

HÜCRESEL HABERLEŞME SİSTEMLERİNİN PROPAGASYON KAYIP HESAPLARINA GÖRE MODELLENMESİ

Aktül KAVAS¹Metin YILMAZ²Tolga ÇABUK³^{1,2,3}Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü

Elektrik-Elektronik Fakültesi

Yıldız Teknik Üniversitesi, 34349, Beşiktaş, İstanbul

¹e-posta: kavas@yildiz.edu.tr²e-posta: metinyilmaz@hotmail.com³e-posta: tolga_cabuk@hotmail.com

*Anahtar sözcükler:*Hücresel haberleşme sistemleri,propagasyon, kayıp hesaplamaları

ÖZET

Bu bildiri hücresel haberleşme sistemleri için geliştirilen çeşitli propagasyon kayıp modellerinin ortam parametrelerine, frekansa ve mesafeye bağlı olarak karşılaştırmasını yapmak , farklı modelleri aynı yazılım paketi ile hesaplayarak modellerin tanımlanan parametrelere göre duyarlılıklarını ve sınırlamalarını ortaya koymak ve hücre planlamasına uygun kullanım alanı sağlamak amaçlanmaktadır..

1. GİRİŞ

Hücresel haberleşme sistemlerinde kapsama alanı içinde elektrik alan şiddetinin öngörümü haberleşme kalitesini tanımlamak açısından ana hedefler arasında yer almaktadır.Propagasyon modelleri belirlenmiş bölgeler için kapsama alanının tanımlanmasının yanısıra diğer RF kaynaklarından gelen interferans seviyelerinin belirlenmesi açısından da önem taşımaktadır. İnterferans etkilerini minimize ederek hücre içi maksimum kapsamanın sağlanabilmesi için baz istasyonu konumlarının optimizasyonu , hücre içinde ve hücreler arası müsaade edilen maksimum çok yönlü propagasyon etkilerinin kontrolü sağlanmaktadır[1] .Farklı frekans bandlarında çalışan sistemler için propagasyon kayıp hesaplarında haberleşmenin sağlanacağı

- Hücre tipi (şehir içi,banliyö,kırsal alan),
- baz istasyonu ile hareketli abone arasındaki mesafe
- baz istasyonu ve hareketli abone anten yükseklikleri
- Özel coğrafik bilgiler
- caddelerin baz istasyonlarına göre oryantasyonu, ortalama bina yükseklikleri ve binalar arasındaki mesafe
- Yüzey bilgileri (eğimli ,tepelik arazi vb)
- Bitki örtüsü tanımı
- Topografik bilgiler
- Baz istasyonu ve abone arasındaki yüzey profili
- Topografik haritalar ve haritalar üzerindeki bina konumları
- Morfografik yüzey bilgileri
- Alan kullanımı(binalar,tarım arazisi, orman vb)
- Yüzeye ait elektriksel özellikler (geçirgenlik katsayıları vb)
- tanımlanmalıdır.

Propagasyon kayıplarını hesaplamak için, ampirik modeller, ortam parametrelerine bağlı olarak geliştirilmiş kuramsal modeller, yapı-ampirik modeller ve deterministik modeller kullanılmaktadır.

Ampirik modeller:Okumura,Hata,COST-231 Hata modeli, ampirik modeller olarak tanımlanmaktadır. Model parametreleri ölçülmüş datalara regresyon metodları uygulanarak hesaplanmaktadır.[2][3]

Ortam parametrelerine bağlı olarak geliştirilmiş kuramsal modeller: Walfisch-Bertoni ve İkegami modelleridir.Söz konusu modeller kullanılarak propagasyon kayıp hesaplamaları teorik modellerin uygulanabileceği basit bir ortam tanımlanarak analitik şekilde hesaplanmaktadır.

Yarı –ampirik modeller:Ortam parametrelerine bağlı olarak geliştirilmiş kuramsal modellerin ölçüm sonuçlarıyla uyumlu olması bakımından ampirik olarak düzeltilmiş şeklidir.COST-231 Walfisch-İkegami modeli yarı ampirik model olarak tanımlanmaktadır.[4]

Deterministik modeller:Elektrik alan şiddetinin alan integral denklemleri veya ışın izleme/yükleme tekniklerinin ışın optik metodlarla hesaplandığı modellerdir.Söz konusu model haberleşmenin yapıldığı ortama ilişkin coğrafik bilgiyi işleme ihtiyacı duymaktadır.

