

ODA İÇİ, MİLİMETRE DALGA BOYU, TAŞINABİLİR İLETİŞİM SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI VE İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİNE KARŞI DAVRANIŞLARI

Hasan AMCA

Elektrik ve Elektronik Müh. Böl.
Doğu Akdeniz Üniversitesi
Gazi Magosa - Kıbrıs
email: amca@eenet.ee.emu.edu.tr

Hüseyin BİLGEKUL

Elektrik ve Elektronik Müh. Böl.
Doğu Akdeniz Üniversitesi
Gazi Magosa - Kıbrıs
email: bilgekul@eenet.ee.emu.edu.tr

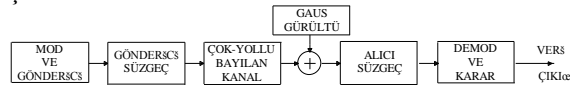
ÖZET

Bu makalede, bina-içi milimetre dalga boyulu, taşınabilir iletişim sistemlerinin (TİS) çeşitleme ve denkleştirme yöntemleriyle elde edilebilecek potansiyel başarımları araştırılmıştır. Başarımları karşılaştırılan kiplenme yöntemleri; ikili ve dörtlü evre kaydırmalı anahtarlama'nın (BPSK, QPSK) uyumlu (coherent) türleri (CBPSK ve CQPSK) ile uyumsuz (incoherent) minimum kaydırmalı anahtarlama (IMSK) ve Gauss süzgeçlenmiş IMSK (IGMSK)'dir. CQPSK'nın, CBPSK, IMSK ve IGMSK'dan daha iyi başarımlar gösterdiği gözlemlenmiştir fakat yine de bu sistemlerin hiç birisi sayısal sebebelere kablosuz bağlantı sağlayacak 10Mb/s veri hızında gerekli başarımları gösteremediler. Bu veri hızına ulaşabilmek için uygulanan iyileştirme yöntemlerinden uyarlanabilir denkleştiriciler pek fazla yarar sağlamadılar. Başarımda kayda değer iyileştirme sadece frekans çeşitleme yöntemiyle elde edilmiştir.

GİRİŞ

Bina-içi taşınabilir iletişim için kullandığımız iletişim sistemi modeli Şek.1 de gösterilmiştir. Milimetre dalga boyulu frekanslardaki ölçümler, işaretlerin duvarlardan geçerken 50dB'den fazla zayıfladıklarını göstermiştir [1,2]. Bu zayıflama rakamları aynı frekansların komşu hücrelerde de kullanılabilirliğini göstermektedir. Dolayısıyla, her oda bir hücre olarak kabul edilebilir ve tüm mevcut frekans spektrumu tekrar tekrar kullanılabilir. Bu durum ise bu tip ortamlarda frekans çeşitleme yöntemlerinin kullanılmasına olanak sağlar.

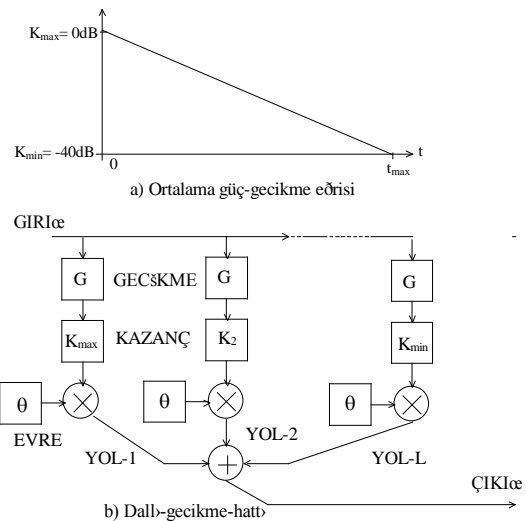
Bina-içi gezgin iletişim için kullandığımız başarımlar ölçütü bit-hata-oranı (BHO) başarımlardır. Hedeflenen BHO tüm şartlar ve tüm kanallarda en çok 10^{-3} olmalıdır.



Şek.1. Bina-içi taşınabilir iletişim sistemi modeli

TİS kanalı çok-yollu bir özelliğe sahiptir ve çok yollu bayılan bir kanal olarak kabul edilir. Çok-

yollu oda içi kanalın güç-gecikme eğrisi (GGE) yapılan ölçüm çalışmalarıyla belirlenmiştir [3]. Logaritmik GGE sıfırdan maximum gecikme'ye (t_{max} 'a) kadar doğrusal bir düşüş gösterir. Burada K_{max} , maximum kanal kazancı (0dB) ve K_{min} ise minimum kanal kazancı (-40dB) dir. Çok yollu bayılan kanallarda BHO başarımlarını etkileyen en önemli unsur GGE'nin şekli değil fakat GGE'nin bir parametresi olan Karekök Ortalama Gecikme (KOG, σ) değeridir. Bina-içi Rayleigh bayımlı kanallarda σ değeri 0 ile 200ns arasında değişir. Üstel (exponential) GGE veya logaritmik olarak çizildiğinde doğrusal GGE'nin σ değeri t_{max} cinsinden $\sigma = t_{max}/9.21$ olarak ifade edilir [4]. Şek.2. de böyle bir GGE profili görülmektedir. Her gecikme değeri için işaret ortalama gücü belli olmakla beraber bu gücün anlık değerleri rastgele değişmektedir. Bu tip bayılan Rayleigh kanalları çeşitli modellerle gerçekleştirilebilmektedir. Bizim kullandığımız çok-yollu bayılabilir Rayleigh kanal modeli Şek.2. de görülmektedir. Bu modelde 12 tane



Şek.2. Güç-gecikme eğrisinin dallı-gecikme hattı ile gerçekleştirilmesi.

gecikme yolu kullanılmaktadır. Her yolun kazancı GGE'nden örneklenmiş bir sabit değerdir, evresi ise düzgün dağılımlı rastgele bir değerdir. 12 gecikme

yolu kullanmakla alınan işaret değerlerinin yaklaşık olarak Gauss dağılımlı olması sağlanır. Böyle bir kanal modelinden geçen işaretlerin gücü Rayleigh bir dağılım gösterir [4].

