA ve TD-SCDMA’ ın kullanılması 3G sisteminin kullanımını mümkün kılmıştır. CDMA’ ın tek sorunu zayıf spektrum esnekliği ve ölçeklenebilirliğinden kaynaklanmaktadır (ITU-R Report M.2133 Requirements, 2008).

Son zamanlarda, OFDMA, tek taşıyıcılı FDMA, ayrıştırılmış FDMA ve MC-CDMA gibi yeni erişim şemaları yeni nesil işlemler için daha fazla önem kazanmaktadır. WiMax uydu-yer bağı ve yer-uydu bağında OFDMA kullanılmaktadır. İleriki nesiller için uydu-yer bağında UMTS, OFDMA düşünülmektedir. Ters olarak, yer-uydu bağlantısında yükselteçlerin PAPR' la ilgili çizgisel olmayan işlemlerinin sonuçlarına daha fazla etki ettiğinden dolayı IFDMA' in kullanılması düşünülmektedir. IFDMA daha az güç dalgalanması sağlar ve bu da yükseltecin sonuçlarını etkiler. Benzer biçimde, MC-CDMA de IEEE 802.20 standardı şartlarına uygunluk gösterir. Bu akış şemaları CDMA gibi daha eski teknolojilerle aynı etkiyi göstermektedir. Farklı olarak ölçülebilirlik ve yüksek veri değeri gösterilebilir (Itu-R Report M.2133 Requirements, 2008). Bahsedilen erişim tekniklerinin diğer önemli avantajı da alıcılardaki eşitlemenin daha az karmaşık olmasıdır. Bu özellikle MIMO (Multi Input Multi Output) ortamları için ek bir avantajdır çünkü MIMO sistemlerinin uzamsal çoklama nakilleri, alıcılardaki eşitlemede yüksek karışıklığa neden olmaktadır (Ohya, 2008a). Bu çoklama sistemlerinin geliştirilmesine ek olarak, geliştirilmiş modülasyon teknikleri kullanılır. Oysaki genişçe bir kullanım alanına sahip önceki sistemler yerine, 3GPP Uzun dönemli değişim standartlarıyla kullanılmak üzere 64QAM gibi daha etkili sistemler önerilmiştir (Ohya, 2008b).

2.2 MIMO Multi Input Multi Output (Çoklu Giriş Çoklu Çıkış)

Çoklu giriş çoklu çıkış teknolojisi hem alıcıda hemde vericide birden fazla antenin kullanılması ile haberleşme performansını arttıran bir teknolojidir. Bu ayrıca akıllı anten uygulamalarından da biridir. MIMO teknolojisi ekstra güç veya bant genişliğine ihtiyaç duymadan iletim hızını ve kalitesini arttırması sebebiyle büyük bir ilgi gördü. Bunu da daha yüksek sprekturum verimliliği, hat gerçekleşmesi ve sönmülenmeyi azaltması ile başarmıştır. Bu özelliklerinden ötürü MIMO uluslararası kablosuz haberleşme araştırmalarının günümüzdeki en önemli konusudur.

Bu alandaki ilk fikirler 1970' li yıllarda ortaya konulmuştur. Daha sonraları araştırmacılar yeni testler ve veriler elde etmişlerdir. Bell Laboratuvarları 1998 yılında ilk mekansal çoklama (SM) prototipini laboratuvar ortamında ortaya koydu. Ticari arenada ise Iospan Wireless şirketi MIMO teknolojisini ilk ticari versiyonunu 2001 yılında piyasaya sürdü. 2006 yılında ise, Samsung ve Runcom Technologies şirketleri MIMO tabanlı çözümlerini IEEE 802.16e Wimax geniş tabanlı uygulamaları için kullandılar. Gelecekte çıkacak olan tüm 4G uygulamaları da MIMO teknolojisi ile çalışacaktır. Aşağıda verilen Şekil 2. de ise çeşitli çoklu ortam teknolojilerinin yapısı görülmektedir.



