

4G/LTE Teknolojisine Uyumlu Picocell/ Femtocell Ev tipi Baz İstasyonları için Anten Elemanı Tasarımları

İhsan KANBAZ

Elektrik-Elektronik Mühendisi
Mersin Üniversitesi,
Emtech Bilişim Teknolojileri Müh. San. Tic. Ltd. Şti
ihsankanbaz@gmail.com, info@emtechbilisim.com

Eren ÇÜRÜK

Elektrik-Elektronik Mühendisi
Mersin Üniversitesi,
Emtech Bilişim Teknolojileri Müh. San. Tic. Ltd. Şti
erencuruk@gmail.com, info@emtechbilisim.com

Prof. Dr. Korkut YEĞİN

Elektrik-Elektronik Mühendisi
Ege Üniversitesi
korkut.yegin@ege.edu.tr

Prof. Dr. Caner ÖZDEMİR

Elektrik-Elektronik Mühendisi
Mersin Üniversitesi,
Emtech Bilişim Teknolojileri Müh. San. Tic. Ltd. Şti
cozdemir@mersin.edu.tr, info@emtechbilisim.com

Özet

Bu çalışmada 3GPP (The 3rd Generation Partnership Project) standartlarıncı tanımlanan ve 4G standardı olarak kabul gören LTE (Long Term Evalotion) sistemlerinin kapasite kazancını ve sağladığı avantajları realize etmedeki önemli teknolojilerden biri olan küçük hücre ağıları (picocell, femtocell) sistem mimarisine uygun anten tasarımları yapılmış ve paylaşılmıştır. Bu çalışmalar kapsamında LTE-7 frekans aralığına uygun, düşük maliyetli, yüksek kazançlı ve yönsüz anten tasarımları CST Microwave Studio programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

1. GİRİŞ

Günümüzde akıllı telefonların hızlı gelişimi teknoloji kullanımını ve mobil iletişim pazarını önemli bir oranda etkilemektedir. Kullanıcı kapasitesinin arttırılması ve ihtiyaç duyulan yüksek veri hızının karşılanması gibi çözülmesi hayati öneme sahip problemler için farklı teknikler uygulanmaya başlanmıştır [1-3]. Bu teknikleri tanımlamak ve standart bir zemin oluşturabilmek için 2004 yılında 3GPP kapsamında LTE projesi mevcut 3G mobil haberleşme teknolojisinin performansının artırılması amacıyla başlatılmıştır [4-5]. 4G standardı olarak kabul gören LTE sistemlerinin kapasite kazancını ve sağladığı avantajları realize etmedeki önemli teknolojilerden biriside küçük hücre ağların

(picocell, femtocell) sıklıkla kullanılmasıdır [6]. Femtocell sistemler (LTE HeNB) LTE/4G sistemler için bu hususlarda önemli hale gelmektedir. Bu sistemlerin belirtilen veri hızlarına ulaşmasında barındırdıkları anten sistemleri çok kritik öneme sahiptir [7-8]. LTE standartlarıncı tanımlanan uplink ve downlink hızlarına ulaşılabilmesi nispeten geniş bant antenlerin ve ikili veya daha çoklu MIMO (Multiple Input Multiple Output) anten yapılarının kullanımını zorunlu kılmaktadır. Bu antenlerin çoğu dört LTE bandında: 800 MHz (790-960 MHz), 1800 MHz (1710- 2170 MHz), 2300 MHz (2300-2400 MHz), ve 2600 MHz (2500-2700 MHz) çalışabilmektedir. Antenlerden yönsüz olanlar genel olarak dipol/monopol anten yapısında kullanılmaktadır. Dipol/monopol anten yapıları; basit ve kompakt yapıya sahip olmalarının yanı sıra, yatayda her yöne eşit ışınım yapabilmeleri, imalat aşamasında kolaylık sağlamaları ve düşük maliyetle üretilmeleri gibi önemli avantajlara sahip olduklarından LTE uygulamalarında sıkça kullanıldıkları görülmektedir. Bu tip antenlerin kazançları genel olarak 2-2.5 dBi arasında değişmektedir ancak 800 MHz'teki aynı dipol anten yapısı daha üst bantlarda da kullanıldığında kazanç yatayda 7 dBi seviyelerine kadar çıkabilmektedir.

