

İç Mekan Optik Ağlarda Çok Kaynaklı Güç Dağılımının İncelenmesi

H.Haldun GÖKTAŞ*, Suat ATAGAN**

*Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü,
06500 Teknikokullar, ANKARA

**Behiye Baysal Anadolu Ticaret ve Ticaret Meslek Lisesi, BOLU

ÖZET

Bu çalışmada, bina içi kablosuz yerel alan ağlarındaki optik güç dağılımı problemi incelenmiştir. Bir ofis veya mağaza katındaki kızılötesi ışık kaynakları tarafından üretilen optik gücün dağılımı incelenmiştir. Işık kaynaklarının yerleşim deseni, vericilerin sayısı gibi faktörlerin güç dağılımının uniformluğuna olan etkileri araştırılmıştır. Oda büyüklüğünün bir fonksiyonu olarak vericilerin sayısı ve konumları hesaplanmıştır. Bu amaçla algoritmik bir bilgisayar programı hazırlanmış ve simülasyon gerçekleştirilmiştir. Simülasyon yaklaşımı, iç mekan güç dağılımının uniformluğu için gerekli şartların elde edilmesinde kullanılmıştır. Sonuçta en iyi güç dağılımının, vericileri oda tavanına kare ızgara şeklinde yerleştirmekle elde edilebileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yerel Alan Ağları, Optik Güç Dağılımı, Kablosuz Oda İçi Haberleşme.

Examination of Optical Power Distribution in Indoor Optical Networks

ABSTRACT

In this study, the power distribution problem in the indoor wireless local area network has been studied. Optical power distribution produced by multiple light sources in an office or a shop was examined. It has been worked on the effects affecting the power distribution such as patterns of the light source and number of transmitter. As a function of the room size, number of transmitters and transmitter positions were calculated. To be able to do this, a computer program was prepared and the simulation was performed. Simulation approach was used to achieve the uniformity of the power distribution. As a result, it has been understood that the best power distribution is achieved by placing optical sources as the square like grids on the ceiling of the room.

Key Words : Local Area Network, Optical Power Distribution, Wireless Indoor Communication

1. GİRİŞ

Kızılötesi yerel alan ağı sistemleri (IR WLAN) kısa mesafeli bina-içi iletişim için çok uygun ortamlardır. Kızılötesi yerel alan ağlarının gelişmesi, kablosuz haberleşme linklerinin ihtiyaç duyduğu ucuzluk, yüksek hızlık, hafiflik ve küçük boyutluluk gibi gereksinimleri karşılar (1). Optik kablosuz yerel alan ağları kızılötesi spektral bölgeyi kullanır. Çok sayıda kızılötesi spektral bölge mevcuttur (2). Işık duvarlardan geçemediğinden, kızılötesi ışık gizlice dinlemeye karşı güvenlidir ve veri kaynaklandığı odada sınırlandırılır. Aynı zamanda bitişik odalarda çalışan diğer optik iletişim bağlantılarından meydana gelen girişim sorunları yoktur.

Kablosuz kızılötesi LAN'lar bir süredir kullanılmakta olup, bu ağların temel zorlukları çalışma mesafesinin sınırlı olması optik güç-bütçesi problemi ve ortamdaki diğer ışık kaynakları tarafından etkilenebilmesidir (3). Bu etkiyi gidermek için verici gücü artırılmalıdır. Ancak özellikle göz güvenliği amacıyla yapılan güç sınırlamaları verici gücünün istenen ölçüde artırılmasına engel teşkil eder (4). Bu durumda, oda boyutlarının büyük olması optik iletişim sistemlerinin sınırlı olan ça-

lışma menziline aşabilir. Bu sorunun üstesinden gelmek için çok sayıda optik verici kullanılır (2). Bundan başka, endüstriyel ortamlarda varolan terminal düzenlemelerini yeniden şekillendirmek veya taşınabilir terminallere sahip olmak için, olağan dışı çalışma durumlarına uygun, aynı odanın içinde esnek olarak farklı konumlara terminaler yerleştirmeye ihtiyaç vardır. Bu ihtiyaçları karşılamak için, alıcılar vericilerin menzili içinde olmalı ve vericiler optik gücü uniform olarak yaymalıdır (5).