Şekil 2:

SISO SIMO MISO MIMO Teknolojilerinin Genel Yapısı

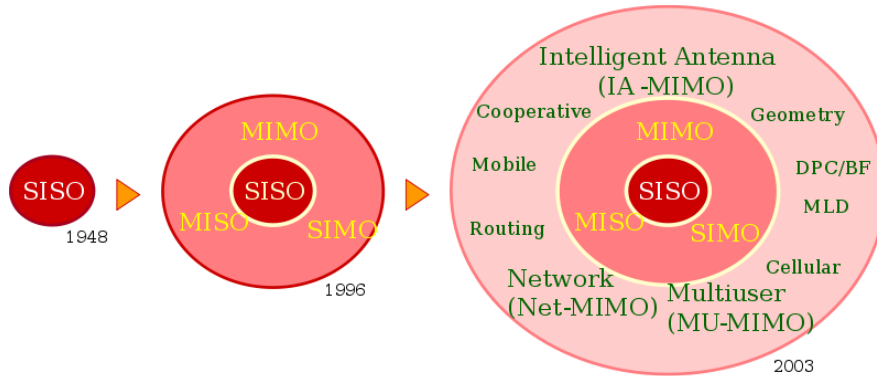
2.3. MIMO Fonksiyonları

MIMO kodlama öncesi, mekansal kodlama ve çeşitlilik kodlaması olmak üzere üçe ayrılabilir:

Kodlama öncesi aşaması, dar yönlü çok katmanlı sinyal biçimi veya vericideki tüm mekansal işemelerde geniş yönlüdür. Sinyal biçimleri kullanılarak aynı sinyal ayrılmış fazlar ile her bir verici antenden gönderilir. Bunun yararı yapıcı karışımdan sinyal kazancını artırması ve çok yönlü sönümleme etkisini azaltmasıdır. Alıcı antende birden fazla giriş olduğunda ise iletilen sinyal biçimi alıcı anten girişinde eş zamanlı olarak maksimum seviyesine ulaşamaz. Bununla birlikte kodlama öncesi uygulaması alıcıda kanal durum bilgilerini (CSI) gerektirir (Kıtao and Ichitsubo, 2004).

Mekansal çoklamada, MIMO antenin yapılandırılması gerekir ve yüksek oranlı sinyal daha düşük oranlı sinyal akışına dönüştürülerek farklı verici antenlerden aynı frekans kanalında gönderilir. Eğer bu sinyaller alıcı antene yeterince farklı mekansal imzaları ile ulaşırlarsa, alıcı bunları bağımsız paralel kanallara ayırır. Mekansal çoklama yüksek Sinyal Gürültü Oranında (Signal to Noise Ratio) kanal kapasitesini arttırmak için kullanılan en güçlü yöntemdir. Mekansal akış sayısı alıcıdaki veya vericideki anten sayısı ile sınırlıdır. Mekansal çoklama verici kanal bilgisi olsa da olmasa da çalışabilir (Kıtao and Ichitsubo, 2004 ve Sasase, 2005).

Çeşitlilik kodlama tekniği vericide kanal bilgisi olmadığında kullanılır. Bu metotta tek bir akış gönderilir. Fakat bu aşamada sinyal uzay-zaman kodlaması tekniği denilen bir teknik ile kodlanır. Sinyal bu prensipleri veya ortogonal kodlamayı kullanarak her bir verici antenden gönderilir. Çoklama kodlaması bağımsız sönümlenmelerini kullanarak çoklu anten linklerinin sinyal çeşitliliğini artırır. Çünkü çeşitlilik kodlamasında ne kanal bilgisi, ne sinyal biçimi, nede dizi kazancı vardır. Şekil 3' te MIMO fonksiyonları görülmektedir (Sasase, 2005).



