

Bina İçi Yayılımda Engellerin Zayıflama Karakteristiklerinin Işın İzleme Yöntemi Kullanılarak Modellenmesi

Kadir Uzun, Ertan Öztürk
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Zonguldak Karaelmas Üniversitesi
67100, Zonguldak

kadir.uzun@turktelekom.com.tr, eozturk@karaelmas.edu.tr

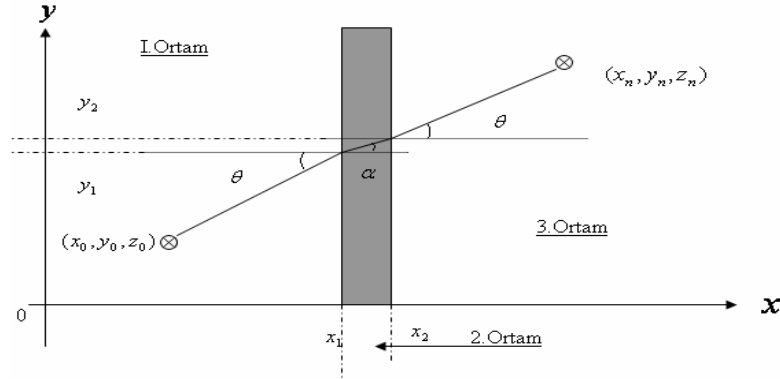
Özet: Bu çalışmada bina içi ortamlarda elektromanyetik dalgaların yayılımında engellerin oluşturdukları zayıflamalar incelenmiştir. Literatürdeki çalışmalardan farklı olarak bina içi ortamlardaki yayılıma etki eden kırılma açısı dikkate alınarak, daha kesin sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca engeldeki yüzey pürüzleri de hesaba katılarak, saçılma katsayısı tanımlanmıştır. Oluşturulan simülasyon programıyla dört farklı inşaat malzemesi için zayıflama grafikleri üç boyutlu bir ışın izleme yöntemiyle ortaya çıkarılmıştır.

1. Giriş

Kablosuz iletişim sistemlerinin bina içi kullanımlarında, elektromanyetik dalgaların bina içi engellerde maruz kaldıkları zayıflamaların incelenmesi, sistemlerin en yüksek kapsama alanını sağlayacak şekilde kurulması için oldukça önemlidir. Literatürde, bina içi engellerin elektromanyetik dalgalara etkileri konusunda yapılan çalışmaların çoğunda verici ile alıcı arasındaki mesafe dikkate alınırken, engel nedeniyle oluşan kırılma açısı dikkate alınmamaktadır [1]. Bu çalışmada kırılma açısı ve engeldeki yüzey pürüzleri de dikkate alınarak, binalarda kullanılan farklı malzemelerden yapılmış engellerin oluşturdukları zayıflamalar grafiksel olarak elde edilmiştir. Literatürdeki çalışmalarda, yansıma ve iletim katsayıları, doğrudan elektriksel alan ile ilişkili olduğundan, çoğunlukla vektörel potansiyeller kullanılmaktadır. Bu çalışmada ise yukarıda bahsedilen yayılma mekanizmaların oluşturdukları etkiler güç kaybı değerleri olarak üç boyutlu olarak hesaplanmıştır.

2. Engel Üzerinde Yansıma, Kırılma ve Saçılmanın İncelenmesi

Şekil 1'de (x_0, y_0, z_0) konumundaki kaynağın, engelin arkasındaki herhangi bir alıcı noktası olan (x_n, y_n, z_n) noktasına gönderdiği ışının izlediği yol görülmektedir.



Şekil 1 Kaynak ve alıcı noktaları arasında ışının izlediği iki boyutlu yol

Verici ve alıcı noktalarının koordinatlarının bilindiği kabul edilmiştir. Bu durumda (x_0, y_0, z_0) verici noktası ile (x_n, y_n, z_n) alıcı noktasının koordinatları bilinmesi durumunda, ışının incelemekte olduğumuz engele giriş noktası olan (x_1, y_1, z_1) koordinatlarını ve engelden çıkış noktası olan (x_2, y_2, z_2) koordinatlarını hesaplamak gerekir. Bu noktaların x koordinatları engelin yerleştirildiği koordinatlar nedeniyle bilinmektedir. Burada y ve z koordinatlarının bulunması için önce 2 boyutlu düzlem düşünülerek hesaplamalar x - y koordinat düzleminde yapılmıştır. Sonra aynı hesaplar x - z düzlemi içinde ayrıca yapılmıştır. Bu noktaların y koordinatlarını hesaplamak için, Snell kanunu ve ışının izlediği yolun geometrik ifadeleri kullanılır. (x_0, y_0, z_0) kaynağından gelip, engele giren ışın için Snell Kanunu (1) eşitliğiyle verilir [2].

$$\frac{\sin \theta}{\sin \alpha} = \frac{\sqrt{\varepsilon_2 \mu_2}}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} = \sqrt{\varepsilon_r} \quad (1)$$