Bu çalışmada hücresel haberleşme sistemlerinde kullanılan propagasyon kayıplarını hesaplamak ve kullanılmakta olan modellerin karşılaştırmasını yapmak amaçlanmıştır.Farklı modellerin aynı yazılım paketi ile hesaplanarak karşılaştırılması modellerin duyarlılıklarını ortam parametrelerine göre ortaya koymakta ve bunlara ek olarak hesaplamalar için kullanılacak modellerin sınırlamalarının da tanımlanmasını mümkün kılarak tasarımcıya geniş bir kullanım alanı sağlamaktadır.

2. PROPAGASYON MODELLERİ İÇİN TANIMLANAN HÜCRE TİPLERİ

Hücrelerin altıgen yapılarla oluşturulduğu haberleşme sistemlerinde kaliteli sinyal seviyesinin sağlanması; tanımlanan hücre içinde oluşan yol kayıplarına bağlı olarak hesaplanmaktadır.Hücresel haberleşme kullanılarak kapsanacak alanlar için hücre tipleri alan

parametrelerine göre farklılıklar göstermektedir. Haberleşme açısından tam kapsanamayan bölgeler için verici gücünün artırılması da interferans problemlere neden olmaktadır. Bu nedenle baz istasyonlarının konumlarının belirlenmesi, anten yüksekliklerinin ve anten eğim açılarının tanımlanması iyi bir kapsama sağlanması açısından önem kazanmaktadır. Modellerdeki hesaplamalar için kullanılan hücre tipleri , hücre yarıçapları ve baz istasyonu anten konumlarına göre Tablo-1 de verilmektedir.

3. PROPAGASYON MODELLERİ

Okumura modeli:1968 yılında Japonya’da yapılan ölçümler sonucunda geliştirilen ampirik formüllere dayanan bir modeldir.100-3000MHz frekans aralığında propagasyon kayıplarının hesaplanması için kullanılan ilk ampirik model olup,kayıp hesabı

$$L = L_{FS} + A_m - ((H_B - H_M) + K_U + K) \quad (1)$$

ifadesiyle yapılmaktadır.

Hesaplamalar serbest uzay kaybı, serbest uzay kaybına göre şehir içi bölgelerde oluşan bağıl kayıp katsayısı,baz istasyonu ve hareketli abonenin anten yüksekliklerine ilişkin katsayılar , haberleşme ortamının şehir içi ve şehir dışı olmasını tanımlayan düzeltme faktörü ile ortamın coğrafik ve bitki yapısını belirleyen düzeltme faktörleri tanımlanarak yapılmaktadır.

Hata modeli:100-1500MHz frekans aralığında Okumura’nın formülünün geliştirilmesi ile elde edilmiş olup kayıp hesabı

$$L = 69,55 + 26,16 \cdot \log(f) - 13,82 \cdot \log(h_B) - H_M + (44,9 - 6,55 \cdot \log(h_B)) \cdot \log(d) - K_U(f) \quad (2)$$

ifadesiyle tanımlanmaktadır.

H_M hareketli abonenin anten yüksekliğine bağlı olarak tanımlanan düzeltme faktörü olarak tanımlanmış olup şehir büyüklüklerine göre ayrı ayrı tanımlanmaktadır.

Küçük ve orta büyüklükteki şehirler için

$$H_M(h_M, f) = (1,1 \cdot \log(f) - 0,7) \cdot h_M - (1,56 \cdot \log(f) - 0,8) \quad (3)$$

Büyük ölçekli şehirler için $f \leq 200\text{MHz}$

$$H_M(h_M, f) = 8,29(\log(1,54 \cdot h_M))^2 - 1,1 \quad (4)$$

$f > 400\text{MHz}$ için

$$H_M(h_M, f) = 3,2(\log(11,75 \cdot h_M))^2 - 4,97 \quad (5)$$

Şehir büyüklüğüne göre düzeltme faktörü
Banliyö alanlar için

$$K_U(f) = 2(\log(f/28))^2 + 5,4 \quad (6)$$

Açık alanlar için

$$K_U(f) = 4,78(\log(f/28))^2 - 18,33 \cdot \log(f) + 40,94 \quad (7)$$

COST-231 Hata modeli:Hata modelinde tanımlanan frekans aralığının 2000MHz frekans bandını kapsaması için yapılan düzeltme sonucu elde edilen modeldir.