Şekil 3:
MIMO İletişimi

Şu anda yürürlükte olan IEEE 802.16e standartları MIMO-OFDMA standartlarını içermektedir. 2010 yılının başında yürürlüğe girecek olan IEEE 802.11n ise MIMO-OFDM standartlarını içerecektir. MIMO' un 3GGP ve Wimax' ta olduğu gibi LTE uygulamalarında da kullanılması için çalışmalar sürmektedir (Sasase, 2005).

MIMO' un matematiksel tanımı kısaca şu şekilde yapılır: Burada bir MIMO sistem modeli olduğunu varsayıldığında,

$$y = Hx + n \quad (1)$$

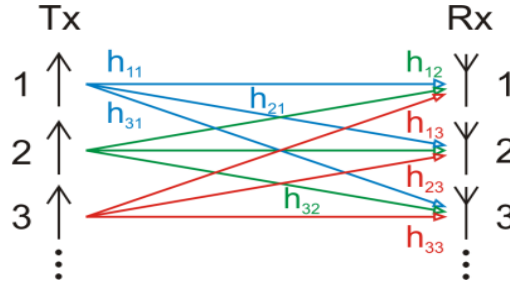
x ve y alıcı ve verici vektörlerdir (Şırakabe ve diğ., 2008). H ve n ise sırasıyla kanal matrisi ve gürültü vektörüdür. Bu teoriden yola çıkarak kapalı çevrim MIMO sistemlerinin kapasitesi,

$$C_{CL} = E \left[\max \log_2 \det(I + HQH^H) \right] = E \left[\log_2 \det(I + USU^H) \right] \quad (2)$$

olarak hesaplanabilir (Abeta ve diğ., 2006). Açık çevrim MIMO sistemlerinin kapasitesi ise

$$C_{OL} = \max E[\log_2 \det(I + HQH^H)] = E[\log_2 \det(I + HH^H)] \quad (3)$$

şeklinde hesaplanır (Abeta ve diğ., 2006). Eğer vericide herhangi bir Q biçimi birimsel matris bilgisi kullanılırsa, SISO'dan en az (Nt,Nr) defa büyük bir açık döngü MMO kanal kapasitesi elde edilmiş olur. Şekil 4' de ise MIMO kanal modeli görülmektedir.



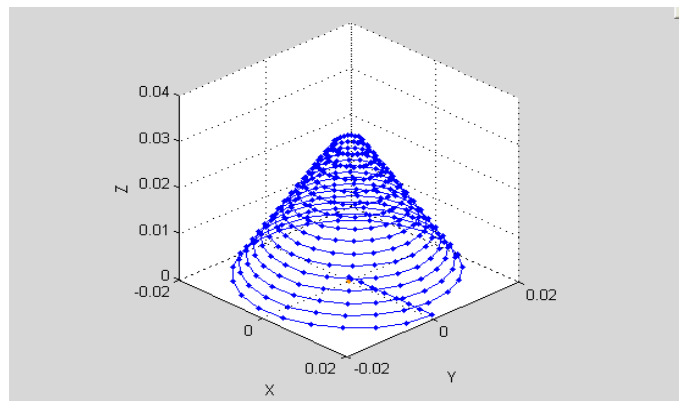
Şekil 4:
MIMO kanal modeli

Bir Japon şirketi hareket halinde iken 100 Mbit/s ve sabit halde iken 1 Gbit/s 'de VSF-OFCDM diye adlandırılan 4x4 MIMO bir prototip olan bir 4K iletişim sistemi prototipini denemektedir. Bu şirket günümüzde 12x12 MIMO ile 10km/s hızla hareket ederken 5 Gbit/s' e ulaştı ve ayrıca ilk ticari ağda 2010 da yaymayı planlıyor. Görüldüğü gibi çoklu anten sistemleri LTE' de olduğu gibi 4G' teknolojisinde de en etkili bir şekilde kullanılacaktır (Tong ve Zhu, 2008)