Yönlü anten yapıları da genelde iki grupta incelenebilir: Birinci grup dar bantlı çoklu rezonansa sahip antenler, diğeri ise geniş bantlı tekli rezonansa sahip antenlerdir [9]. Geniş bantlı

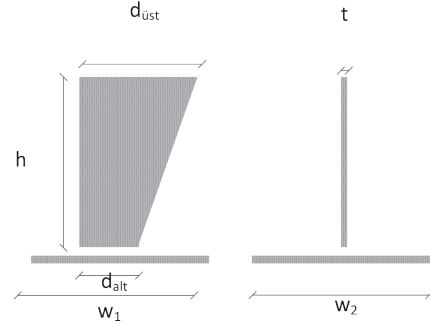
antenler daha kompakt olmalarına karşın yatayda her frekans bandında aynı kapsama alanını genelde içermezler ve kazançları da çok-bantlı - örneğin mikroşerit - antenlere göre nispeten daha düşüktür. Ancak dar-bant antenler farklı teknikler kullanılarak geniş bantlı hale getirilebilir. Bu tekniklerden bazıları düşük λ/D oranını elde etmek [10], açı konsepti olarak anılan yöntem ile antenin yapısını açı cinsinden tanımlamak (Angular Consept) [11], bir diğer yöntem ise uyumlandırma devreleri kullanmaktır [12].

Bu çalışmada LTE/4G sistem mimarisini barındıran femtocell ev tipi baz istasyonları için güncel eğilimler de dikkate alınarak, LTE-7 (Uplink: 2500 - 2570 MHz Downlink: 2620 - 2690 MHz) frekans bandında yüksek kazanç ve kullanılabilir verimliliğe sahip kompakt yapıda monopul/bıçak (blade) tipi antenler tasarlanmış ve benzetim sonuçları paylaşılmıştır. Sistemin 3GPP standartlarıncı tanımlanan veri hızlarına ulaşabilmesi için öncelikle çalışma ortamı belirlenmiştir. Antenler iç mekanlarda (indoor) konumlanacak şekilde tasarlanmış, böylece yönsüz bir ışıma örüntüsüne sahip olması amaçlanmıştır. Sonrasında bıçak ve monopul anten tasarımlarına başlanmış ve çoklu parametre optimizasyon çalışmaları sonucunda düşük maliyet ve yüksek performans kabiliyetine sahip nihai anten tasarımları elde edilmiştir.

2. Anten Tasarımları

2.1. Blade (Bıçak) Tipi Antenin Tasarım ve Modelleme Çalışmaları

Anten modeli oluşturulurken ilk olarak antenin sahip olması gereken asgari kriterler belirlenmiştir.: Bunlar; antenin yatayda yönsüz olması (apartman tipi konutlar düşünülmüştür) ve en az 2dBi kazançla sahip olması, çalışılan frekanslardaki VSWR (duran dalga oranı)'nın en az 2.5 olması ve 5/10/15/20 MHz LTE işaretlerini taşıyabilecek RF band genişliğine sahip olmasıdır. Bu parametreler göz önünde bulundurularak oluşturulan genel yapı Şekil 1' de gösterilmiştir.



