

BİNA İÇİ ORTAMDA 900 MHz de PROPAGASYON YOL KAYIP HESAPLARI

Emine TARI¹

Aktül KAVAS²

²Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
Elektrik-Elektronik Fakültesi

Yıldız Teknik Üniversitesi,34349, Beşiktaş,İstanbul.

¹Alemdağ cad.No:171 Nortel Networks Netas 34768,Ümraniye-İstanbul

¹ e-mail:etari@netas.com.tr

² e-mail:kavas@yildiz.edu.tr

Anahtar sözcükler: bina içi hücre sel haberleşme, propagasyon yol kaybı, propagasyon yol kayıp modelleri

ABSTRACT

In this study, indoor propagation path loss calculations and comparison of path loss techniques according to propagation environment is investigated. The accuracy of the models is examined and simulated for different environmental parameters. The simulated results are compared with real life indoor electromagnetic field measurements.

I. GİRİŞ

Kablosuz haberleşmenin hayatımızın her alanında büyük ölçüde var olması, bina içinde hareketli hücre sel haberleşme sistem tasarımının önemini artırmaktadır. Bina içinde hücre sel haberleşme sistem tasarımı için kapsama alanının hesaplanması birinci önceliğe sahiptir. Kapsama alanı hücre sel haberleşme şebekesinin çalıştığı haberleşme standardında, tanımlı frekans bandında ve istenilen veri hızında haberleşmenin sağlandığı alan olarak tanımlanmaktadır. Tanımlanan bu alan içinde propagasyon yol kayıplarının hesaplanması, baz istasyonunun konumunun belirlenmesi ve hücre yarıçapının hesaplanması için gerekmektedir. Diğer taraftan bugün kullanılmakta olan hücre sel sistemler yüksek kaliteli servis sağlayacak ve yüksek kapasite ile çalışacak şekilde tasarlandıklarından bina içindeki tipik hücre yarıçapı 10m ile 100m arasında değişmektedir. Bina içinde hücre yarıçapları bina dışındaki hücre yarıçaplarından farklı olduklarından oluşacak girişim etkilerini azaltmak, telefon servis kalitesini artırmak için hücre kapsama sınırının hassas olarak belirlenmesi büyük önem kazanmaktadır.

Propagasyon kayıp hesaplamalarında ampirik dar band modelleri ampirik geniş band modelleri, zamana bağlı

değişim modelleri, ve deterministik modeller kullanılmaktadır. Ampirik modeller, propagasyonu etkileyen bütün koşullar göz önünde bulundurularak yapılan bir grup ölçüm değerleri sonucunda oluşturulmuştur.[1],[2],[3],[8].

Ampirik geniş bantlı modeller ortalama gecikmeyi ve gecikme profillerini belirten tablolar şeklinde verilmektedir. Zamana bağlı alan değişimini ifade eden modeller, alınan sinyalin doppler spektrumunu hesaplamakta kullanılmaktadır.

Deterministik modeller radyo dalgalarının propagasyonunu fiziksel olarak simüle eden hesaplama methodlarıdır. Bu modeller, hem dar hem geniş band için kullanılabilirlerdir.[4],[5],[6].

Bu çalışmada bina içinde büyük ölçekli yol kayıp hesaplamaları yapılarak propagasyon yol kayıplarına bağlı olarak hücre yarıçapının değişimi incelenmiş olup yapılan teorik çalışma YILDIZ-CELL GSM Test ve ölçüm laboratuvarında gerçek zamanlı olarak 900MHz de çalışan baz istasyonuna ait ölçüm değerleriyle karşılaştırılmıştır.

2.BİNA İÇİ PROPAGASYON MODELLERİ

2.1 Serbest Uzay Propagasyon Modeli

Alıcı ve vericinin serbest uzay koşullarında bulunduğu ve alıcı verici arasında elektromagnetik enerjiyi yutan yansıtan ve saçıcı etki yapan engel olmadığı durumda haberleşme yapıldığı varsayılmaktadır. Söz konusu modelde elektromagnetik dalgalar uzaklığın karesiyle ters orantılı olarak yayılmaktadır.