3. TARTIŞMA VE SAYISAL SONUÇLAR

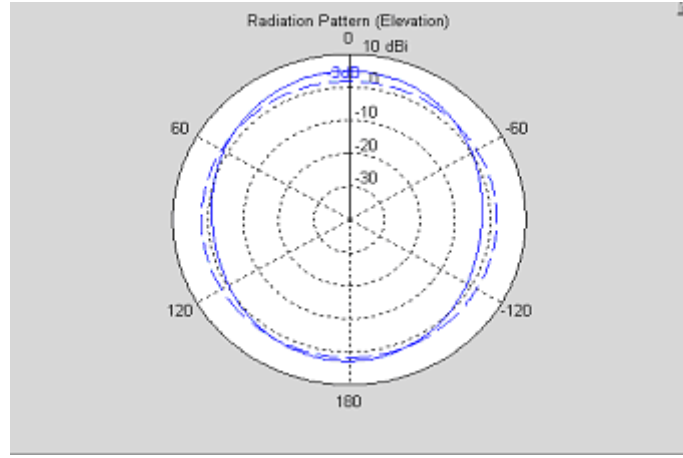
Spiral ve heliks anten yapıları; hafiflik, ucuzluk, yüzeysel kolay kullanım ve diğer antenlerle tümleştirilebilme gibi önemli özellikleri nedeniyle, üzerinde geniş ölçüde çalışmalar yapılmış ve çok çeşitli kullanım alanları bulunmuştur. Bununla birlikte bu çalışmada her iki antenin özelliklerinden yararlanarak LTE 4G mobil telefon sistemlerinde kullanılmak üzere spiral-heliks anten tasarımı yapılmıştır. Tasarlanan anten ilgili anten simülasyon programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan anten Spiral-Heliks biçimindedir. Dış görünümü itibari ile spirale benzemesine karşı tasarlanan beslemesinin spiralin alt kısmında olmasıyla sebebiyle heliks anteni andırmasından dolayı spiral-heliks anten ismi verilmiştir. Anten aşağıdaki özellikler kullanılarak tasarlanmıştır. Antenin taban yarıçapı 20 mm, tavan yarıçapı ise 2 mm' dir. Yüksekliği 30 mm olan antenimiz Avrupa Birliğinin LTE normlarına göre 2500-2570 MHz (ortası 2535 MHz) uplink 2620-2690 MHz (ortası 2655 MHz) downlink frekansına göre biçimlendirilmiştir.

Aşağıda Şekil 5.'de tasarlanan antenin görünümü verilmiştir.

