

Bluetooth ve WLAN Arasındaki Girişimin Yayılım Özellikleri Bakımından İncelenmesi

Ali Kara ve Erdem Yazgan*

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü
Atılım Üniversitesi, İncek, Ankara
akara@atilim.edu.tr

*Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü
Hacettepe Üniversitesi, Beytepe, Ankara
yazgan@hacettepe.edu.tr

Özet: Çok katlı bir bina için Bluetooth ve IEEE 802.11b WLAN arasındaki girişim yayılım özellikleri bakımından incelenmektedir. Erişim noktasından yeterince uzaktaki bir WLAN kullanıcıya etraftaki Bluetooth kullanıcılarından gelebilecek girişim (interference), yayılım kaybı ve sönmürlenme dağılımının fonksiyonu olarak hesaplanmaktadır. Yayılım kaybı, sönmürlenme standart sapması gibi parametrelerin, girişim oluşturabilecek Bluetooth pikonet sayısının hesaplanmasında önemli olduğu gösterilmektedir.

1. Giriş

Bluetooth(BT), kısa mesafe kablosuz haberleşme sağlamayı amaçlayan, 2.4GHz bandında çalışan bir çeşit kişisel ağdır. Aynı bantı kullanan IEEE 802.11b (WLAN-Wireless Local Area Network) sistemi, bilgisayarlar arası veri haberleşmesini sağlamaya yönelik, Bluetooth'a göre nispeten yüksek güçlerde ve daha uzak mesafelerde çalışabilen kablosuz haberleşme sistemidir. Her iki sistem benzer haberleşme teknikleri kullandığından aynı yerlerde çalışması durumunda birbirlerini etkilemeleri söz konusudur. Bu amaçla yapılan bir takım analizler vardır [1-6]. Buna göre BT'nin, belirli yayılım şartları ve ortamlarında IEEE 802.11b WLAN'ı etkilemesi paket hataları ile WLAN'ın performansının düşmesine sebep olmaktadır.

Bu çalışmada, BT ve WLAN arasındaki girişim olayı yayılım ortamı ve özellikleri bakımından incelenmektedir. Bu amaçla, BT pikonetleri arasındaki bir WLAN kullanıcısının BT kullanıcıları sebebiyle maruz kalacağı girişim hesaplanacaktır. Söz konusu sistemlerin kullanım alanları büyük ölçüde iş merkezleri gibi büyük ve çok katlı binalar olduğu düşünüldüğünde, yayılım ortamı bir bina için katlar arası veya aynı kattaki odalar arası ortam olarak göz önüne alınabilir. Bu durumda, girişim oluşturacak BT pikonetler farklı katlarda ve farklı odalarda bulunabilecektir. Tek düzlemde(buradaki model için tek kat) yapılan çalışmalarda [2-3], BT kullanıcı sayısı kaplama alanı içinde bir yüzey üzerinde hesaplanmaktadır. Söz konusu modele göre, erişim noktasından yeterince uzaktaki bir WLAN kullanıcısı civarında bir çok BT pikonetleri vardır. Bu pikonetlerdeki her bir verici, aynı frekans bandında çalıştığından WLAN kullanıcısında girişime(interference) sebep olabilir. Ele alınan senaryo 2 boyutlu olarak şekil 1'de gösterilmektedir. Böyle bir senaryo için çok katlı bir bina göz önüne alınarak, uzaklık parametrelerinin fonksiyonu olarak girişim oluşturabilecek olası pikonet sayısı tespit edilecektir.

2. Girişim Modeli

Çok katlı bir binada girişime sebep olabilecek pikonetler aynı katlarda olabileceği gibi alt ve üst katlarda olacağından, [2-3] referanslarında verilerden farklı olarak hacimsel bir bölgede pikonet sayısının hesaplanması gerekir. Arzu edilen girişim(BT)-sinyal(WLAN) oranı eşik değeri için (γ_{es}) etkin bölgede bulunan pikonet sayısı N_p , pikonet yoğunluğu ise ρ_p (pikonet/m³) olsun. Bu durumda, girişim oluşturabilecek pikonet sayısı,

$$N_p(\gamma_{es}) = V_{et}(\gamma_{es}, R, D) \cdot \rho_p \quad (1)$$

olarak bulunur. Burada $V_{et}(\gamma_{es}, R, D)$ girişim oluşturulabilecek etkin hacmi göstermektedir.