Propagasyon yol kaybı : $f(\text{MHz})$ ve $d(\text{km})$ olarak alındığında;

$$L_{fs} (dB) = 32.44 + 20 \log(f) + 20 \log(d) \quad (1)$$

olarak hesaplanmaktadır.

2.2 Logaritmik Mesafe Yol Kayıp Modeli

Alıcı ve verici arasında oluşan yol kaybı, mesafe ve yol kayıp katsayısı n terimleri cinsinden verilmektedir. [7]

$$\overline{PL}(d) = \overline{PL}(d_0) + 10n \log\left(\frac{d}{d_0}\right) \quad (2)$$

n, yol kayıp katsayısı ortamın özelliklerine göre sinyalin zayıflamasını belirleyen katsayı, d_0 vericiden ölçülen referans uzaklıktır. Bina içi ölçümlerde referans uzaklık 1m olarak alınmıştır.

Logaritmik mesafe yol kayıp modeli ile hesaplanan yol kaybı, mesafeye bağlı olarak ortalama yol kaybını tanımlamaktadır.

Hüresel haberleşme frekanslarında bina içi haberleşme ortamında yol kayıp katsayısı tablo 1 de verilmektedir.[7].

Haberleşme Ortam Özellikleri	Yol Kayıp Katsayısı n
Serbest Uzay	2
Bina içinde alıcı verici arasında engel yok	1.6 -1.8
Bina içinde alıcı verici arasında engel bulunmakta	4 -6
Fabrika içinde alıcı verici arasında engel bulunmakta	2 -3

Tablo-1 Yol Kayıp Katsayısı Değerleri

2.3 Cost – 231 Çoklu Duvar Modeli:

Çoklu duvar modelinde propagasyon yol kaybı hesaplamasında, duvar etkileri ile katlar arası geçişte zemin etkilerini serbest uzay kaybına eklemektedir. Toplam zemin kaybı, sinyalin geçtiği katların doğrusal olmayan fonksiyonu şeklinde hesaba katılır. Doğrusal olmayan bu etki formülde b katsayısı olarak yer almaktadır. Bina içerisinde oluşan yol kayıp modeli hesaplamaları dB cinsinden COST-231 formülü ile hesaplanmaktadır.[7]

$$PL(dB) = L_{fs} + L_C + \sum_i k_{wi} L_{wi} + L_f n^{((n+2)/(n+1)-b)} \quad (3)$$

L_{fs} alıcı verici arasındaki serbest uzay kaybı

L_C Sabit kayıp

d alıcı verici arasındaki uzaklık

k_{wi} ortamda i tipinde yer alan duvar sayısı

L_{wi} ortamda bulunan i tipindeki duvar kaybı

L_f katlar arası kayıp

n sinyalin geçtiği kat sayısı
b ampirik katsayı

Bina içinde yer alan duvarların özelliklerinin ayrı ayrı tanımlanmadığı durumlarda yol kayıp hesabı

$$PL(dB) = 37 + 30 \log(d) + 18.3n^{((n+2)/(n+1)-0.46)} \quad (4)$$

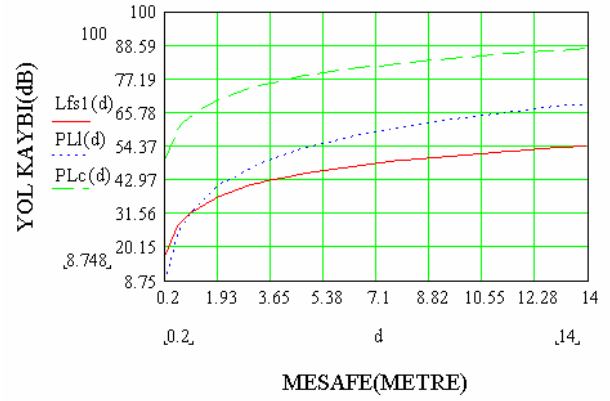
olarak hesaplanmaktadır. [7]

2.4 Modellerin Karşılaştırılması

Bina içinde baz istasyonundan 15 metre uzaklığa kadar, propagasyon yol kayıp hesaplamaları 3 farklı model için yapılmıştır.