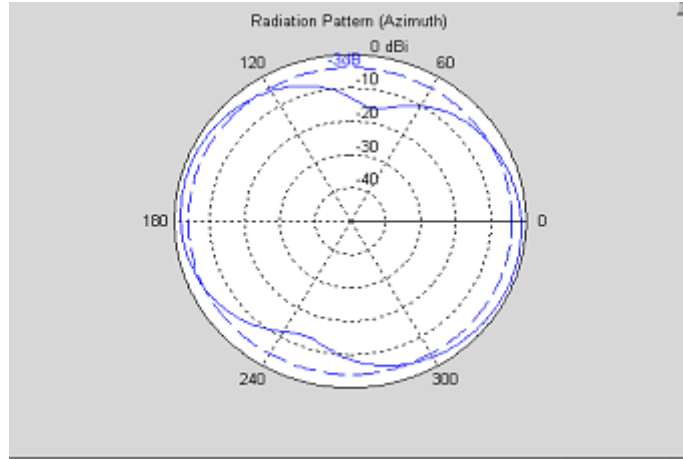


Şekil 5:
Spiral-heliks anten

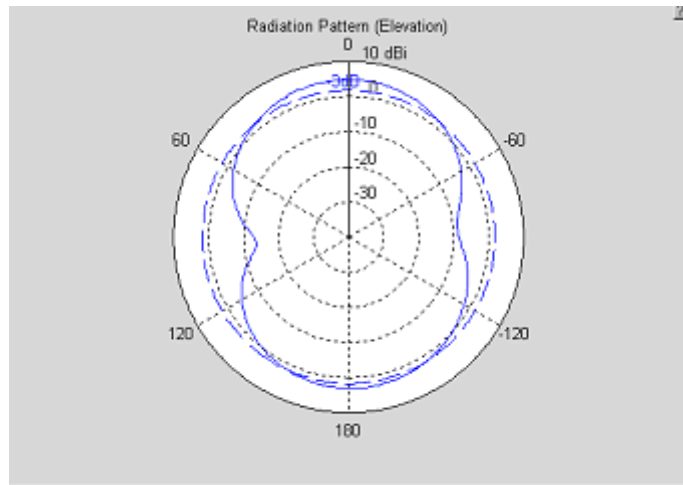
Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7' de antenin azimuth elevation $\Phi=0$ ve $\Phi=90$ düzlemlerindeki ışınma diyagramları bulunmaktadır.



Şekil 6:
Işınma diyagramı (Elevation $\Phi=0$)

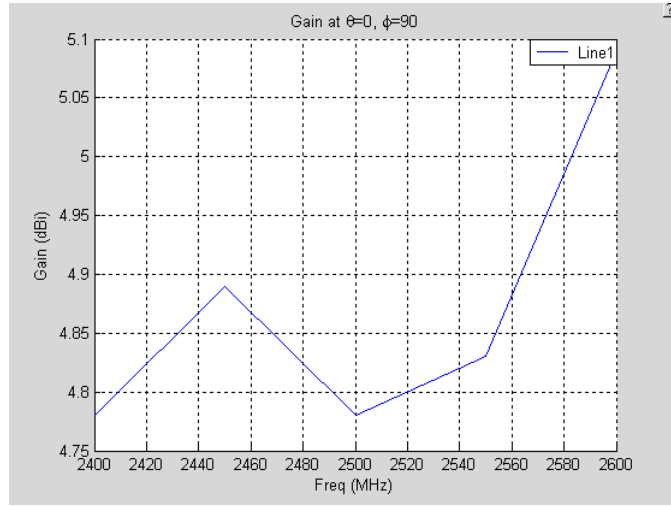


Şekil 7:
Işınma diyagramı (Azimuth)



Şekil 8:
Işınma diyagramı (Elevation $\Phi=90$)

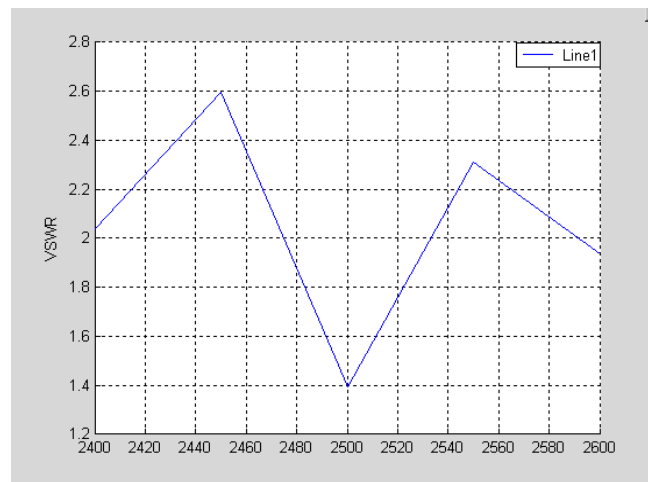
Hedeflenen tasarım ile simülasyon arasında büyük oranda uyuşma sağlanmış ve istenilen sonuçlar elde edilmiştir. Anteninin yöneltiliği beklenildiği gibi çıkmış , dairesel bir ışınma diyagramı elde edilmiştir. Buda beklenildiği üzere her yöne eşit ışınma yaptığını, belirli bir yöne yönelmediğini göstermektedir. Bu ise mobil telefon sistemlerinde istenilen özelliklerin başında gelmektedir. Ancak bunların pratikte tüm çekim alanını eşit alacak şekilde ayarlanması mümkün değildir. Gerçekleştirdiğimiz tasarımda da doğal olarak ışınma diyagramının bazı alanları kapsamadığı bölgeler oluşmuşsa da bunlar çok küçük bir alanı kapsamakta ve göz ardı edilebilmektedirler. Şekil 9.'da antenin kullanılması istenen frekans aralıklarındaki kazancı görünmektedir.