Bu ifadede ε_0 ve μ_0 birinci ortamın (hava) elektriksel ve manyetik geçirgenlik katsayıları, ε_2 ve μ_2 ikinci ortamın (engel) elektriksel ve manyetik geçirgenlik katsayılarıdır. ε_r ikinci ortamın bağıl elektriksel geçirgenlik katsayısıdır. Şekil 1’de kaynak ve alıcı noktaları için; $\sin(\theta)$ ve $\sin(\alpha)$ ifadeleri (x_1, y_1, z_1) ve (x_2, y_2, z_2) ve (x_n, y_n, z_n) konumları cinsinden yazılabilir. Eşitlik (1)’in sağ yanındaki ε_r bağıl elektriksel geçirgenlik katsayısı farklı inşaat malzemeleri için [1]’de verilmiştir. Bu değerler ve konum koordinatları cinsinden yazılan $\sin(\theta)$ ve $\sin(\alpha)$ ifadeleri kullanılarak bilinmeyen koordinat noktaları bulunur. Aynı işlemler x-z düzleminde yapılarak çıkan sonuçlar üç boyutlu olarak birleştirilir. (x_1, y_1, z_1) ve (x_2, y_2, z_2) konumlarının bulunmasından sonra, ışının izlediği yörüngeye bağlı olarak, kat ettiği bir mesafe s hesaplanabilir [3]. Kırılmaya uğrayan ve bu mesafenin uzunluğuna bağlı bir yol kaybı vardır. Boşluk için yayılım modellerinde mesafeye bağımlı zayıflama (2) bağıntısı ile verilir [3].

$$S(dB) = 20 \log \frac{3}{40 \pi s f} \quad (2)$$

Zayıflama değeri bulunurken, yol kaybı haricinde engele gelen ara yüzde meydana gelen, yansıma ve iletimden kaynaklanan bir zayıflama değeri mevcuttur. Yansımadan dolayı meydana gelen zayıflama miktarı, birinci ortamdan ikinci ortama geçiş ara yüzü ve ikinci ortamdan üçüncü ortama geçiş ara yüzü için iki defa hesaplanır. Boşluk ve yalıtkan engel için yansıma, aşağıda verilen dik polarizasyon için Fresnel yansıma katsayısı elde edilir[3].

$$R_{\perp} = \frac{\cos(\theta) - \sqrt{\varepsilon_r} \cos(\alpha)}{\cos(\theta) + \sqrt{\varepsilon_r} \cos(\alpha)} \quad (3)$$

Yansıma sırada yüzeyde bulunan, bazı yüzey pürüzleri yansımadan farklı yayılım etkilerine (saçılma) neden olurlar. Yüzey pürüzleri, çoğunlukla yüzey çıkıntısının kritik yükseklik değeri (h_c) ve geliş açısı (θ_i) ile tanımlanan aşağıdaki Rayleigh Kriteri ile verilmiştir [2].

$$h_c = \frac{\lambda}{8 \sin \theta_i} \quad (4)$$

Yüzeydeki pürüzlerin yüksekliği h , h_c ‘den daha büyük olduğu durumda hesaba katılmaktadır. Saçılmanın kaba yüzeylerdeki hesabı için, düz yüzey yansıma katsayısı ve bir saçılma kayıp faktörüne (δ_s) ihtiyaç duyulur. Yüzey yüksekliği h_c , Gaussian rasgele değişkeni olduğu varsayılmıştır ve aşağıdaki ifade ile verilir [2].

$$\delta_s = \exp[-8(\frac{\pi \sigma_h \sin \theta_i}{\lambda})^2] I_0 [8(\frac{\pi \sigma_h \sin \theta_i}{\lambda})^2] \quad (5)$$

Burada σ_h , standart sapma ve I_0 , birinci tür ve sıfırıncı derece Bessel Fonksiyonu olarak verilir. $h > h_c$ için yansıyan elektrik alan, pürüzlü yüzeyler için yeni yansıma katsayısı kullanılarak modifiye edilir.

