

Hücresel Haberleşme için Önerilen Dalga Yayılım Modellerinin Ülkemiz Koşullarında Uygulanabilirliklerinin Araştırılması

Memduh Can, Bora Yengeç, A. Hamit Serbest
Çukurova Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Balcalı, Adana
memduh.can@ieee.org

Özet

Bu çalışmada, direk görüş olan ortamlar(LOS) için kullanılan toplam yol kaybı formülünün ölçüm değerleriyle uyumlu olup olmadığı ortaya konurken, diğer yandan direk görüş olmayan (NLOS) ortamlar için geliştirilen modellerin birbirleriyle olan uyumlulukları ve kullanılan formüllerdeki parametrelerin değişimine verdikleri cevaplar araştırılmış ve yine ölçüm değerleriyle tutarlı olup olmadıkları araştırılmıştır. “Okumura-Based Hata”, “COST 231 Hata”, “Sakagami” ve “Extended Sakagami” olmak üzere dört model incelenmiştir. Sözü edilen modellerin ülkemizdeki şehirleşme yapısında uygulanabilir olup olmadıkları ortaya konmaya çalışılmıştır. Belirlenen bir güzergah boyunca baz istasyonundan (BTS) yayılan sinyallerin mobil istasyon (MS) tarafındaki alışı seviyeleri, TEMS sistemi ile ölçülmüş ve hesaplanan değerlerle karşılaştırılmıştır.

1. Giriş

Kablosuz iletişim sistemlerinin gelişmesiyle birlikte, özellikle baz istasyonu ve mobil telefonlar arasındaki hava arayüzünde elektromanyetik dalga yayılımını analiz etmek için model geliştirmek ve yapılan ölçüm sonuçlarıyla modellerden elde edilen sonuçların tutarlılığını ortaya koyarak uygulanabilirlik derecelerini tespit etmek önemli bir çalışma konusu olmuştur[1]. Bu çalışmada, direk görüş olan ortamlar(LOS) için kullanılan toplam yol kaybı formülü ile direk görüş olmayan (NLOS) ortamlar için geliştirilen bazı modellerin teorik sonuçlarının ölçüm değerleriyle uyumlu olup olmadığı incelenmiştir.

Şehir içinde direk görüş olan ortamlar için (LOS) verilmiş olan

$$L_{PF} = 42.6 + 26 \log d + 20 \log f \quad (1)$$

yol kaybı ifadesini, bir çok araştırmacı direk görüş olmayan ortamlar için de geçerli olacak biçime dönüştürmeye çalışmışlardır. Geliştirilen modeller, istatistiksel olarak alınan ölçüm sonuçlarına göre düzenlenmiş olup binalaşma yapısının çok düzgün olduğu şehirler için geliştirilmişlerdir [2]. “Okumura-Based Hata” modelinde yol kaybının ifadesi

$$L_{PO} = 69.55 + 26.16 \log f - 13.82 \log h_b - a(h_m) + (44.9 - 6.55 \log h_b) \log d \quad (2)$$

olup, burada

$$a(h_m) = (1.1 \log f - 0.7)h_m - (1.56 \log f - 0.8) \quad (3)$$

şeklindedir. “Cost 231 Hata” modeline göre toplam yol kaybı

$$L_{PH} = 46.3 + 33.9 \log f - 13.82 \log h_b - a(h_m) + (44.9 - 6.55 \log h_b) \log d + C_m \quad (4)$$

olup $a(h_m)$, yine (3) nolu formülden elde edilmektedir. C_m düzeltme faktörü olup orta büyüklükteki şehirler için 0 dB, büyük şehir merkezleri için 3 dB alınmaktadır [2]. “Sakagami” modelinde yol kaybı ifadesine, yol genişliği ve açısı, ortalama bina yüksekliği gibi parametreler de girmektedir:

$$L_{PS} = 100 - 7.1 \log W + 0.023\theta + 1.4 \log h_s + 6.11 \log \bar{H} - [24.37 - 3.7(H/h_{b0})^2] \log h_b + (43.42 - 3.11 \log h_b) \log d + 20 \log f + \exp[13(\log f - 3.23)] \quad (5)$$

“Sakagami” modeli’nin geçerli olduğu frekans bandını genişletmek ve uzaklığa bağlı değişimi düzenlemek için “Extended Sakagami” modeli ortaya atılmıştır [3]. Bu modelde toplam yol kaybı ifadesi:

$$L_{PES} = 100 - 7.1 \log W + 0.023\theta + 1.4 \log h_s + 6.11 \log \bar{H} - [24.37 - 3.7(H/h_{b0})^2] \log h_b + (43.42 - 3.1 \log h_b) \log d + 20.4 \log f - 3.2(\log 11.75h_m)^2 + 4.97 \quad (6)$$

İlk iki modelde kullanılan parametre sayısı daha az olup tüm modellerde toplam yol kaybı, öncelikle frekans (f), uzaklık (d), mobil istasyon anten yüksekliği (h_m) ve baz istasyonu anten yüksekliğine (h_b) göre değişmektedir. Son iki modelde W (5-50 m)yol genişliğini, θ (0-90°) alış noktasında yolun baz istasyonu anteni ile yaptığı açığı, h_s (5-80 m) alış noktasında yolun baz istasyonu tarafındaki bina yüksekliğini, $\bar{H}$ ortalama bina yüksekliğini ve h_{b0} baz istasyonu anteninin yerden yüksekliğini göstermektedir [3].