İzotropik antenlerin kullanıldığı varsayılırsa, WLAN erişim noktasından, WLAN kullanıcısındaki sinyal gücü, log-normal gölgeleme modeli ile aşağıdaki şekilde yazılabilir.

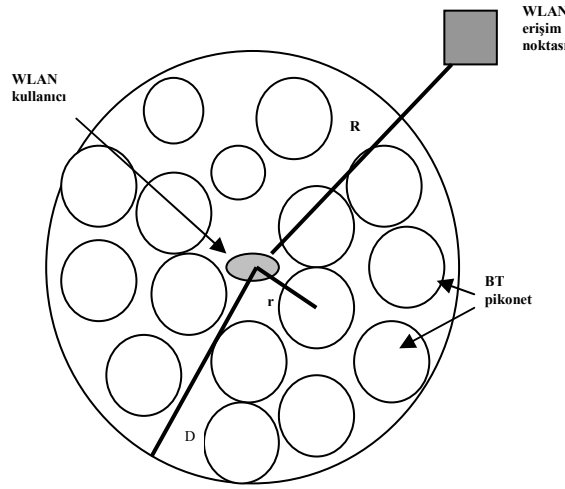
$$P_S(R) = P_{WLAN} - PL_{WLAN}(R) - F_S \quad (2)$$

Burada, P_{WLAN} WLAN erişim noktası gücünü, $PL_{WLAN}(R)$ yol kaybını, F_S gölgelemeyi temsil eder ve standart sapması σ_S , ortalaması m_S olan log-normal rasgele değişkendir. BT kullanıcısı sebebiyle, WLAN kullanıcısında ölçülecek girişim gücü benzer şekilde aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$P_I(r) = P_{BT} - PL_{BT}(r) - F_I \quad (3)$$

Burada yine, P_{BT} BT kullanıcı gücünü, $PL_{BT}(r)$ yol kaybını, F_I gölgelemeyi temsil eder ve standart sapması σ_I , ortalaması m_I olan log-normal rasgele değişkendir. Denklem (2) ve denklem (3)'deki yayılım yol kaybı için, aşağıdaki yayılım kaybı modeli kullanılabilir [4].

$$PL(r) = PL_0(r) + 10n \log(r) \quad (4)$$



Şekil 1. İki boyutlu olarak WLAN-BT girişim senaryosu

Burada PL_0 serbest uzay yol kaybının birim uzaklıktaki değeri, n ise ortamı karakterize eden ve değeri 2-6 arasında değişebilen bir katsayıdır. Etkin girişim bölgesi, WLAN kullanıcısı etrafında küresel bir yapıya benzeyen düzgün olmayan bir bölge olarak düşünülebilir. Bu durumda, girişim oluşturabilecek pikonetlerin bulunduğu etkin bölge hacmi aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$V_{et}(\gamma_{es}, R, D) = \int_{\phi=0}^{\phi=2\pi} \int_{\theta=0}^{\theta=\pi} \int_0^D \Pr\left(\frac{P_I(r)}{P_S(R)} > \gamma_{es}\right) \cdot r^2 \cdot \sin \theta \cdot dr \cdot d\theta \cdot d\phi \quad (5)$$

Burada V_{et} hacimsel bölgeyi, $\Pr\left(\frac{P_I(r)}{P_S(R)} > \gamma_{es}\right)$ ise r mesafedeki girişim gücünün (BT kullanıcısından), R mesafedeki vericiden gelen sinyal gücünden (WLAN erişim noktasından WLAN kullanıcıya doğru) γ_{es} kadar fazla olması olasılığıdır. Buradaki parametreler dB olarak verilmektedir. Buradan $P_{I/S}(r, R)$ log-normal rasgele değişkeni aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$P_{I/S}(r, R) = P_I(r) - P_S(R) = P_{BT} - P_{WLAN} - 10n \log(r/R) - F_{I/S} \quad (6)$$

Burada $F_{I/S}$, standart sapması $\sigma_{I/S} = \sqrt{\sigma_I^2 + \sigma_S^2}$, ortalaması $m_{I/S} = m_I - m_S$ olan log-normal rasgele değişkendir. Bu durumda, $P_{I/S}(r, R)$ 'nin standart sapması $\sigma_{I/S}$ ve ortalaması da

$$\bar{P}_{I/S}(r, R) = P_{BT} - P_{WLAN} - 10n \log(r/R) - m_{I/S} \quad (7)$$

şeklinde verilebilir. Denklem (5)'da integral içindeki ifade, Jake tarafından [5] hüresel sistemler için kapsama alanı hesabındaki benzer şekilde aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\Pr(P_{I/S}(r, R) > \gamma_{I/S}) = \int_{\gamma_{I/S}}^{\infty} P_{I/S}(r, R) \cdot dr = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \operatorname{erf} \left(\frac{\gamma_{I/S} - \bar{P}_{I/S}(r, R)}{\sigma_{I/S} \sqrt{2}} \right) \quad (8)$$