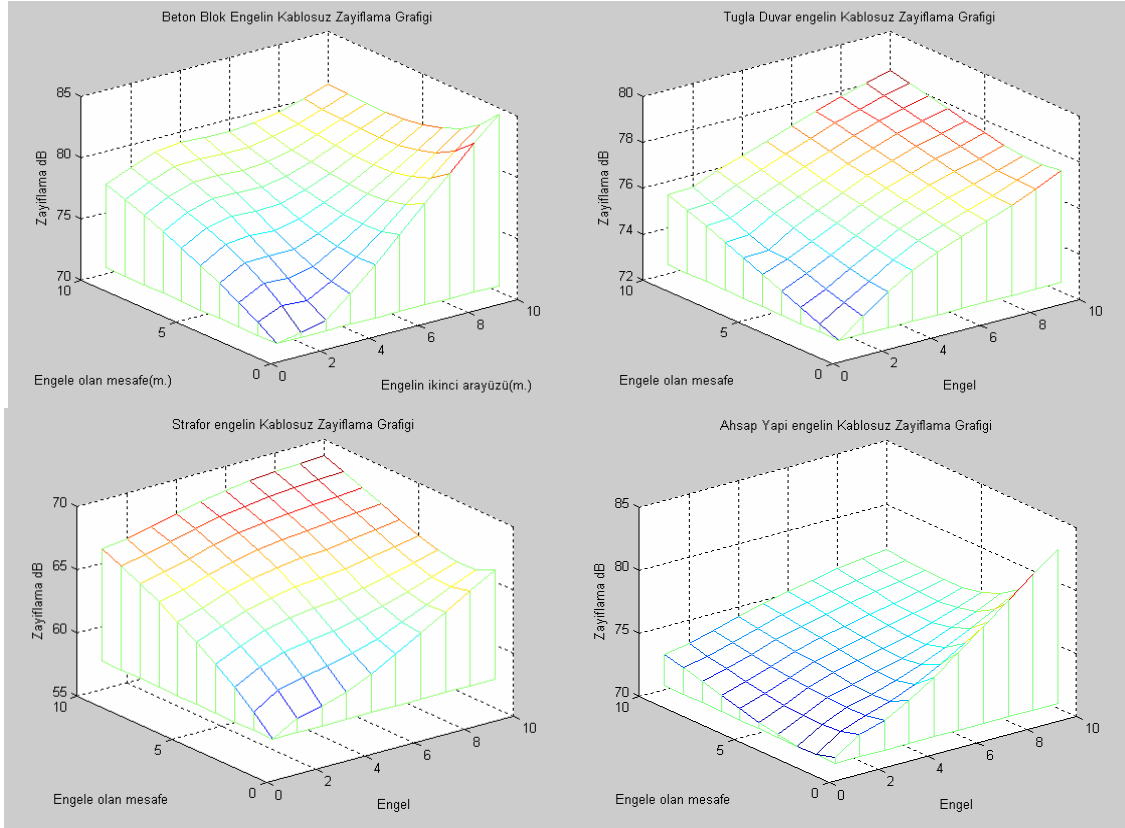
$$\Gamma_{rough} = \delta_s \Gamma \quad (6)$$

Böylece alınan mesafe, yansıma ve yüzey pürüzleri nedeniyle oluşan toplam güç kaybı (7) denklemiyle ifade edilir.

$$L(dB) = S(dB) + R_{\perp}(dB) + \Gamma_{rough}(dB) \quad (7)$$

3. Nümerik Sonuçlar ve Tartışma

Bir önceki bölümde teorisi anlatılan mekanizmanın MATLAB kullanılarak simülasyon programı yazılmıştır. Programda, engelin arkasındaki tek bir noktada bulunan alıcı için yapılan hesaplamalar, engelin arkasındaki belli bir yükseklikteki (z koordinatı) x ve y koordinatlarının 1 metre aralıklarla artırılarak, bir döngü kurulmuş ve engelin arkasındaki yüz ayrı noktadaki zayıflama değerlerine ulaşılmıştır. Programda vericinin koordinatları, engelin arkasındaki alıcının yüksekliği, sistemin frekansı, engelin başlangıç noktası ve kalınlık değeri, seçilen malzemenin cinsi ve engel olarak seçilen malzemenin ortalama yüzey pürüzlerinin yükseklikleri veri girişlerini oluşturmaktadır. Elde edilen yüz adet zayıflama değeri grafiksel ara yüzle ifade edilmiş ve görsellik kazanılmaya çalışılmıştır. Şekil 2’de WLAN sistemleri frekansında (2.4 GHZ), engelin koordinatları 5 m, alıcı yüksekliği 1m. ve verici yüksekliği 2 m. olan koşullar altında 4 farklı malzeme için kablosuz zayıflama grafikleri görülmektedir.



Şekil 2 Dört farklı malzeme için güç zayıflama grafikleri.

Zayıflama grafiklerinde görülen sonuçlar incelendiğinde, kullanılan bağıl elektriksel geçirgenlik katsayısı değeri arttıkça, zayıflama değerlerinin de arttığı görülmektedir. Engel genişliğinin daha fazla olmasına rağmen, beton blok malzemenin, tuğla malzemeye göre zayıflama değerlerinin daha az olduğu, bu durumda elektriksel geçirgenlik katsayısı değerinden kaynaklandığı ve saçılmanın alıcı ile verici aynı izdüşümde olduğunda etkili olduğu anlaşılmaktadır. Diğer malzeme türleri için, farklı koşullarda ve frekanslar da simülasyon sonuçları [3]’de verilmiştir.

Kaynaklar

- [1] Safaai-Jazi A., Riad S.M., Muqaiabel A., Bayram A., "Ultra-wideband Propagation Measurements and Channel Modeling," <http://www.darpa.mil/ato7programs/netex/models.pdf>, 2002.
- [2] Rappaport T. S., Wireless Communications. 2. basım, Prentice Hall, New Jersey, A.B.D., 2002.
- [3] Uzun K., Kablosuz İletişim Sistemleri Bina İçi Yayılımda Engellerin Etkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak, 2006.