Serbest uzay kaybı modeli ile ortamda saçıcı ve yutucu etki yapan cisimlerin bulunmadığı varsayılarak hesaplama yapıldığında en kaba yol kayıp değeri elde edilmektedir.

900 MHz'de Yol Kayıp Hesapları



Şekil.1:Bina içi propagasyon yol kayıp hesaplamaları

Logaritmik uzaklık modeli, serbest uzay kaybı modeline ek olarak ortamı, yol kayıp katsayısı terimleri cinsinden modellediği için serbest uzay kaybına göre daha gerçekçi modelleme yapmaktadır.

Cost 231 çoklu duvar modeli ise, serbest uzay kaybı, sabit kayıplar ve duvar kayıplarını dikkate alarak modelleme yapmaktadır.

3.ÖLÇÜM ORTAMININ TANIMI VE ÖLÇÜM STANDARTLARI

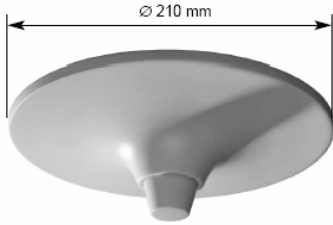
GSM Test ve Ölçüm laboratuvarında, baz istasyonu, baz istasyonu kontrol merkezi, merkezi anahtarlama birimi, söz konusu birimlere enerji sağlayan güç kaynakları, akü grubu ve kontrol bilgisayarları bulunmaktadır.

Bina içi kapsama, 5W çıkış gücünde Ericsson RBS 200 A modeli baz istasyonu ve 2 dbi kazançlı 2 adet Kathrein 80010137 modeli antenle sağlanmaktadır.

Bina içi kapsama için kullanılan anten özellikleri aşağıdaki verilmektedir.

3.1 Kathrein 80010137

Frekans aralığı	:879-960 MHz 1710-2500 MHz
Polarizasyon	:Dikey
Kazanç	:2 dBi
Empedans	:50 ohm
VSWR	:876- 890 MHz <1.9 890- 960 MHz <1.6 1710 – 2170 MHz: < 1.6 2170 – 2500 MHz: < 2.0
Maximum güç	:50 W
Ağırlık	:300 gr
Yükseklik	:78 mm
Genişlik	: 210mm



Şekil2: Kathrein 80010137 modeli anten

3.2 Ölçüm Standartları

Ölçümler TC Telekomünikasyon Kurumu tarafından yayımlanan 12.07.2001 tarih ve 24460(Asıl) sayılı “10 kHz-60 GHz Frekans bandında Çalışan sabit Telekomünikasyon Cihazlarından Kaynaklanan Elektromagnetik Alan Şiddeti Limit Değerlerinin belirlenmesi, Ölçüm Yöntemleri ve Denetlenmesi hakkında yönetmelik”inde belirtilen hususlar dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Alan ölçümleri EMR 300 cihazı ve tip 8 probu ile gerçekleştirilmiştir. Tip 8 probu ölçüm aralığında kararlı frekans tepki eğrisi gösteren ve tanımlı olduğu frekans bandı dışındaki frekanslara zayıf tepki veren özelliklere sahiptir. [8],[9],[10],[11]. EMR 300 ve tip 8 prop özellikleri aşağıdaki gibidir.