Burada $\operatorname{erf}(x)$ hata fonksiyonudur ve referans [4]'de tanımlanmaktadır. Bu durumda (5) denklemi,

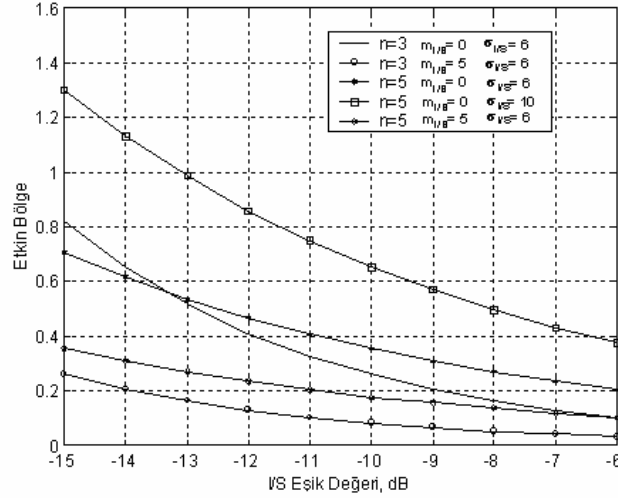
$$V_{et}(\gamma_{es}, R, D) = 2\pi \int_0^D \left[1 - \operatorname{erf} \left(\frac{\gamma_{es} - \bar{P}_{I/S}(r, R)}{\sigma_{I/S} \sqrt{2}} \right) \right] \cdot r^2 \cdot dr \quad (9)$$

şeklinde yazılabilir.

3. Sonuçlar

Denklem (9) ile verilen integral nümerik olarak çözülerek, etkin girişim bölgesi hesaplanabilir. WLAN erişim noktasından daha uzaktaki pikonetlerden de girişim gücü gelebileceğinden, bunlarında etkisini görebilmek için D yeterince büyük seçilmelidir. Burada $R = 5D$ olarak alınmıştır. Etkin girişim bölgesinin hesaplanmasındaki kullanılacak diğer parametrelerin değer aralıkları ilgili referanslara [1-3] ve yapılan deneysel çalışmalara [6-7] dayanarak seçilebilir.

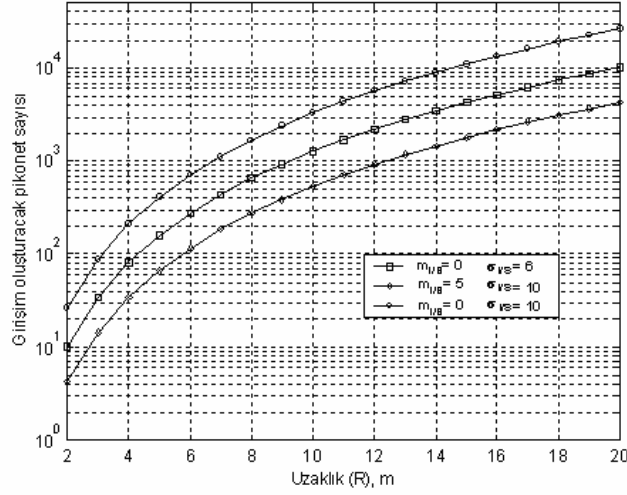
Şekil 3'da etkin girişim bölgesinin girişim/sinyal oranının $R = 20m$ için (aynı yarıçaptaki bir küreye normalize edilmiş olarak) eşik değeri ile değişimi gösterilmektedir. Parametreler içinde, etkin bölgenin ve dolayısıyla BT pikonet sayısı için I/S oranı eşik değerine göre en bağımlı olduğu parametre standart sapma ($\sigma_{I/S}$) olarak görülmektedir.



