

Baz İstasyon Sayısını Azaltmaya Yönelik Bir Çalışma

A Study to Reduce the Number of Base Station

Mehmet Barış Tabakcıoğlu¹, Ahmet Zorlu²

¹Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Bursa Teknik Üniversitesi, Bursa, Türkiye
mehmet.tabakcioglu@btu.edu.tr

²Türk Telekom Bölge Müdürlüğü, Bursa, Türkiye
ahmet.zorlu@turktelekom.com.tr

Özetçe—Günümüzde insan sağlığı için en çok tartışılan konulardan birisi baz istasyonlarının zararlı olup olmadığıdır. Baz istasyonu sayısı az olması durumunda tüm kullanıcılara ulaşmak için daha güçlü elektromanyetik alan gönderilir. Aynı zamanda mobil telefonlar da bu baz istasyonları ile haberleşirken daha güçlü sinyal gönderir. Her iki durum da insan sağlığını etkilemektedir. Daha az sayıda ve daha az güçlü baz istasyonu için baz istasyonlarının lokasyonlarının optimizasyonu gerekmektedir. Bunu sağlamak için 3D ışın izleme tekniği algoritması geliştirilip, elektromanyetik alan yayılımında kullanılması gerekmektedir. Bu çalışmada 2D ışın izleme tekniği geliştirilmiş ve Dışbükey zarf tekniğine dayalı eğim kırınımı (EKDZ) modelinde kullanılmıştır. Ayrıca 3D ışın izleme tekniği çalışmalarına da başlanmıştır.

Anahtar Kelimeler — ışın izleme; EKDZ modeli; kırınım, optimizasyon.

Abstract—Today one of the most discussed issues is whether base stations are harmful to human health or not. As base station number is less, in order to reach all subscriber more powerful electromagnetic field is sent. At the same time, mobile phones emanates more powerful signal to communicate these base stations. Both of two cases affect the human health. Optimization of location of base station is required to use less number of base stations and less powerful base station. To accomplish this problem, 3D ray tracing algorithm has to be developed and used in electromagnetic wave propagation problems. In this study, 2D ray tracing technique is developed and it is used in slope UTD with convex hull model. Besides 3D ray tracing studies is started.

Keywords — ray tracing; S-UTD-CH model, diffraction; optimization.

I. GİRİŞ

Son zamanlarda baz istasyonları insan sağlığını en çok tehlikeye atan unsurlardan birisi olarak

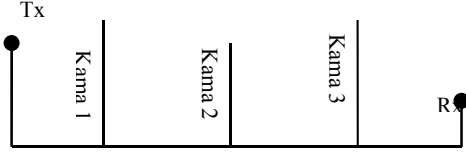
düşünülmektedir. İnsanlar yakınlarında baz istasyonu olmasını istememektedir. Bunun için de baz istasyonlarının kaldırılması için çeşitli mercilere şikayet etmektedirler. Baz istasyonu sayısı fazla olması durumunda; gereğinden fazla elektromanyetik kirlilik oluşturmaktadır. Bunun aksine az olması durumunda; daha güçlü elektromanyetik alan yayılmakta veya cep telefonları az sayıda baz istasyonu ile haberleşmek için daha fazla elektromanyetik alan yaymaktadır. Bu problemi çözmek için baz istasyonu gücünün, sayısının ve lokasyonunun optimizasyonu gerekmektedir. Baz istasyonundan çıkan ve alıcıda sonlanan her bir ışın takip edilmelidir. Bu ışınlar ortamdaki tepe, bina ve ağaç gibi engellerden kırılarak, kırılarak veya yansıyarak ya da direkt olarak alıcıya ulaşabilir [1-2]. Tüm ışınların elektrik alan şiddeti veya bağıl yol kaybı hesaplanarak alıcı üzerindeki toplam elektrik alan şiddeti veya bağıl yol kaybı hesaplanabilir [3-6]. Şehir merkezinde tüm noktalar potansiyel baz istasyonu olarak seçilir ve yaydığı elektromanyetik alan şehrin her yerinde ölçülür. Sonuç olarak tüm kullanıcılara ulaşılan nokta baz istasyonu lokasyonu olarak tespit edilir. Bu ölçümler sonucunda ihtiyaç duyulan gerçek baz istasyon sayısı ortaya çıkacak ve optimizasyon yapılmadan kurulan fazla baz istasyonlarına gerek kalmayacaktır. Takip eden bölümlerde ışın izleme tekniği ve EKDZ modeli hakkında bilgi verilecektir.