3.3 EMR-300 Teknik Özellikleri:

<u>Ekran tipi</u>	:LCD
<u>Ekran tazeleme Oranı</u>	:Tipik olarak 400 ms
<u>Ekran çözünürlüğü</u>	:0,01 V/m, 0,0001 A/m
<u>Ölçülen Birimler</u>	:V/m, A/m, mW/cm ² , W/m ²
<u>Sonuç görünümü</u>	:Mevcut sonuç veya açıldığı andan itibaren olan maksimum değer
<u>Ortalama</u>	:Mevcut sonuç veya 4s ile 15 dk arasındaki değişme
<u>Kalibrasyon verisi</u>	:her bir prob için bir Kalibrasyon Faktörü ayar tablosu

Kendini Test Etme

Açılıştaki otomatik A/D çevirici, batarya, besleme gerilimi, hafıza ve sıfır ayarı testleri.

Çalışma süresince periyodik sıfır ayarı ve batarya kontrolü.

Sonuçları kaydetme:1500 veri

Tip 8 Elektrik alan probun teknik özellikleri;

Sensör tipi	:Elektrik Alan
Frekans Aralığı	:100 kHz – 3 GHz
Yönlendirme	: Yönsüz, 3 yönlü
Sıcaklık Aralığı	:0 - +50 °C
Ölçüm aralığı seçimi	:Sürekli tek aralık (>60 dB dinamik aralık)
Tanımlanmış ölçüm aralığı	: 0,6 – 800 V/m
Sürekli dalga sinyali (f > 300kHz):	0,0001 – 170 mW/cm ²

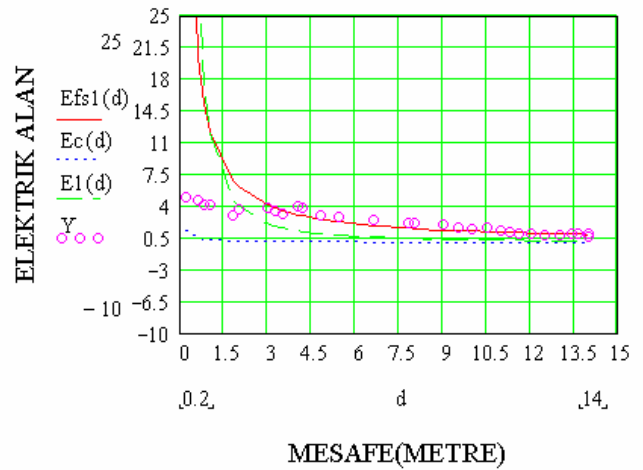
4.ÖLÇÜM SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

Yol kayıp hesaplamaları elektrik alan değerleri cinsinden hesaplanmış, EMR300 cihazı ile yapılan elektrik alan değeri ölçümleri ile karşılaştırılmıştır.

Yol kayıp hesaplamalarını elektrik alan değeri cinsinden ifade etmek için propagasyon yol kayıp tanımı ve elektrik alan şiddeti güç ifadeleri kullanılmıştır.

$$P_r = P_t - PL \quad (5)$$

$$P_t = |E|^2 A_e / 120\pi \quad (6)$$



Şekil.3 Ölçülen elektrik alan değerleri ve propagasyon modelleriyle ilişkisi

Ölçülen değerlerin özellikle, Serbest Uzaklık ve Logaritmik Uzaklık modellerine yakınsadığı gözlemlenmektedir. Ölçüm yapılan ortamda saçıcı ve yutucu etki yapacak fazla sayıda cisim bulunmadığı için sonuçlar serbest uzay

kaybı modeline yakınsamıştır. Ölçüm sırasında mesafe değiştiğinde verici ile ölçüm cihazı arasında çok sayıda duvar girmediği için Cost231 modeli ile hesaplanan değerler ile ölçüm değerleri uyusmamaktadır.