Bu çalışmada, bir büro veya mağaza katının tavanına ızgara şeklinde yerleştirilen, optik ışık kaynakları tarafından üretilen optik gücün dağılımı incelenmiştir. Bu amaçla ışık kaynaklarının güç dağılımını hesaplamak için simülasyon gerçekleştirilmiştir. Oda içindeki optik güç dağılımı farklı oda boyutları ve oda şekilleri için hesaplanmıştır. Oda boyutlarının, verici sayısının, optik güç dağılımına olan etkileri incelenmiştir.

2. TEORİ

2.1.Kablosuz Kızılötesi Ağlarda Optik Güç Dağılımı

Tasarlanmış bir IR haberleşme sisteminde vericiler hemen hemen uniform bir optik güç dağılımı ger-

çekleştirmelidir. Çünkü bina içinde farklı konumlardaki elemanlardan ışık yansıdığına ya da alıcı noktasının her hareketinden sonra alıcı noktasını tekrar ayarlamaya gerek bırakmayacak şekilde, oda içerisindeki dağılan güç dağılımı dengeli olmalıdır. Uniform bir optik güç dağılımı elde etmek amacıyla birden fazla verici kullanılır (6).

Son yıllarda kızılötesi LED'leri kullanan modeller piyasaya sunulmuştur. Bu modeller 10-16m mesafeli olup, bir omurga ile, taşınabilir terminalleri ve dizüstü bilgisayarları birbirine bağlayabilme yeteneğine sahiptir.

Optik iletişim sistemlerinde yönlü ve yönsüz ışıklar kullanılır. Yönlü ışıklar, çoklu yol yayılması ihmal edilebilir olduğu için, yüksek bit hızına izin verir ve uzun mesafeler için kullanılabilir. Yüksek derecede yönlü ışıklar, genellikle uzaktan kontrol devreleri ve bina-dışı optik iletişim uygulamalarında kullanılır.

Yönsüz ışıklar taşınabilir uygulamalarda ve mağaza katlarında birbirine bağlanmış sensörler, transdüserler, mikrodenetleyiciler ve endüstriyel robotlar için tercih edilmektedir. Yönsüz kızılötesi linklerde ortamdaki kaynaklanan çoklu yansımalar, dispersiyona sebep olur, bu da iletim hızını etkin olarak sınırlamaktadır (1).

2.1.1. Görüş hattı

Matematiksel formülasyon için, dikdörtgen biçimindeki bir odanın boyutları W, L ve H ile gösterilecektir. Burada L odanın uzunluğu, W odanın genişliği ve H odanın yüksekliğidir. Vericiler ızgara olacak şekilde yerleştirilmiştir. Bu durum Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekil 1'den görüleceği üzere S_w X ekseninde iki verici arasındaki mesafeyi, S_L ise Y ekseninde iki verici arasındaki mesafeyi ifade etmektedir. Eğer ilk ve son ışık kaynağının (odanın uzunluğu boyunca ilk vericiler $S_{11}, S_{21}, S_{31}, \dots, S_{a1}$, son vericiler ise $S_{1b}, S_{2b}, S_{3b}, \dots, S_{ab}$ olmaktadır; odanın genişliği boyunca ilk vericiler $S_{11}, S_{21}, S_{31}, \dots, S_{11}$, son vericiler ise $S_{a1}, S_{a2}, S_{a3}, \dots, S_{ab}$ olmaktadır) duvarlardan uzaklığı, komşu vericiler arasındaki uzaklığın yarısına eşit olursa, S_{ij} vericisinin kartezyen koordinatları şöyle ifade edilir :

$$\begin{aligned} X_{S_{ij}} &= \frac{S_w}{2} + (i-1)S_w \\ Y_{S_{ij}} &= \frac{S_L}{2} + (j-1)S_L \\ Z_{S_{ij}} &= H \end{aligned} \quad (1)$$

Burada $i=1,2,\dots,a; j=1,2,\dots,b$ 'dir. S_{ij} vericisinin yaydığı ışının çıkış gücünün açısız dağılımı genellenmiş Lambert kanunları (2) ile modellenebilir:

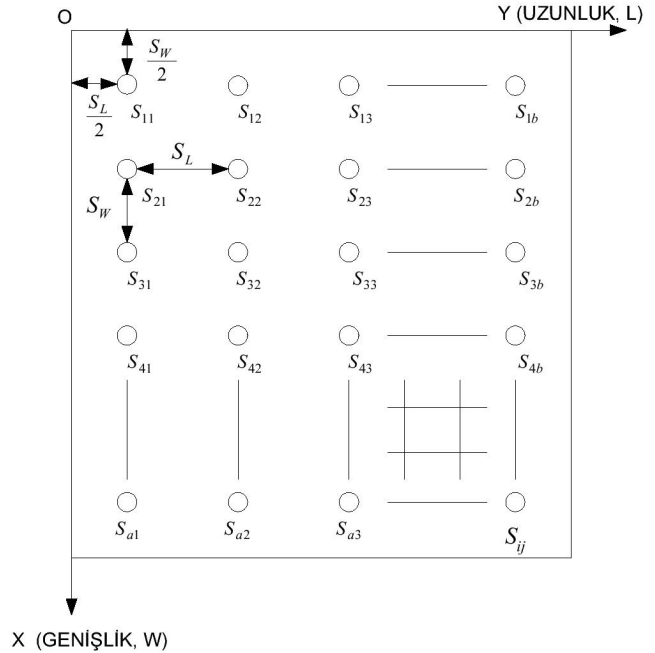
$$I_{S_{ij}}(\vartheta) = \frac{n+1}{2\pi} P_{S_{ij}} \cos^n \vartheta \quad (2)$$

Burada n ışık kaynağının yönlülüğünü tanımlayan sayıdır ($n=1$ için ideal Lambertian dağılımı). S_{ij} vericisi tarafından yayılan optik gücün, alıcı düzlemindeki yüzey elemanı ΔA_{cr} üzerine düşen miktarı şu şekilde hesaplanır:

$$P_{\Delta A_{cr}(S_{ij})} = \frac{I_{S_{ij}}(\vartheta) \beta(\vartheta) H \Delta A_{cr}}{\left[H^2 + (X_{S_{ij}} - x_{cr})^2 + (Y_{S_{ij}} - y_{cr})^2 \right]^{\frac{3}{2}}} \quad (3)$$

Buradaki x_{cr} ve y_{cr} yüzey elemanı ΔA_{cr} ($z_{cr}=0$ için)'nin koordinatlarıdır. $\beta(\vartheta)$ adım fonksiyonu alıcının sınırlanmış görüş alanını (FOV) tanımlar ve aşağıdaki eşitlikle verilir:

$$\beta(\vartheta) = \begin{cases} 1, & \vartheta < \text{FOV} \text{ ise} \\ 0, & \vartheta > \text{FOV} \text{ ise} \end{cases}$$



Şekil 1. Vericilerin oda tavanına yerleştiriliş biçimi

Doğrudan ışımaya yoluyla yüzey elemanı ΔA_{cr} üzerine gelen toplam güç, tüm vericiler üzerinden bir toplamla hesaplanır (1) :

$$P_{\Delta A_{cr}}(S_t) = \sum_{j=1}^b \sum_{i=1}^a P_{\Delta A_{cr}}(S_{ij}) \quad (4)$$

2.1.2. Çoklu optik kaynak kullanan kızılötesi sistemler

Bina-içi kızılötesi ışık, ister istemez, güneş ışığına veya yapay ışık kaynaklarına maruz kalabilir. Bu da gürültü seviyesinin artmasına neden olur. Bu arada kızılötesi kanallarda optik gücün üst limiti göz güvenliği nedeniyle ayarlanmalıdır. Bundan dolayı iletilen güç çok yüksek olamaz (7).