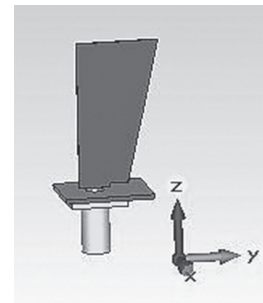
Şekil 1: Bıçak tipi antenin yandan ve karşıdan Görünüşü

Şekil 1'de geometrisi gösterilen anten CST Microwave Studio® yazılımı yardımıyla tasarlanıp, yukarıda bahsi geçen anten parametreleri baz alınarak çoklu optimizasyon işlemine tabii tutulmuş olup sonuç olarak ortaya elde edilen boyutlar Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1: Blade Tipi Antenin Boyutları

Parametre	Açıklama	Değer
h	Antenin Yüksekliği	32.04 mm
$d_{üst}$	Üst Genişliği	18.45 mm
d_{alt}	Alt Genişliği	11.04 mm
w_1	Toprak Zemin Uzunluğu	19.80 mm
w_2	Toprak Zemin Genişliği	16.21mm
t	Metal Kalınlığı	0.50 mm

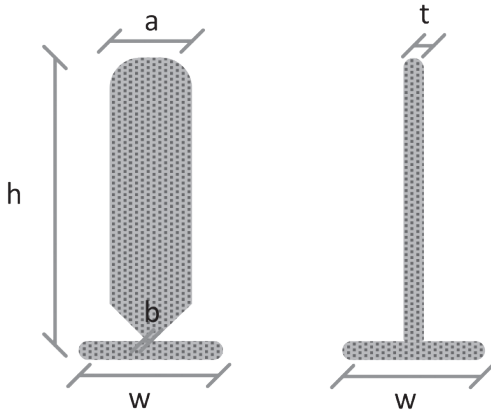
Optimizasyon işlemi sonucunda ortaya çıkan antenin bilgisayar destekli tasarım (BDT) modeli Şekil 2'de gösterilmektedir. Şekilden de anlaşılabileceği üzere besleme kısmında 50Ω giriş empedansına sahip SMA konektör benzetimi yapılmıştır.



Şekil 2: Bıçak tipi antenin BDT modeli

2.2. Özel Monopol Antenin Tasarım ve Modelleme Çalışmaları

Çalışmalar sonucu ortaya çıkan bıçak tipi anten ile benzer karakteristik özelliklere sahip ancak daha kompakt yapıya ve daha kolay üretilebilirlik avantajlarına sahip olabilecek literatürdeki benzerlerinden biraz farklı bir monopol anten tasarımı yapılmıştır. Tasarlanan antenin genel yapısı Şekil 3’de gösterilmiştir.



Şekil 3 : Özel monopol antenin önden ve yandan görünüşü

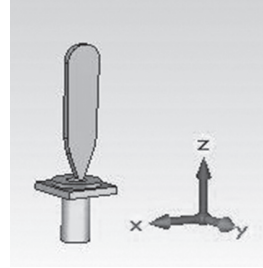
Şekil 3’de genel yapısı verilen monopol anten CST yazılımı kullanarak ilk etapta metal yüzeyin parametreleri girilip tasarım yapılmış, sonrasında toprak yüzeyi silindirik olarak modellenmiştir. Son olarak SMA konnektör benzetimi yapılarak anten besleme ünitesi tasarlanmış böylece anten tasarımı tamamlanmıştır. Tasarım çoklu optimizasyon işlemine tabii tutularak Tablo 2’de verilen değerler elde edilmiştir. Elde edilen antenin BDT modeli Şekil 4’de verilmektedir.

Tablo 2: Özel Monopol Antenin Boyutları

Parametre	Açıklama	Değer
h	Antenin Yüksekliği	30.9 mm
a	Üst Genişliği	7.43 mm
b	Alt Genişliği	1.30 mm
w	Toprak Zemin Çapı	5.41mm
t	Metal Kalınlığı	0.50 mm

Tablo 2 ‘deki değerlerden de anlaşılacağı üzere

tasarlanan monopol anten bıçak tipi antene göre daha kompakt yapıdadır.