II. 2D IŞIN İZLEME TEKNİĞİ

Radyo planlama araçlarında (Radio planning tool) genellikle istatistiksel bilgiler kullanılmaktadır. Şehrin fiziki yapısı ve nüfusuna göre bir model (Okumura-Hata gibi) kullanılarak baz istasyonları kurulmaktadır [7-8]. Bazı radyo planlama araçları ışın izleme tekniği kullanılmaktadır [9-11]. Alıcıya katkısı olan tüm ışınlar tespit edilerek hesaba katılmaktadır. Radyo yayılım modelleri kırsal, kentsel ve bina içi ortamlarda kullanılabilir. Binalar ise bıçak kenarlı kama, dikdörtgen tipi veya iç açılı kama olarak modellenebilir. Mobil haberleşmede çok yüksek frekans (UHF) kullanımından dolayı dağlar ve tepeler iç açılı kama, binalar ise bıçak kenarlı kama olarak kullanılabilir [12].

A. Bıçak Kenarlı Kama Yapı

Çok yüksek frekans kullanılma durumlarında binalar Şekil 1’de gösterildiği gibi bıçak kenarlı kama olarak modellenebilir.



Şekil 1. Bıçak kenarlı kama.

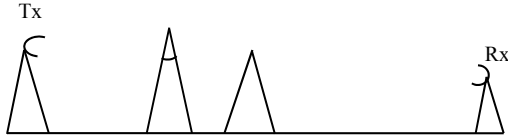
Işın izleme tekniği ilk önce doğrudan alıcıya ulaşan ışının olup olmadığını verilen iki nokta arası uzaklık ve eğim formülleriyle kontrol etmektedir.

$$y = (x - T_x) \left(\frac{R_y - T_y}{R_x - T_x} \right) + T_y \quad (1)$$

Burada, T_x ve T_y verici lokasyonunun koordinatlarıdır. R_x ve R_y alıcı lokasyonunun koordinatlarıdır. x ve y bulmak istediğimiz doğrunun üzerindeki noktanın koordinatlarıdır. Engelin apsisi, alıcı ve verici koordinatları Denklem (1)’de yerlerine yazılırsa bu noktada doğrunun ordinatı bulunur. Eğer bu nokta engelin yüksekliğinden yüksek ise kesişme yoktur. Her bir engel için bu durum incelenir. Doğrunun üzerinde hesaplanan nokta engel yüksekliğinden yüksek ise doğru hiç bir engel tarafından bloke edilmemiştir.

B. İç açılı Kama Yapı

Çok yüksek frekans kullanılma durumlarında dağlar ve tepeler Şekil 2’de gösterildiği gibi iç açılı kama olarak modellenebilir.

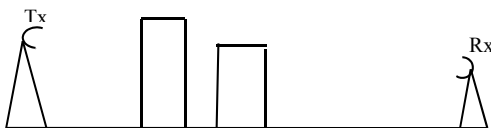


Şekil 2. İç açılı kama.

İç açılı kama yapılar için ışın izleme programına tepe noktalarının koordinatları gönderilip, muhtemel tüm ışın bileşenleri döndürülecektir.

C. Dikdörtgen Tipli Yapı

Daha kesin sonuçlar almak için binalar Şekil 3’te gösterildiği gibi dikdörtgen şeklinde de modellenebilir.

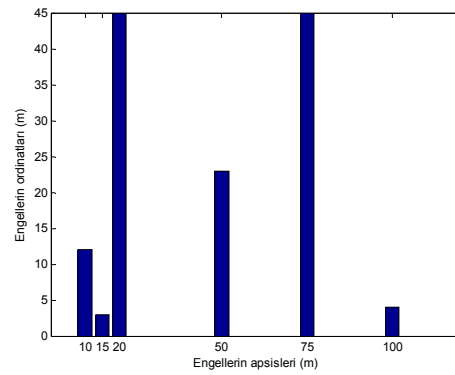


Şekil 3. Dikdörtgen tipli kama.

Dikdörtgen tipi yapılar için ışın izleme programına yapının ön ve arka yüzlerinin koordinatları gönderilip, muhtemel tüm ışın bileşenleri döndürülecektir. Dikdörtgen tipli yapılarda kontrol hem ön hem de arka yüz için kontrol edilecektir.

Literatürde bazı çalışmalarda kolaylık sağlamak amacıyla engel yükseklikleri ve engeller arası mesafe eşit olarak kabul edilmiştir [13-17].