Kayıp hesabı

$$L = 43,6 + 33,9 \cdot \log(f) - 13,82 \cdot \log(h_b) - H_M + 44,9 - 6,55 \cdot \log(h_b) \cdot \log(d) + C_m \quad (8)$$

ifadesiyle tanımlanmaktadır.

H_M yukarıda, hareketli abonenin anten yüksekliğine bağlı olarak tanımlanan düzeltme katsayısı olup

$C_M = 0$ orta büyüklükteki şehirler ve ağaçların çok sık olmadığı banliyö alanlar (9)

$C_M = 3$ metropoliten alanlar (10)

olarak verilmektedir.

Walfish Bertoni modeli:Binaların çatıları ve bina yükseklikleri dolayısı ile oluşan kırınım kayıp etkilerini dikkate alarak cadde ortamında ortalama sinyal seviyesini hesaplamak için kullanılan modeldir.Kayıp hesabı

$$S = L_0 + L_{rts} + L_{ms} \quad (11)$$

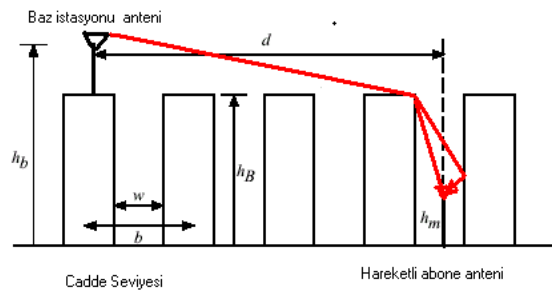
ifadesiyle tanımlanmakta olup

L_0 serbest uzay kaybını

L_{rts} bina çatılarından caddeye olan kırınım ve saçılma kaybı

L_{ms} binaların yanyana olması dolayısı ile oluşan kırınım kaybını tanımlamaktadır.

Walfisch Ikegami modeli



Kayıp hesabını :kırınım sabitleri , cadde genişlikleri, bina yüksekliği ve çatı yükseklikleri terimleri cinsinden 800-2000MHz frekans aralığında ve 0.02km-5km olan mesafelere kadar öngören modeldir.Hareketli abone antenine gelen alanı kırınım

alan ile kırınıp yansıyan alanların toplamı olarak hesaplanmaktadır. Walfisch İkegami modeli propagasyon kayıplarını alıcı ve verici antenin doğrudan görüş hattında olduğu (LOS) ve doğrudan görüş hattında olmadığı (NLOS) olarak iki farklı durum için vermektedir.

Serbest uzay kaybı

$$L_{fs} = 32.45 + 20 \log(d_{km}) + 20 \log(f_{MHz}) \quad (12)$$

$$L_{LOS} = L_{fs} + 6 \log(50d_{km}) \quad (13)$$

$$L_{LOS} = L_{fs} + 6 \log(d_m / 20)$$

$$L_{NLOS} = L_{fs} + L_{rts} + L_{mds}; \quad L_{rts} + L_{mds} \geq 0$$

$$L_{NLOS} = L_{fs} \quad L_{rts} + L_{mds} < 0$$

L_{rts} çatıdan caddeye olan kırınım ve saçılma kayıplarını

L_{msd} çoklu yansıma sonucu oluşan kırınım kayıplarını tanımlamaktadır.

Yol kayıp modelleri, alınan sinyal kalitesini belirleyen alan şiddeti terimleri cinsinden mesafe ve frekansın fonksiyonu olarak aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır. Alıcı gücünün isotropik anten ve alan şiddeti cinsinden ifadesi

$$P_r = \left(\frac{\lambda}{4\pi}\right)^2 \frac{E^2}{30}$$

olarak elde edilmiştir.

Alicıda alınan güc

$$P_r = P_t - PL$$

verici gücünün ve yol kaybının fonksiyonudur.