Ölçüm yaptığımız 945 MHz’de, modeller uzaklığa bağlı olarak lineer bir değişim göstermekte olup toplam yol kaybı dört modelde de birbirine çok yakındır. Ancak “Sakagami” modelinde toplam kayıp diğerlerinden daha fazla çıkmaktadır. Frekansa bağlı olarak değişimde ise diğer üç modelden elde edilen yol kaybı sonuçları birbirine çok yakinken 3 GHz’den sonra “Sakagami” modelinden elde edilen sonuçlar aniden artmaya başlamakta ve özellikle 3.5 GHz’den sonra çok büyük bir artış göstermektedir. İlk iki model θ ve W ’dan bağımsızken “Sakagami” ve “Extended Sakagami” modellerinde θ açısı, 0°’den 90°’ye doğru yaklaşırken toplam 2 dB’lik bir artış olmaktadır. Yol genişliği, W , 5 metreden 50 metreye doğru arttırıldığında toplam yol kaybında 7 dB’lik bir azalma görülmektedir. Mobil anten yüksekliği arttırıldığında tüm modellerde yol kaybının azaldığı görülmekte, ancak ilk iki modelde mobil anten yüksekliği 10 metreden fazla alınınca sonuçlar çok ani bir eğimle azalmaktadır.

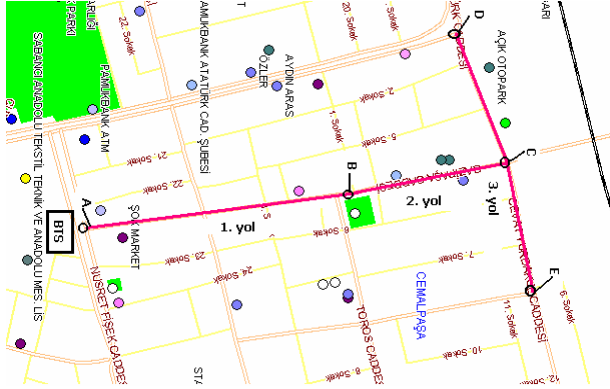
2. Ölçüm Metodu ve Sonuçların Değerlendirilmesi

Ölçüm yapılırken seçtiğimiz yer, binalaşma yapısının modeller için uygun olabileceğini düşündüğümüz “Gazipaşa Bulvarı” olmuştur (**Şekil.3**). Ölçüm sisteminde verici olarak, bulvarın başlangıç noktasında bulunan TELSİM baz istasyonu (BTS) kullanılmıştır. Diğer şebeke sinyalleriyle girişim yapmayacak boş bir frekans bandında, 945 MHz, ölçüm yapılmıştır. BTS çıkış gücü 10 watt (40 dBm), BTS ile verici anteni arası kablo mesafesi 25 metredir. Kullanılan anten(K736 350), yerden 30 metre yüksekliğe yerleştirilmiş, yönsüz ve kazancı 8 dB olan dikey polarize antendir. BTS ile anten arasında RG214 tipi kablo kullanılmış olup kayıp 0.04 dB/m’dir. Antenin bulunduğu binaya 40 metre uzaklıktan başlayarak,TEMS sistemi (**Şekil.4**) ile alış seviyeleri ölçülmüştür. TEMS’e bağlı mobil telefonun yerden yüksekliği 1.5 metre olup kullanılan alıcı anteni de yönsüzdür. A noktasından B’ye kadar mesafe 400 metredir ve bu iki nokta arasında direk görüş bulunmaktadır. B noktasından sonra yol, BTS’e göre 30°’lik bir açı yapmaktadır ve C noktasına kadar 300 metrelik mesafede birçok noktada direk görüş bulunmamaktadır. Bu yol boyunca bulvardaki bina ve ağaçlar gelen dalganın bir kısmını soğurmakta ve mobile bazı noktalarda direk sinyal ulaşırken bazı noktalarda binalardan yansıma sonucu gelen sinyaller ulaşmaktadır. Bulvar boyunca karşılıklı olarak hemen hemen düzgün olarak 20-25 meterlik binalar yükselmekte olup binalar arasındaki yol genişliği 15 metre civarındadır. D ile E noktaları arası 400 metre ve bu güzergah boyunca ölçüm yapılan toplam 11 noktadan yalnızca bir nokta BTS antenini direk görmektedir. Ölçümler, 40 metre aralıkla yapılmıştır. A-B arasında 10, B-C arasında 8, D-E arasında 11 noktada alış seviyeleri ölçülmüştür.