Işın izleme tekniğini Şekil 4 üzerinden anlatacak olursak; alıcı ve verici antenler arasında 100 m vardır. Alıcı ve verici antenlerin yükseklikleri sırasıyla 4 ve 12 m dir. Bu antenler arasında 10 15 20 50 ve 75 m lere 3 45 23 ve 45 m yüksekliklerde dört engel bulunmaktadır.



Şekil 4. Örnek senaryo.

Alıcı, verici ve engellerin apsisi ve ordinatları ışın izleme tekniği programına gönderilirse, vericiden çıkan ve alıcı üzerinde sonlanan tüm alan bileşenlerinin yolları belirlenir. Şekil 4’te verilen yayılım senaryosu için vericiden çıkan ve alıcıda sonlanan tüm alanların yolları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Alıcı üzerine gelen yollar

0	1	2	3	4	5
0	1	2	4	5	
0	2	3	4	5	
0	2	4	5		

III. 3D IŞIN İZLEME TEKNİĞİ

Ölçümlerle kestirilen alanların bire bir aynı sonuçlar vermesi için 3 boyutlu benzetimler yapılmalıdır. Gerçek senaryolar Şekil 5’te verildiği gibi 3 boyutludur.



Şekil 5. Üç boyutlu engel.

Üç boyutlu engel içeren senaryolar için ışın izleme tekniği algoritması aşağıdaki denklemi kullanarak kontrolleri yapar.

$$x = (x_1 - x_0) \left(\frac{y - y_0}{y_1 - y_0} \right) + x_0 \quad (2)$$

$$x = (x_1 - x_0) \left(\frac{z - z_0}{z_1 - z_0} \right) + x_0 \quad (3)$$

$$y = (y_1 - y_0) \left(\frac{x - x_0}{x_1 - x_0} \right) + y_0 \quad (4)$$

$$y = (y_1 - y_0) \left(\frac{z - z_0}{z_1 - z_0} \right) + y_0 \quad (5)$$

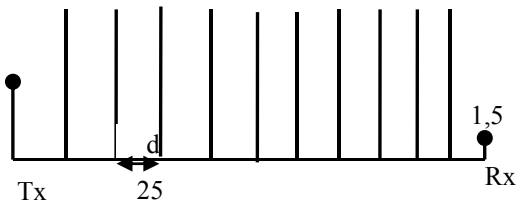
$$z = (z_1 - z_0) \left(\frac{x - x_0}{x_1 - x_0} \right) + z_0 \quad (6)$$

$$z = (z_1 - z_0) \left(\frac{y - y_0}{y_1 - y_0} \right) + z_0 \quad (7)$$

IV. EKDZ MODELİ

Işın izleme tekniği programından baz istasyonundan yayılan ve alıcıda sonlanan tüm ışın bileşenleri alınır ve EKDZ modeline programına gönderilir. Bu program gelen ışın yollarına göre çalışarak alıcı üzerindeki elektrik alan şiddetini ve/veya bağıl yol kaybını hesaplar. Bina sayısı 10 ve daha fazla olduğu durumlarda Eğim kırınımı (EK) modeli [18] kesinliğini yitirmekte ve hatalı sonuçlar vermektedir. EK modelinin hatasını ortadan kaldırmak için Dışbükey zarf tekniğine dayalı eğim kırınımı (EKDZ) modeli ileri sürülmüştür. Bu modelde fresnel kavramı [19] kullanılarak dışbükey zarf [20] oluşturulmuştur. Bu dışbükey zarf üzerinden eğim kırınımı modeli çalıştırılmıştır. Etkin olmayan binalar çıkarıldığı için kesinlikten ödün verilmeden hesaplama zamanı düşürülmüştür.

UKT, EK ve EKDZ modeliyle bağıl yol kaybı kestirimi yapmak için Şekil 6'da verilen yayılım senaryosu incelendi.



Şekil 6. Yayılım senaryosu.