3. İÇ MEKANDA OPTİK GÜCÜN DAĞILIMI

Güç dağılımını hesaplamak için bir algoritma geliştirilmiş ve bu algoritmayı gerçekleştiren bir bilgisayar programı yazılmıştır. Program ilk olarak ışık güç yayılım açılarını göre ışık kaynakları arasındaki mesafeyi hesaplar. Kaynaklar arasındaki belirlenen mesafeye ve oda boyutlarına ($W \times L \times H$) göre program her bir yayıcının konumunu hesaplar. Her bir sıra/sütun'daki ilk ve son optik kaynak ile duvar arasındaki mesafe, iki optik kaynak arasındaki belirlenen mesafeden daha az olabilir. Bundan sonra, gerekli ışık kaynaklarının toplam sayısı hesaplanır ve program optik güç dağılımını hesaplar. Kısaca simülasyon programı; vericilerin sayısını, vericiler arasındaki mesafeyi, vericinin yaydığı yarı ışık konisinin açısını ve vericilerin yan duvarlardan olan uzaklığını, iki verici arasındaki mesafenin yarısı olacak şekilde dikkate alarak optik güç dağılımını hesaplar. Simülasyon sonuçlarının doğruluğu dörtgen şeklinde kullanılan oda modelindeki yüzey elemanlarının (oda içerisindeki eşyalar) sayısına bağlıdır. Bu çalışmada oda yüzeylerindeki yansımalar ile oda içerisinde bulunan eşyalardan dolayı oluşan yansımalar dikkate alınmamıştır. Ancak oda içinde çok yüksek eşya olmadığı sürece, bu varsayım analizin geçerliliğine hissedilir bir etkide bulunmaz (8).

Yapılan analizde kullanılan oda boyutları Çizelge 1'de verilmiştir. Burada belirtilen oda boyutları ve vericinin yaydığı yarı ışık konisinin açısı 45° varsayılarak oda içinde optik güç dağılımını simüle edilmiştir. Yarı ışık konisinin açısının 45° varsayılmasının ve Çizelge 1'deki oda boyutlarının seçilmesinin bir nedeni yoktur. Ancak verici koordinatlarının tam değerler aldığı görülmüştür. Simülasyonda hem kare hem de dikdörtgen tabanlı odalar kullanılmıştır.

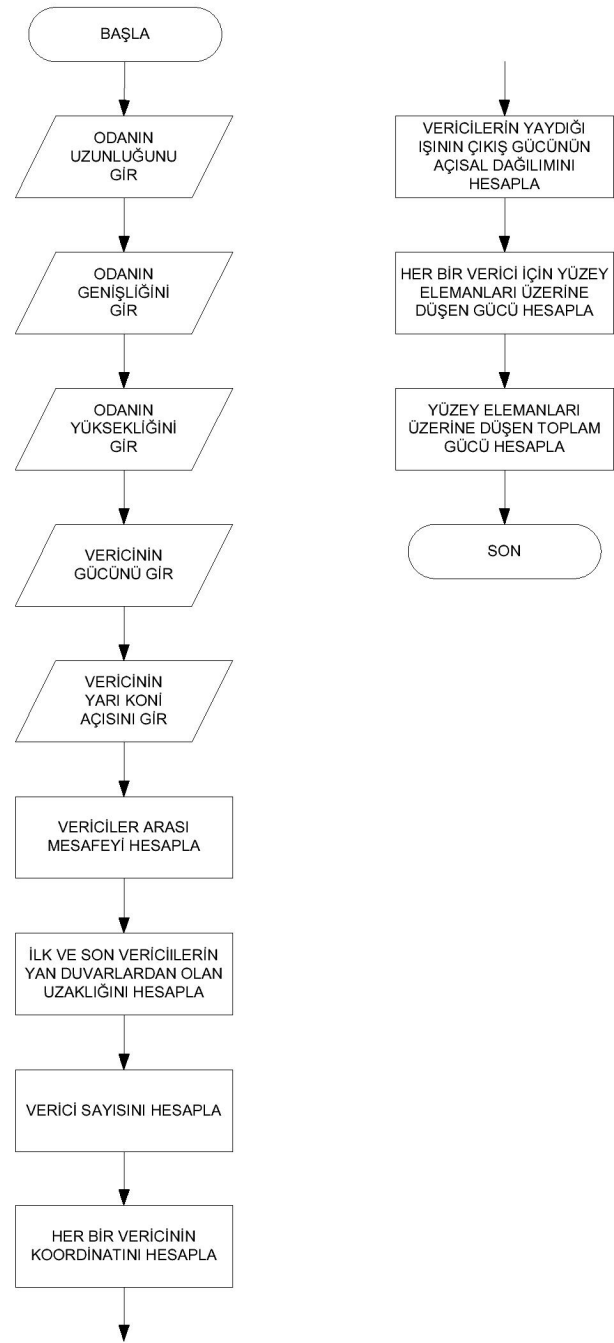
Çizelge 1. Simülasyonda kullanılan oda boyutları