Verici gücü ve anten kazanç değerleri olarak ($P_t = 13W$, $G_t = 15.5dB$) pratikte

operatörlerin mikro hücrelerde sıkça kullandıkları değerler alınarak hesaplamalar yapılmıştır.

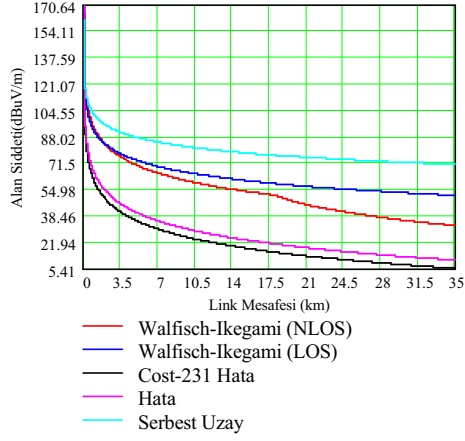
4.SONUÇLAR

1900 MHz fekansında ,baz istasyonu anten yüksekliği 30m,hareketli kullanıcı anten yüksekliği 1.7m şehirleşme yapısına uygun olarak ortalama bina yüksekliği 18m, cadde genişliği 15m, verici gücü 13watt, verici anten kazancı 15.5d Bi alınarak yapılan modellemeler sonucunda alan şiddeti ve yol kaybının mesafeye bağlı ,yol kayıplarının frekansa bağlı değişimleri hesaplanarak eğrilerle verilmiştir. Bunlara ek olarak oryantasyon kaybının sinyalin geliş açısına bağlı olarak değişimi de incelenmiştir. Şekil-1 de Walfisch-İkegami(NLOS), Walfisch İkegami (LOS),Hata,Cost-231 Hata ,Serbest Uzay kayıp modellerinin mesafeye bağlı olarak alan şiddeti değerleri şehir içi hücrelerde hesaplanarak karşılaştırılmıştır. 7km'nin altındaki mesafeler için Hata ve Cost 231 Hata modellerinin alan şiddet eğrileri uyum içinde olup +2dBµV/m lik farkla Hata modeli Cost 231 Hata modeline göre daha büyük alan

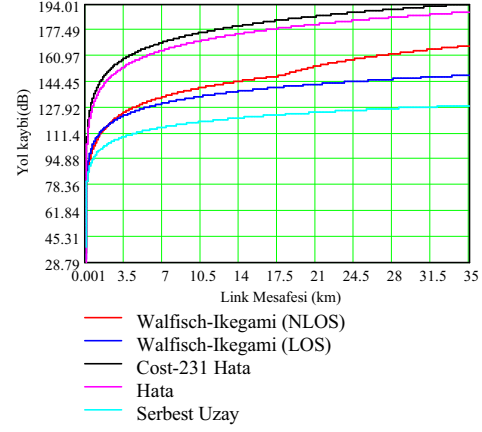
şiddeti değerleri hesaplanmaktadır. Daha büyük mesafelerde fark artarak 6 dBµV/m değerine ulaşmaktadır. Bütün modeller için hesaplanan alan şiddeti değerleri serbest uzay kaybı kullanılarak hesaplanan değerlere göre daha küçük hesaplanmaktadır. Modellerin alan şiddeti değerleri arasında oluşan farkın temel sebebi, her modelin mesafeye göre yol kayıplarının farklı değişimler göstermesidir. Sözkonusu yol kayıpları bütün modeller için, şehir içi hücrelerde mesafeye bağlı olarak hesaplanmış ve Şekil 2'de gösterilmiştir. Mesafe ile yol kayıp değerlerinin artışı alan şiddetinin azalmasına neden olmaktadır.. Walfisch-İkegami(LOS) modelinde, alıcı ve verici antenler aralarında engel olmadan birbirlerini gördüklerinden modelin yol kayıp değerleri diğer modellere göre daha küçüktür ve 10km'den sonra kayıp serbest uzay kaybının yaklaşık 14 dB üstünde elde edilmektedir. Modellerin karşılaştırılabilmesi açısından diğer önemli bir parametrede haberleşme frekansdır. İncelenen modellerdeki yol kayıplarının frekansa bağlı değişimi şekil 3'te verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi Walfisch-İkegami(NLOS) ve Cost-231 Hata modelleri diğer modellere göre frekansa daha duyarlı olup frekansla yol kayıp değerleri artmaktadır. Frekansa daha duyarlı olan bu modellerin yüksek frekans değerlerinde kullanılması daha uygundur. Alan şiddeti ve yol kaybının mesafe ile değişimlerinde ,incelenen bütün modeller küçük mesafelerde yakın değerler alırken, büyük mesafelerde Walfisch-İkegami modelindeki yol kaybının değişimi Hata ve Cost-231 Hata modellerine göre daha küçüktür yani mesafeye daha az duyarlıdır. Mesafeye daha duyarlı olan Hata ve Cost-231 Hata modellerinin büyük mesafelerde kullanılması daha uygundur. Şekil 4'te görülen oryantasyon kaybında geliş açısı hareketli kullanıcı anteni ile verici anten arasındaki mesafe arttıkça azamaktadır. Sonuç olarak Cost231 Hata modelinin yüksek frekanslarda ve büyük yarıçaplı hücre tiplerinde, Walfisch İkegami modellerinin yüksek frekanslarda küçük yarıçaplı hücre tiplerinde ,Hata modelinin de düşük frekanslarda kullanılarak hesap yapılması tercih edilmelidir.