Bu senaryoda 10 tane bıçak kenarlı kama olarak modellenmiş yapı bulunmaktadır. Kırınım senaryosu için işlem frekansı 400 MHz olarak atanmıştır. Bina yükseklikleri 20 m dir. Binalar arası mesafe ise eşit olup 25 veya 50 m dir. Alıcı yüksekliği 1.5 m olup, verici yüksekliği 10 m olarak seçilmiştir. Her iki binalar arası mesafe durumu için benzetimler aradaki bina sayısı bir azaltılarak yapılmış olup sonuçlar Tablo 2 ve Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 2'de görülebileceği gibi, en sol sütunda alıcı ve verici antenler arasındaki bina sayısı verilmiştir. Sonra gelen 3 sütunda modellerin bağıl yol kayıpları verilmiştir. Daha sonraki 3 sütunda modellerin hesaplama süreleri verilmiştir. En son sütunda ise EKDZ modelinde elenen bina sayısı verilmiştir. Bağıl yol kaybı için EK modeli referans modeldir. Yine Tablo 2'de görülebileceği gibi, UKT modeli en kısa hesaplama süresine sahip olup, en çok hata veren modeldir. Bina yükseklikleri eşit seviyede oldukları için UKT modeli çok fazla hata vermektedir [21]. Bina sayısı arttıkça bağıl yol kaybı da artmaktadır. Binalar eşit yükseklikte olduğu için bina elemesi yapılmamıştır.

Tablo 3'te görülebileceği gibi, modeller için bağıl yol kaybı binalar arası mesafe azaldığı için elektromanyetik dalga zayıfladığından dolayı azalmıştır.

V. SONUÇLAR

Elektromanyetik kirliliğin en büyük nedenlerinden biri olan baz istasyonu sayısının artırılması veya rasgele yerlere kurulması insan sağlığı için bir tehlike arz etmektedir. Daha az sayıda ve daha az güçlü baz istasyonları ile ihtiyacı karşılamak için ışın izleme tekniğine dayalı modeller kullanılmaktadır. Baz istasyonlarından çıkan ve alıcıda sonlanan tüm ışınlar tespit edilip bağıl yol kayıpları hesaplanmalıdır. Çoklu kırınım içeren senaryolar için UKT, EK ve EKDZ gibi ışın izleme tekniğine dayalı modeller geliştirilmiştir. UKT modeli çoklu kırınımarda bina yükseklikleri birbirine yakınsa bağıl yol kaybını hesaplamada hatalı sonuçlar vermektedir. EK modeli ise kırınım sayısı 10'dan fazla olduğu durumlarda yüksek hesaplama süresi ve hataya sahiptir. EKDZ modeli ışın izleme tekniğine dayalı olup hesaplama süresi ve kesinlik açısından optimum bir modeldir. İleride geliştirilecek olan 3D ışın izleme tekniği kullanılarak bağıl yol kaybı hesaplanacak ve en uygun baz istasyon lokasyonu tespit edilecektir.

KAYNAKÇA

- [1] Tabakcioğlu, M.B. and Kara, A., "Comparison of improved slope uniform theory of diffraction with some geometrical optic and physical optic methods for multiple building diffractions", *Electromagnetics*, 29 (1): 303-320, 2009.
- [2] Tabakcioğlu, M.B. and Kara, A., "Improvements on Slope Diffraction for Multiple Wedges", *Electromagnetics*, 30 (3): 285-296, 2010.
- [3] Rizk, K., Valenzuela, R., Chizhik, D. and Gardiol, F., "Application of the slope diffraction method for urban microwave propagation prediction", *IEEE Vehicular Technology Conference*, 2, 1998, 1150-1155.
- [4] Wagen, J.-F., Rizk, K., "Simulation of radio wave propagation in urban microcellular environments", *2nd Conference on Universal Personal Communications: Gateway to the 21st Century*, 1993, 595-599.