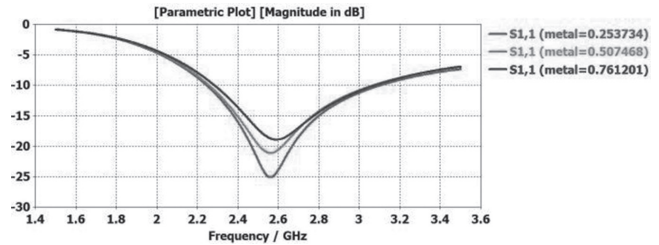


Şekil 4: Monopol antenin BDT modeli

3. Benzetim Sonuçları

3.1. Bıçak Tipi Antenin Benzetim Sonuçları

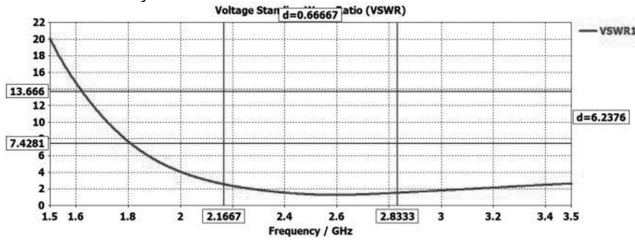
Bıçak tipi antenin benzetim sonuçlarında elde edilen yansıma katsayısı parametresinin (S_{11}) farklı metal kalınlıklarına göre grafikleri Şekil 5’de sunulmuştur. Antenin -10 dB bant genişliği 800 MHz olup LTE-7 frekans bandını rahatlıkla kapsamaktadır. Ayrıca grafikten de anlaşılabileceği üzere antenin metal kalınlığının bant genişliğine etkisinin olmadığı; ancak yansıma katsayısını etkilediği görülmektedir. Metal kalınlığının 0.5 mm olarak seçilmesi durumunda LTE-7 frekans bandı için uygun bir tasarım olacağı sonucuna varılmıştır.



Şekil 5: Bıçak tipi antenin S11 grafiği

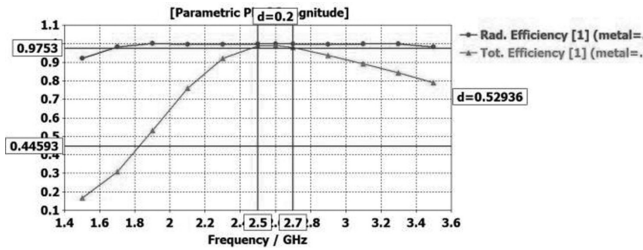
Antenlerin tasarım kriterlerinden biride VSWR’dır. Yapılan benzetimler sonucunda duran dalga oranının metal kalınlığı ile orantılı olduğu gözlemlenmiştir. Şekil-6’da bıçak tipi antenin 0.5 mm metal kalınlığındaki benzetim sonuçları gösterilmiştir. Şekilden de anlaşılabileceği üzere duran dalga oranı LTE-7 frekans bandı boyunca 2.5 değerinin altındadır. Metal kalınlığının 0.5 mm seçilmesi durumunda tasarlanan anten VSWR

isterini karşılamaktadır.



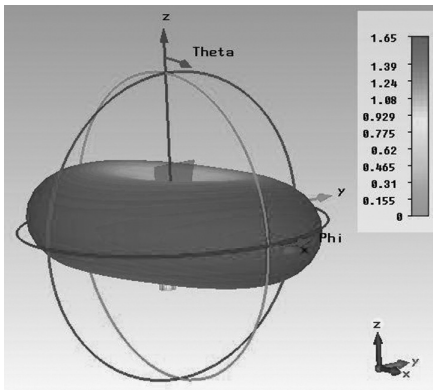
Şekil 6: Blade tipi antenin VSWR sonucu

Şekil 7’de ise antenin ışıma verimi (radiation efficiency) ile toplam verim grafiksel olarak verilmiştir. Bıçak tipi antenin LTE-7 frekans bandındaki veriminin %95-%98 arasında değiştiği grafikten görülmektedir. Bu verimlilik oranları bıçak tipi antenin femtocell uygulamaları için uygun olabileceğinin bir göstergesidir.