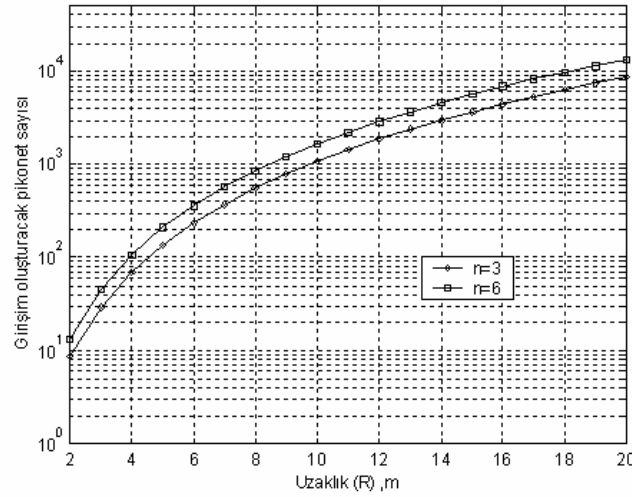
Şekil 3. Etkin bölge hacminin farklı yayılım parametrelerine bağlı olarak I/S eşik değeri ile değişimi

Sönümlenme ortalaması ($m_{I/S}$) ve n katsayısına daha az bağımlılık göstermektedir. Yapılan analizlerde [1-2], tipik bir WLAN verici gücü ile BT verici gücü arasındaki farkın uygulama olarak $20dB$ olduğu kabul edilmektedir ($P_{WLAN} - P_{BT} = 20dB$).

Şekil 4'de ise farklı standart sapma ve ortalama değerleri için girişim oluşturabilecek BT pikonet sayısının WLAN kullanıcısı ile WLAN erişim noktası arasındaki uzaklığa (R) bağlı değişimi gösterilmektedir. Girişim oluşturacak pikonet sayısı değişiminin incelenmesinde, pikonet yoğunluğunun $\rho_p = 1$ pikonet/ m^3 olduğu varsayılmıştır. Sistemlerin tek düzlemde (aynı kat) ele alınması durumunda, girişim oluşturacak pikonet sayısı daha düşük olacaktır [3]. Şekil 4'den de görüleceği gibi, etkin bölge ve dolayısıyla girişim oluşturacak pikonet sayısı, ortamdaki sönümlenmenin standart sapması ve ortalaması ile büyük ölçüde değişmektedir. Şekil 5'de, farklı n değerleri için girişim oluşturacak pikonet sayısının WLAN erişim noktası uzaklığı ile değişimi gösterilmektedir. Görüldüğü gibi, n 'in artması ile pikonet sayısı düşmektedir.



Şekil 4. Etkin girişim bölgesinin farklı bayılma değerleri için uzaklıkla değişimi ($n = 4$).



Şekil 5. Etkin girişim bölgesinin farklı n değerleri uzaklıkla değişimi ($m_{I/S} = 0$, $\sigma_{I/S} = 6$ dB).

Sonuç olarak, çok katlı bir binada beraber Bluetooth ve WLAN sistemleri arasında ortaya çıkabilecek girişim, yayılım ortamı ve kurulu sistemlerin kullanıcı sayılarına bağlıdır. Buradaki analiz, çok hassas ve kesin olmamakla birlikte, söz konusu sistemlerin kurulması ve işletilmesi aşamasında önemli parametrelerin zayıflamayı gösteren n , kullanıcı sayısı ve yoğunluğu ile gölgelemeye ilişkin bayılmaların standart sapması $\sigma_{I/S}$ ve ortalamaları $m_{I/S}$ olduğunu göstermektedir.

Kaynaklar

- [1] Zyren, J., "Extension of Bluetooth and 802.11 Direct Sequence interference Model", IEEE 802.11 document, 1998.
- [2] Zyren, J., "Reliability of IEEE 802.11 Hi Rate DSSS WLANs in a High Density Bluetooth Environment", Bluetooth Conf, 1999..
- [3] Howitt, I., "WLAN and WPAN Coexistence in UL Band", IEEE Trans. On Vehicular Technology, vol.50, 4, 1114-1124, 2001.
- [4] Rappaport, T.S., Wireless Communications: Principles and Practice, Prentice Hall, New Jersey, 1996.
- [5] Jakes, W.C., Microwave Mobile Communications, Wiley-Interscience Pub., 1974(IEEE Press, 2000).
- [6] Bertoni, H.L., Voltz, P., Kara, A., "Interference Evaluation between Bluetooth and 802.11 LAN Systems", Project Report, Symbol Technologies, NY, USA, 2000.
- [7] Kara, A., Bertoni, H.L. ve Yazgan, E., Bina içi Kısa Mesafe Kablosuz Haberleşme Sistemlerinde Gölgeleme ve Polarizasyon Ölçümleri, 1. İletişim Teknolojileri Ulusal Semp. (ITUS), 156-161, 2001.