- [5] Wagen,J.-F, Rizk, K., "Influence of database accuracy on two-dimensional ray-tracing-based predictions in urban microcells", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 2000, 631-642.
- [6] Rizk, K., Mawira, A., Wagen,J.-F, Gardiol, F., "Propagation in urban microcells with high rise buildings", *IEEE Vehicular Technology Conference*, 1996, 859-863.
- [7] Okumura, Y., Ohmori, E., Kawano,T. and Fukuda, K., "Field strength and its variability in VHF and UHF land-mobile service," *Rev. Elec. Comm.Lab.*,16 (9), 825-873, 1968.
- [8] Hata, M., "Empirical formula for propagation loss in land mobile radio services," *IEEE Trans. Veh Tech.*, 29 (3), 1980,317-325.
- [9] Tabakcioğlu, M.B. ve Ayberkin, A., "Çoklu kırınım içeren senaryolarda kullanılan ışın izleme tekniği algoritması geliştirilmesi", *Akademik Bilişim Konferansları*, 2014.
- [10] Tabakcioğlu, M.B. ve Ayberkin, A., "Işın İzleme Tekniğinin Radyo Dalga Yayılım Modellerinde Kullanılması", *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15, 1-6, 2014.
- [11] Tabakcioğlu, M.B. ve Ayberkin, A., "Işın İzleme Tekniğinin EKDZ Modelinde Kullanılması", 23. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı, 2015, 101-104.
- [12] Andersen, J.B., "Transition zone diffraction by multiple edges", *IEE Proceedings - Microwaves, Antennas and Propagation*, 1994, 141 (5), 382-384.
- [13] Juan-Llacer, L. and Cardona, N., "UTD solution for the multiple building diffraction attenuation function for mobile radio wave propagation", *Electronics Letters*, 92-93, 1997.
- [14] José-Víctor Rodríguez, José-María Molina-García-Pardo, and Leandro Juan-Llácer, "An Improved Solution Expressed in Terms of UTD Coefficients for the Multiple-Building Diffraction of Plane Waves", *IEEE Antennas And Wireless Propagation Letters*, 4, 16-19, 2005.
- [15] Juan-Llacer, L., and José-Víctor Rodríguez, "A UTD-PO Solution for Diffraction of Plane Waves by an Array of Perfectly Conducting Wedges", *IEEE Transaction on Antennas And Propagation*,8, 1207-1211, 2002.
- [16] José-Víctor Rodríguez, José-María Molina-García-Pardo, and Leandro Juan-Llácer, "UTD-PO Formulation for the Multiple-Diffraction of Spherical Waves by an Array of Multimodeled Obstacle", *IEEE Antennas And Wireless Propagation Letters*, 8, 378-382, 2009.
- [17] Torabi, E., Tajvidy, A., Ghorbani, A., "A Modified Diffraction Coefficient for Imperfect Conducting Wedges and Buildings With Finite Dimensions", *IEEE Transaction on Antennas And Propagation*, 57 (4), 1197-1207, 2009.
- [18] Tzaras, C. and Saunders, S.R., "An improved heuristic UTD solution for multiple-edge transition zone diffraction", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 49 (12), 1678-1682, 2001.
- [19] Chung, H.K. and Bertoni, H.L., "Application of Isolated Diffraction Edge (IDE) Method for Urban Microwave Path Loss Prediction", *IEEE Vehicular Technology Conference*, 2003, 1, 205-209.
- [20] Bucci, O.M., Capozzoli, A., Curcio, C. and Delia, G., "The experimental validation of a technique to find the convex hull of the scattering systems from field data", *IEEE APS Proceedings*, 2003, 539-542.
- [21] Tabakcioğlu, M.B., "S-UTD-CH model in multiple diffractions", *International Journal of Electronics*, 103 (5), 765-774, 2015.

Tablo 2. Alıcı üzerine gelen yollar (25 m)

Bina Sayısı	EKDZ (dB)	EK (dB)	UKT (dB)	EKDZ (s)	EK (s)	UKT (s)	Elenen
10	-67,27	-67,27	-98,56	1346,19	1350,28	4,23	0
9	-66,43	-66,43	-92,45	207,09	204,35	1,93	0
8	-65,48	-65,48	-86,32	34,97	33,86	0,82	0
7	-64,37	-64,37	-80,16	5,72	5,71	0,4	0
6	-63,02	-63,02	-73,95	1,33	1,31	0,23	0
5	-61,26	-61,26	-67,65	0,49	0,42	0,16	0
4	-58,69	-58,69	-61,22	0,3	0,23	0,16	0
3	-54,46	-54,46	-54,46	0,22	0,14	0,14	0
2	-46,86	-46,86	-46,86	0,21	0,13	0,13	0
1	-29,75	-29,75	-29,75	0,2	0,11	0,11	0

Tablo 3. Alıcı üzerine gelen yollar (50 m)

Bina Sayısı	EKDZ (dB)	EK (dB)	UKT (dB)	EKDZ (s)	EK (s)	UKT (s)	Elenen
10	-60,12	-60,12	-93,03	1302,58	1302,52	3,9	0
9	-59,28	-59,28	-86,92	208,36	210,93	1,81	0
8	-58,33	-58,33	-80,78	34,27	33,77	0,8	0
7	-57,23	-57,23	-74,61	6,46	6,11	0,39	0
6	-55,9	-55,9	-68,39	1,38	1,35	0,21	0
5	-54,19	-54,19	-62,08	0,46	0,42	0,18	0
4	-51,78	-51,78	-55,63	0,32	0,23	0,16	0
3	-47,94	-47,94	-48,86	0,26	0,14	0,13	0
2	-41,19	-41,19	-41,19	0,2	0,13	0,1	0
1	-26,43	-26,43	-26,43	0,19	0,12	0,1	0