	Oda Boyutları (H, L, W)
A Odası	3 m x 24 m x 24 m
B Odası	3 m x 12 m x 12 m
C Odası	3 m x 4 m x 4 m
D Odası	2 m x 8 m x 8 m
E Odası	2 m x 8 m x 4 m
F Odası	2 m x 16 m x 4 m

Simülasyon programı ile tespit edilen verici sayısı, yarı ışık konisi açısı ve uniform bir güç dağılımı elde etmek ile ilgilidir. Odanın içerisinde kör noktaların oluşmaması için en iyi yerleşim deseni kare ızgara şeklindeki yerleşim biçimidir. Bu durum Şekil 1'de görülmektedir. Bu yerleşim deseninde, herhangi bir vericinin çalışmaması veya iptali oda içinde kör noktaların oluşmasına neden olur. Bu da istenmeyen bir durumdur.

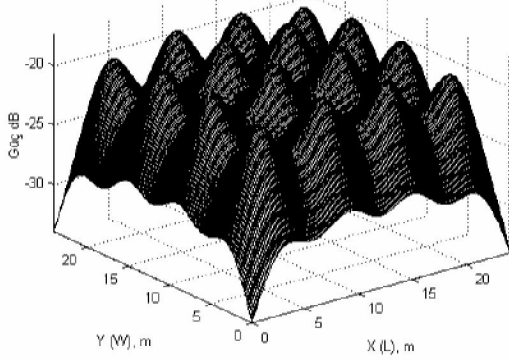
Optik güç dağılımının üniformluk ölçüsü odanın içinde tüm noktalarda aynı optik gücü alabilmek ve hiçbir kör noktanın oluşmamasını sağlamaktır.

Hazırlanan simülasyon programının akış diyagramı Şekil 2'de verilmiştir



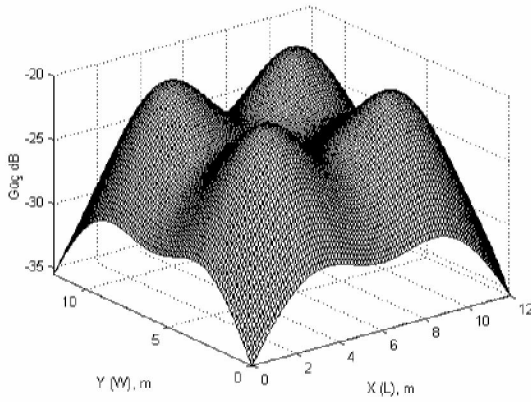
Şekil 2. Hazırlanan programın akış diyagramı

Simülasyon programı ile A odası için 16 adet vericinin kullanılması gerektiği bulunur. Her iki doğrultuda komşu iki verici arasındaki mesafe 6 m ve uç noktalardaki vericilerin yan duvarlardan uzaklığı, komşu iki verici arasındaki mesafenin yarısı (3m) olarak hesaplanmış olup, Şekil 3'de görülen simülasyon sonucu elde edilir.