5.KAYNAKLAR

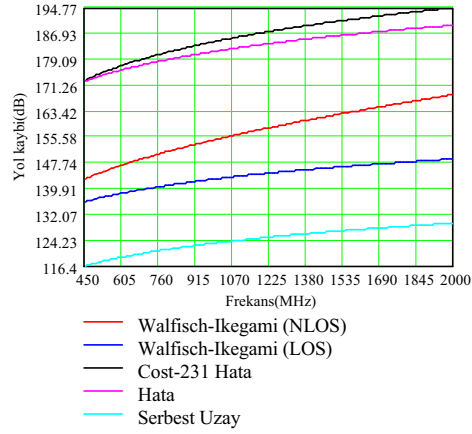
- [1] Lee Jhong Sam, Miller Leonard E., "CDMA Systems Engineering Handbook," Artech House, 1998.
- [2] ETSI Technical Report "Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Radio network planning aspects (GSM 03.30 version 8.3.0 Release 1999)," ETSI TR 101 362 v8.3.0 (2000-04).
- [3] COST 231 "Urban transmission loss models for mobile radio in the 900- and 1800 MHz bands (Revision 2)," COST231 TD(90) 119 Rev. 2.
- [4] CCIR Report 567-3: "Methods and statistics for estimating field strength values in the land mobile service using the frequency range 30 MHz to 1 GHz."



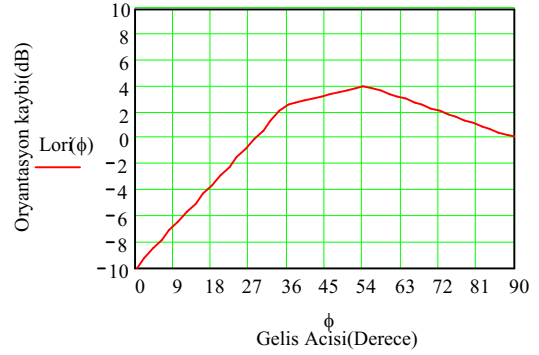
Sekil-1 Alan Sıddetlerinin deęisimi



Sekil-2 Yol kaybının değisimi



Sekil-3 Yol kaybının değisimi



Sekil-4 Oryantasyon kaybı

Hücre tipi	Hücre yarıçapı	Baz istasyonu anten konumu
MakroHücre (Büyük Hücre)	3km-30km	Bina dışında bina çatısı üzerine monte edili ve çevrede bulunan diğer bina yükseklikleri baz istasyonu anten yüksekliğinden daha küçük.
MakroHücre (Küçük Hücre)	1km-3km	Bina dışında bina çatısı üzerine monte edili ve çevrede bulunan diğer bina yükseklikleri baz istasyonu anten yüksekliğinden daha büyük..
Mikro Hücre	0,1km-1km	Bina dışında bina çatısının altında bir seviyede monte edili.
Piko Hücre	10m-100m	Bina dışında veya bina içinde tavana veya çatıdan daha düşük bir yüksekliğe monte edili.

Tablo-1. Hücre tipleri ve büyüklükleri