Şekil 9:
Antenin kazanç grafiği

Kazancın 2535 MHz frekansında 4.8 dB, 2460 MHz frekansında 4.9 dB, 2635 MHz frekansında ise 5.1 dB olarak gerçekleştiği görülmüştür. Bunun dışında istenilen frekans aralığında kazancı en düşük seviyesi 4.7 dB olarak ölçülmüştür. Bu değerlerde istenilen değerler olan 2-5 dB arasında olup başarılı bir tasarım olduğunu göstermektedir.

Aşağıda görüldüğü gibi Şekil 10.'de antenin Duran Dalga Oranı (VSWR) verilmiştir.



Şekil 10:
VSWR (Duran dalga oranı)

Duran Dalga Oranı istenilen frekans aralığında en yüksek değeri olan 2,3 değerine ulaşmıştır. Mobil telefon sistemlerinde bu değer <2 olarak istendiğinden bu değerler uygundur.

4. SONUÇ

Bu çalışmada 4G sistemlerinde çalışabilecek mobil telefon sistemi için anten tasarımı yapılmıştır. İlk olarak 4G LTE sistemleri incelenmiştir. Daha sonra LTE Avrupa Birliği Standartları çerçevesinde 2500-2570 MHz (2535 MHz) uplink 2620-2690 MHz (2650 MHz) downlink frekansına göre anten tasarımı ve simülasyon yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar ile istenilen değerlerin karşılaştırılması yatayda, düşeyde ışınım diyagramları ve VSWR gözlemlenmiştir. Sonuç olarak tasarlanan anten boyutları ve diğer özellikleri de göz önüne alındığında bu teknolojiye kullanılabilecek ölçüde iyi bir tasarımın gerçekleştirildiği gözlemlenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Abeta, S. ve diğ. (2006) Super 3G Trends/Parts 2: Research On Super 3G Technology, Ntt Docomo Technical Journal, Vol 8, No. 3 Pp. 55-62, Dec. (2006)
2. Itu-R Recommendation M.1645 (2003) Frame-Work and Overall Objectives of the Future Development of Imt-2000 and System beyond Imt-2000.
3. Itu-R Report M.2133 Requirements (2008), Evaluation Criteria and Submission Templates for the Development of IMT-Advanced.
4. Kıtao, K. and Ichitsubo, S. (2004) An Urban Propagation Loss Estimation Formula for 4th Generation Mobile Communication 485th Ursı-F Japanese Committee Materials.
5. Mishra, A, R. (2002) Fundamentals of Cellular Network Planing and Optimisation.
6. Ohya, T. (2008a) Technology Reports Key Wireless Technology for Future High Speed and Large-Capacity Communication Vol 10.
7. Ohya, T. (2008b) The Overview of the 4th Generation Mobile Com. System.
8. Sasase, I. (2005) *Research Activities on the 4th Generation Mobile Com. and Ad-Hoc Networks*, Keio University - Aalborg University Joint Workshop for Broadband Wireless Communications.
9. Shirakabe, M., Benjebbour, A., Hagiwara, J. and Ooya, T. (2008) Performance Evaluation of Mu-Mimo Coop. Transmission among Mobile Telephone Sys. Ieice Com. Conf, B-5-83.
10. Stutzman, W.L. and Thiele, G.A. (1998) *Antenna Theory and Design*, John Wiley Press.
11. Tong, W. and Zhu, P. (2008) Advanced Technologies for 4G: Mobile Broadband Multimedia Everywhere.

Makale 18.12.2009 tarihinde alınmış, 03.12.2010 tarihinde düzeltilmiş, 30.12.2010 tarihinde kabul edilmiştir.
İletişim Yazarı: U.Yalçın (uyalcin@uludag.edu.tr).