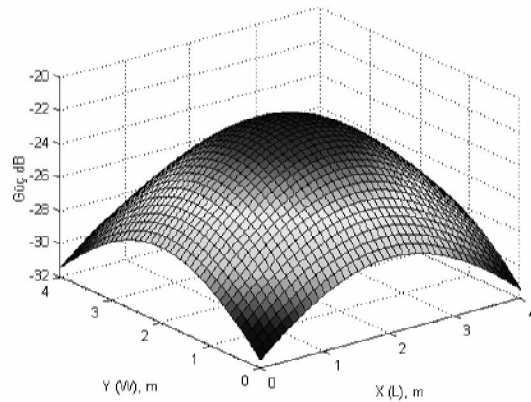
Şekil 3.A odasının tabanındaki ışık gücü dağılımı (16 adet verici için)

B odası için simülasyon programı 4 adet vericinin kullanılacağını, vericiler arasındaki mesafenin 6m ve uç noktadaki vericilerin yan duvarlardan uzaklığının 3m olacağını hesaplar. Simülasyon sonucu Şekil 4'de görülmektedir.



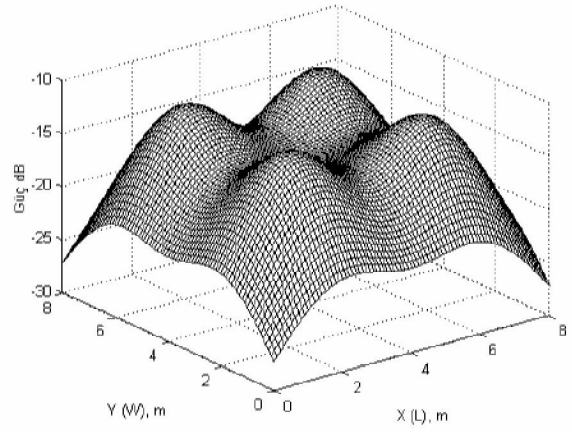
Şekil 4. B Odasının tabanında ışık gücü dağılımı (4 verici için)

C odasında bir tek verici tavanın tam merkezine yerleştirildiğinde uniform bir güç dağılımı elde etmeye yeterli olmaktadır. Simülasyon sonucu Şekil 5'da görülmektedir.



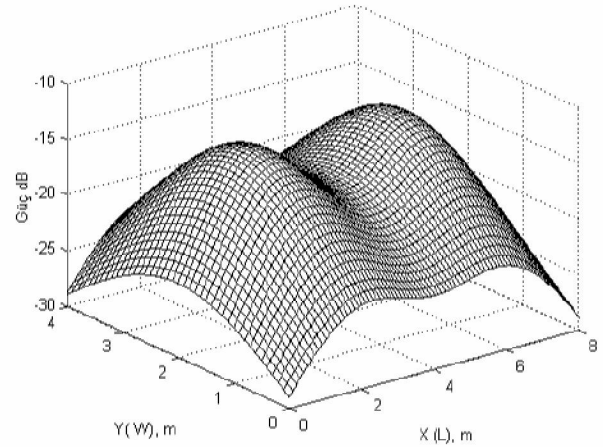
Şekil 5. C Odasının tabanında ışık gücü (1 adet verici için)

Şekil 6'de D odasındaki simülasyon sonucu görülmektedir. Bu odanın yüksekliği 2m'dir. Simülasyon programı vericiler arası mesafenin 4m, yan duvarlar ile uç noktadaki vericiler arasındaki mesafenin 2m olacağını ve 4 adet verici kullanılacağını hesaplar.



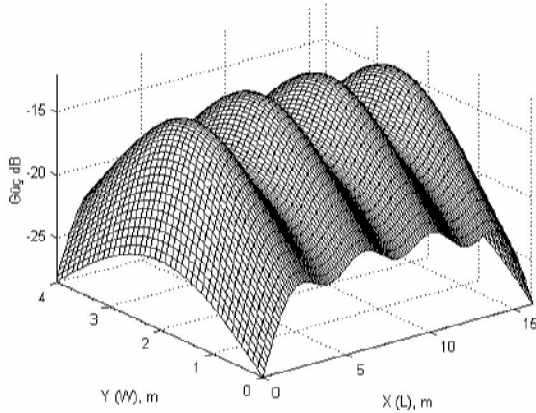
Şekil 6. D Odasının tabanında ışık gücü dağılımı (4 adet verici için)

Şekil 7'de E odası için yapılan simülasyon sonucu görülmektedir. Odanın boyutlarına ve kullanılan vericinin yaydığı yarı ışık konisinin açısı dikkate alınarak, simülasyon programı 2 adet vericinin kullanılması gerektiğini, vericiler arasındaki mesafenin 4m ve uç noktadaki vericiler ile yan duvarlar arasındaki mesafenin 2m olacağını hesaplar.