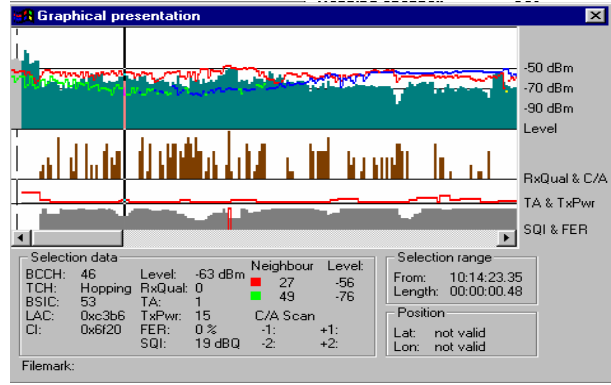
Baz istasyonu ile mobil telefon arasında direk görüşün sağlandığı A ve B noktaları arasında (1) nolu formül ile hesaplanan sonuçlar ile ölçüm değerleri arasında 9 dB ile 13 dB arasında fark olduğu görülmektedir(**Şekil.1**). Ölçüm sonuçları hesaplanan alış seviyelerinden çok daha düşüktür, ancak uzaklığa bağlı olarak alış seviyesinin azaldığı ölçüm sonuçlarıyla da saptanmıştır. B ve C noktaları arasında direk görüş çoğu noktada sağlanamamaktadır. Bu iki nokta arasında ölçülen değerler, modellerden çıkan sonuçlardan çok farklı ve uzaklıktan bağımsız, çok değişken bir yapıya sahiptir. Bu kısımda bina, ağaç ve taşıtların etkisi ve bazen direk görüşün sağlanması ile alış seviyeleri -57 dBm ve -82 dBm arasında değişmektedir. D ve E noktaları arasında yapılan ölçümler ise modellerle hesaplanan sonuçlarla uyumlu görünmektedir. Bu iki nokta arasında baz istasyon anteniyle direk görüşün sağlandığı

noktada sinyal seviyesi -73 dBm olarak ölçülmüştür. Diğer noktalarda kırınım ve binalardan yansıma ile mobil antene sinyal ulaşmakta ve ölçüm sonuçları -82 dBm ile -90 dBm arasında değişmektedir (Şekil.2).

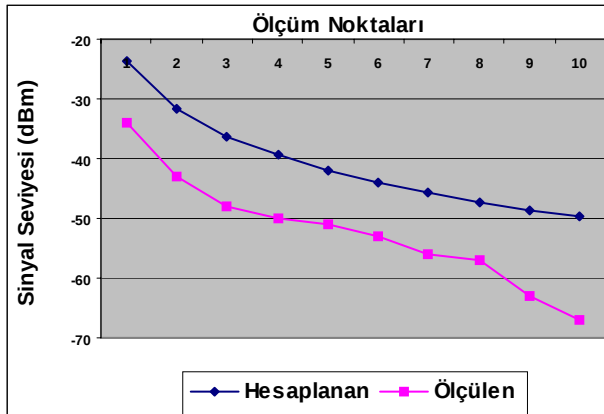
Modellerden elde edilen sonuçlarla ölçüm değerlerinin bazı noktalarda birbirine çok yakın olmasına rağmen bazı noktalarda ölçüm sonuçlarının çok yüksek veya çok düşük olduğu görülmektedir. Burada sözü edilen modeller, çok düzgün bina yapısına sahip Japonya ve Avrupa şehir merkezleri için ortaya konmuştur. Adana'da bina yükseklikleri ve binalar arası mesafe düzgün bir yapıya sahip değildir. Bu nedenle model sonuçları ölçümlerle tam olarak örtüşmemektedir.



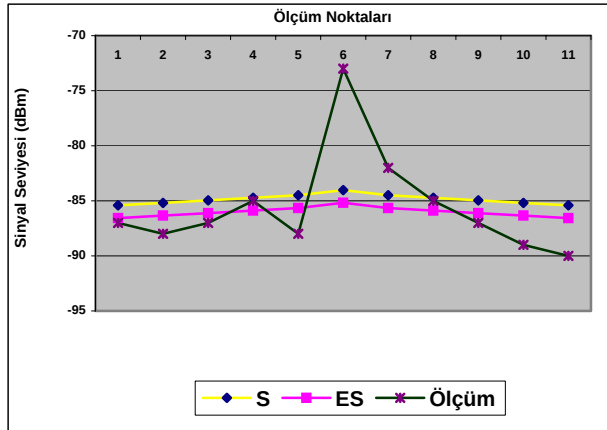
Şekil 1. Ölçüm yapılan güzergah



Şekil 2. TEMS'ten alınan grafik



Şekil 3. A-B noktaları arasında (LOS) sinyal seviyeleri



Şekil 4. D-E noktaları arasında (NLOS) sinyal seviyeleri

Kaynaklar

- [1]. Motorola Ltd., "SYS 04: GSM Interfaces and Subsystem Planning", Londra, İngiltere, 2000.
- [2]. Doble J., Introduction to Fixed and Mobile Communications, Artech House, Boston, A.B.D., 1996.
- [3]. Sakawa K., Masui H., Ishi M., Shimizu H. ve Kobayashi T., EPMCC 2001, Viyana, Avusturya.

Teşekkür

Bu çalışmada alıcı ve verici sistemlerinin kullanılması imkanını sağladığı için TELSİM A.Ş.'ye teşekkür ederiz.