Şekil 7: Blade Tipi Antenin Verimlilik Grafiği

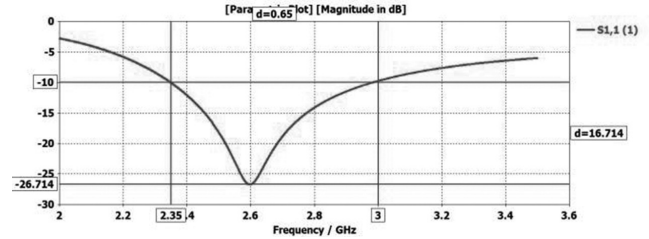
Şekil 8 bıçak tipi antenin ışıma örüntüsü verilmiştir. İstenildiği üzere; tasarlanan antenin yatay düzlemde yönsüz bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Yatayda sahip olduğu azami 2.17 dB’lik kazanç klasik dipol kazancı ile eşdeğerdir. Tasarlanan bıçak tipi antenin ışıma örüntüsü antenin iç mekan uygulamaları için iyi bir çözüm olabileceğini göstermektedir.



Şekil 8: Bıçak tipi antenin ışıma örüntüsü

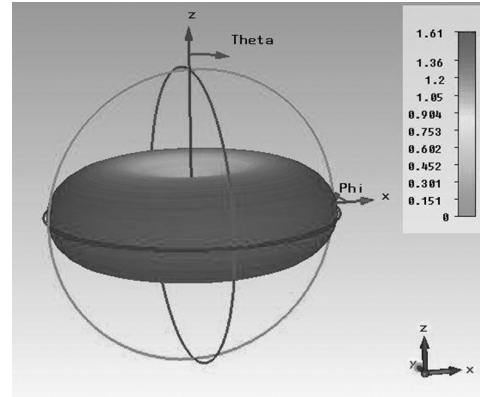
3.2. Özel Monopol Antenin Benzetim Sonuçları

Tasarlanan monopol antenin benzetim sonucu elde edilen yansıma katsayısı grafiği Şekil 9’da verilmiştir. Bu grafikten de görüleceği üzere antenin -10 dB bant genişliği 600 MHz olup LTE-7 frekans aralığında istenen değerleri sağlamıştır.



Şekil 9: Monopol antenin S 11 grafiği

Şekil 10’da ise tasarlanan monopol antenin ışıma örüntüsü gösterilmektedir. Şekilden de anlaşılabileceği gibi tasarlanan anten yatayda yönsüz olma kriterini ve en az 2 dBi’lık kazanç kriterini sağlamaktadır.

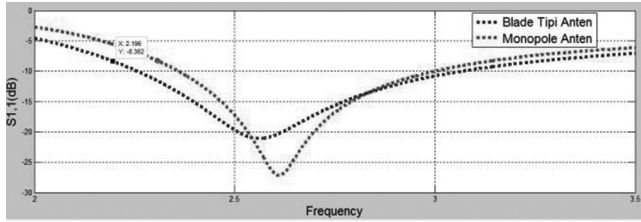


Şekil 10: Monopol tipi antenin ışıma örüntüsü

4. SONUÇLAR

Bu makalede 4G/LTE sistemlerinin kapasite kazancını artırmada en önemli teknik uygulamalardan olan femtocell baz istasyonları için bıçak ve monopol tipi tarzlarında anten tasarımları yapılmıştır. Öncelikle kullanılabilecek farklı anten çeşitleri araştırılmış ancak sahip olduğu avantajlardan dolayı bıçak ve monopol anten tasarımlarına gidilmiştir. Frekans bandı için