Şekil 7. E Odasının tabanında ışık gücü dağılımı (2 adet verici için)

Şekil 8'da ise F odası için yapılan simülasyon sonucu görülmektedir. Bu oda için simülasyon programı 4 adet verici kullanılacağı, vericiler arası mesafenin 4m olacağını vericilerin yaydığı yarı ışık konisinin açısı dikkate alınarak hesaplamıştır.



Şekil 8. F Odasının tabanında alınan ışık gücü dağılımı (4 adet verici için)

Simülasyonlarda kullanılan vericilerin yaydığı optik çıkış gücü 1 birim olarak varsayılmıştır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kızılötesi iletişim birçok kısa mesafeli uygulamaları için cazip olup veri güvenliği, yüksek hız ve düşük güç tüketimi gibi avantajlar sağlar. Kızılötesi iletişim oldukça güvenli olup, asıl problem oda içinde uniform bir optik güç dağılımını elde edebilmektir.

Bu çalışmada bina içi yerel alan ağlarındaki optik güç dağılımı incelenmiştir. Alıcı düzlemindeki optik güç dağılımı incelenerek, bir laboratuvar, ofis veya mağaza ortamındaki ışık kaynaklarının yerleşim deseni, odanın boyutları, verici çıkış gücünün açısal dağılımı (45° için), verici sayısı gibi faktörlerin güç dağılımının uniformluğuna olan etkileri araştırılmıştır. Oda büyüklüğüne bağlı olarak vericilerin optimum sayısı hesaplanarak, optik güç dağılımı elde edilmiştir. Bu amaçla bir algoritma geliştirilerek bilgisayarda simülasyonlar yapılmıştır. Simülasyon yaklaşımı güç dağılımının uniformluğunu optimize etmekte kullanılmıştır.

Uniform bir optik güç dağılımı, oda tavanına yerleştirilmiş, aralarında eşit mesafe olan vericiler kullanılarak elde edilir. Uniform bir optik güç dağılımı için, odanın boyutları arttıkça gerekli verici sayısı da artmaktadır. Uniform bir optik güç dağılımı oda tavanına kare ızgara şeklinde yerleştirilen vericiler ile elde edilmiştir. Optik ışık kaynaklarının sayısı, odanın büyüklüğünün, ışık kaynağının yayma açısının ve istenen uniformluğun bir fonksiyonu olarak hesaplanmıştır. Odalar içinde elde edilen güç, odanın yüksekliğine göre farklılık göstermektedir.

5. KAYNAKLAR

1. Bakalidis, G.N., Glavas, E., Tsalides, Ph., "Optical power distribution in wireless Infrared LANs", IEE Proc.-Commun., vol.143, No.2, 93-97, 1996.
2. Yang, H., Lu, C., "Infrared wireless LAN using multiple optical sources", IEE Proc.-Optoelectron., Vol.147, No.4, 301-307, 2000.
3. Boucoulavas, A.C., "Indoor ambient light", IEE proc.-Optoelectronic, 143(6), 334-338, 1997.
4. Özsoy, Sedat, Fiber Optik, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1998.
5. Kahn, J.M., and Barry J.R., "Wireless infrared communication, 85(2), 265-298, 1997.
6. Barry J.R., Kahn, J.M., Krause, W.J., Lee, E.A. and Messerschmitt, D.G., "Simulation of multipath impulse response for indoor wireless optical channels", IEEE Sel., Areas Commun.,11(3), 367-379, 1993.
7. Street, A.M., Stavrinou, P.N., O'Brien, D.C., Edwards, D.J., "Indoor optical wireless system-a review", Optical and Quantum Electronics, Vol:29, 349-378, 1997.
8. ATAGAN. S., "Yerel Bina İçi Kablosuz Optik Ağlarda Güç Dağılımı", Yüksek Lisans Dönem Projesi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Mayıs 2003.