5.SONUÇ

Bu çalışmada bina içi ortam koşulunda propagasyon 3 farklı modelle incelenmiş olup, yapılan ölçümlerle bu modellerin pratiğe uygunlukları incelenmiştir. Şekil 3'te de görüldüğü üzere gerçek ölçüm değerlerinin, YıldızCELL Test ve Ölçüm laboratuvarı koşullarında özellikle Serbest Uzay kaybı ve Logaritmik Uzaklık modellerine yakınsadığı görülmüştür.

Laboratuvar ortamında fazla sayıda yutucu ve saçıcı madde olmadı için Serbest Uzay kaybı Modelinin varsaydığı koşul oluşmuş olup, sonuçlar bu modelle örtüşmüştür. Logaritmik uzaklık modelinde ise Serbest Uzay kaybı'na ek olarak ortam, yol kayıp katsayıları cinsinden ifade edilmektedir. Yapılan ölçümlerde, mesafeye bağlı gerçekleştirildiği için Logaritmik uzaklık modeli ile benzerlik göstermiştir. Ölçüm sırasında vericiden uzaklaştıkça araya giren duvar sayısında fazla bir değişiklik olmadığı için Cost 231 modeliyle, ölçüm değerleri farklılık göstermiştir.

6.REFERANSLAR:

- [1] E.Damosso, ed., Digital Mobile Radio: COST 331 Viewon the evolution towards 3rd Generation Systems.Bruxells :Final Report of the COST 231 Project, published by the European Comission, 1998.
- [2] A.J Motley and J.M.Keenan, "Radio coverage in buildings," Bell System Technical Journal (BTSJ), vol.8, pp. 19-24 , Jan 1990.
- [3] G.Wölfe , F.M. Lanstorfer, R.Gahleitner, and E.Bonek, "Extensions to the field Strength Prediction Technique based on Dominant Paths between Transmitter and Reciever in Indoor Wireless Communications," in *2nd European Personal and Mobile Communications Conference (EPMCC)*,(Bonn), pp.29-36,Nov.1997.
- [4] T.Huschka, "Ray Tracing Models for Indoor Environments and their Computational Complexity," in *IEEE 5th International Symposium on Personal, Indoor , and Mobile Radio Communications (PIMRC)*, pp.486-490,Sept.1994.
- [5] C.Carciofi, A.Cortina, C.Passerini, and S.Salvietti, "Fast Field Prediction Techniques for Indoor Communication Systems," in *2nd European Personal and Mobile Communications Conference (EPMCC)*, (Bonn), pp, 37-42, Nov.1997.
- [6] V.Degli-Esposti, C.Carciofi, M.Frullone, and G.Riva, "Sensitivity of Ray Tracing Indoor Field Strength Prediction to Environment Modelling," in *European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research (COST)*, (COST 259 TD(97)049, (Lisbon), Sept.1997.

[7] T.S Rappaport "Wireless Communications Principles and Pracrice" Prentice Hall,1996.

[8] TC . telekomünikasyon Kurumu'nun 12.07.2001 tarih 24460(Asıl) Sayılı "10 kHz -60 GHz Frekans bandında çalışan Sabit Telekomünkasyon Cihazlarından kaynaklanan Elektromagnetik Alan Şiddeti Limit değerlerinin belirlenmesi, Ölçüm yöntemleri ve Denetlenmesi hakkında yönetmelik"

[9] European Prestandard, ENV 50166-2, "Human Exposure to Electromagnetic Fields-High frequency (10 kHz yo 300 GHz)", European Commitee for Electrotechnical Standardization, ECES Jan 1995.

[10] T.C Resmi Gazete 04.08.2000, Sayı 24130 (Asıl) Ulaştırma bakanlığı tarafından çıkarılan yönetmelik, "Mobil Telefon Şebekelerine Ait Baz İstasyonlarının Kuruluş Yeri, Ölçülmesi İşletilmesi ve Denetlenmesi Hakkındaki Yönetmelik".

[11] "Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric ,Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)",ICNIRP Guidelines , The International Commision on Non Ionizing Radiation Protection (ICNIRP),1998.