LTE-7 (Uplink: 2500 - 2570 MHz Downlink: 2620 - 2690 MHz) frekans aralığı seçilmiş tasarım sonucu elde edilen 800 ve 600 MHz lik bant genişlikleri bu frekans aralığını kapsadığı sonucuna varılmıştır. Şekil 11’de bıçak tipi anten ile tasarlanan monopoll antenin yansıma katsayısı grafikleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Sonuç olarak şekilden de anlaşılabileceği üzere bıçak tipi antenin -10 dB bant genişliği monopoll antene göre biraz daha iyidir. Ancak monopoll anten LTE-7 bandının merkez frekansında daha düşük geri-yansıma katsayısına sahiptir. Ayrıca her iki anten tasarımının ışıma örüntüleri dikkate alındığında monopoll anten tasarımının yatayda daha efektif kazanç değerlerine sahip olduğu da görülmektedir. Bu sonuçlar doğrultusunda tasarlanan monopoll antenin daha kompakt yapıya ve daha efektif sonuçlara sahip olduğu değerlendirilebilir. Sonuç olarak ise tasarlanan her 2 tip anten de 4G/LTE sistemlerinde kullanılabilecek özelliklere haizdirler.



Şekil 11: Bıçak ve monopoll tipi antenlerin S 11 grafikleri

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK-TEYDEB tarafından 1140042 no’lu proje kapsamında desteklenmektedir.

6. KAYNAKLAR

- [1] Zibadoost, P., Chobadi, C., Nourinia, J., Mousazadeh, A., Mohammadi, B., “MIMO monopole antenna for LTE systems”, Electrical Engineering (ICEE), 2014 22nd Iranian Conference , 2014, 1700-1705.
- [2] Zyoud, A., Habaebi, M.H., Chebil, J., Islam, M.R., “Femtocell interference mitigation”,

Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC), 2012 IEEE , 2012, 94-96.

- [3] Zhou, A., Guo, H., “LTE-A uplink antenna solution analysis”, Communications and Networking in China (CHINACOM), 2013 8th International ICST Conference on, 2013, 296 – 301.
- [4] Abdullah, M.F.L., Yonis, A.Z., “Performance of LTE Release 8 and Release 10 in wireless communications”, Cyber Security, Cyber Warfare and Digital Forensic (CyberSec), 2012 International Conference, 2012, 236 – 241.
- [5] Ghosh, A., Ratasuk, R., “Multi-Antenna Systems for LTE eNodeB”, Vehicular Technology Conference Fall (VTC 2009-Fall), 2009 IEEE 70th, 2009, 1 – 4.
- [6] Chandrasekhar, V., Andrews, J.G., Gatherer, A., “Femtocell networks: a survey” Communications Magazine, IEEE , 2008, 59 – 67.
- [7] Ghosh, A., Weimin, X., Ratasuk, R., Rottinghaus, A., Classon, B., “Multi-antenna system design for 3GPP LTE”, Wireless Communication Systems. 2008. ISWCS '08. IEEE International Symposium on , 2008, 478 – 482.
- [8] Ghosh A., “Uplink Control Channel Design for 3GPP LTE”, Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2007. PIMRC 2007. IEEE 18th International Symposium on , 2007, 1 – 5.
- [9] Constantine A.Balanis, “Antenna theory, analysis and design” 2nd edition, John Wiley & Sons Inc., 1998, 160-164.
- [10] Lo, Y.T., Lee, S.W., “Antenna handbook”, Van Nostrand Reinhold Pub., New York, 1994.
- [11] Constantine A.Balanis, “Antenna theory, analysis and design” 2 nd edition, John Wiley & Sons Inc., New York, 1998, 542-566.
- [12] Ahirwar, S.D., Sai Ram, C., Khumanthem, T., Kumar, A. “A compact size, broadband dipole antenna for direction finding applications”, International Conference on Recent Advances in Communication Engineering (RACE-08), 2008, 20-23.