CQPSK uygulamalarımızda, minimum BHO elde etmek için Gray kodlaması ve evre uyumlu alıcı (coherent detection) kullanılmıştır. Karşılaştırmalarımızda MSK'yi da katmamıza neden, bu yöntemin gerçekleştirilme sadeliği ve frekans verimliliğidir [5]. MSK uygulamalarımızda sınırlamalı-ayırtaç (limiter-discriminator) alıcı kullanılmıştır. Tabanbandı vurum şekillesiz MSK'yi seçme nedenimiz bu yöntemin bayılan Rayleigh kanallarındaki başarımıdır [6].

Çok-yollu bayılan kanallardan yapılan iletişimde ulaşılabilen en yüksek veri hızının kanalın karekök ortalama gecikme (σ , KOG) değeri ile sınırlandırıldığı gösterilmiştir [4,7]. Bu çalışmalarda veri hızı R_b 'nin KOG'ye göre ilişkisi $R_b \leq 0.08/\sigma$ olarak ifade edilir. Veri hızını bu sınırın üzerine çıkarabilmek için kanalın neden olduğu hataların uyarlanabilir kanal denkleştirme (adaptive channel equalization) ve çeşitleme (diversity) yöntemleriyle düzeltilmesi gerekir. Bu çalışmalarımızda bu gibi yöntemlerin etkisi araştırılmıştır.

İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİNİN UYGULANMASI

1. Çeşitleme ve Birleştirme Yöntemleri

Eğer aynı işaret birden fazla bağımsızca bayılan kanal üzerinden, yeterince farklı zaman-larda, frekans aralığında veya polarizasyonda gönderilirse, bütün bu kanalların aynı anda bayılma olasılığı, herhangi tek bir kanalın bayılma olasılığından çok daha düşüktür. Böylece, zeki bir karar mekanizması yardımıyla en yüksek İşaret-Gürültü-Oranı (İGO) 'na sahip olan işaret seçilerek hata oranı büyük ölçüde düşürülebilir.

Bina-içi iletişim sistemlerinde uzay, zaman ve yön çeşitlemesi kullanımı, çok sayıda çeşitleme yoluna ihtiyaç duyulduğundan pek pratik değildir. Halbuki, milimetre dalga frekanslarında her oda bir hücre olarak tasarlanabildiği için [4] kullanılabilir frekans bandı geniştir. Bir de, bina-içi iletişim kanalı frekans seçici olduğundan, ve de iletişim bandının bazı yöreleri bayılırken diğer yöreleri oldukça iyi olabildiğinden, bu tip sistemlerde frekans çeşitleme kullanımı uygundur. Alıcı uygun bir yöntemle işareti kanalın bayılmayan kısmından seçerse, BHO oldukça düşürülebilir.

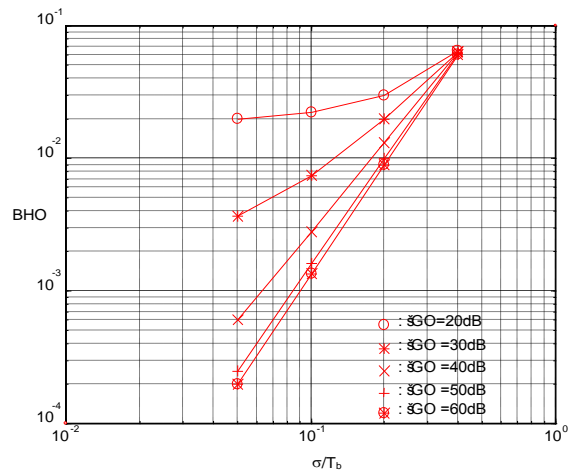
2. Kanal Denkleştirme Yöntemleri

Eşzamanlı denkleştiriciler gecikme süresi büyük olan kanallar için uygundur. Böylece denkleştirici çok-yollu işareti farklı zaman bileşenlerine ayırabilir. Alıştırma işaretleri ve uyarlamalı katsayı

güncelleştirme algoritması yardımıyla da kanaldaki bozulmaları denkleştirmeye çalışır. Üstel GGE'ne sahip bir kanal içinde, eşzamanlı denkleştiricilerin, çok-kollu kanal bayılması ve Gauss gürültüsü nedeniyle oluşan işaret bozulmalarını denkleştirebilmesi için $t_{max} \geq K * T_s$ ilişkisini tatmin etmesi gerekir (burada K denkleştirici tap sayısı ve T_s ise sembol süresidir). Böylece, K=1 ise kanalın zaman uzantısı içerisinde en az 1 tap, K=2 ise iki tap bulunmuş olacak. Bir TİS ortamında ($\sigma=0$ to 200ns) düşük t_{max} değerlerinde K>1 olsa da tüm taplar aynı örnekleme anında bulunacaklarından, sonuç K=1 imiş gibi görünecek. R_s 'i artırmakla $t_{max} \geq 2T_s$ sağlanmaya çalışıldığı zaman ise BHO çok yüksek olacağından, girişteki işaret seviyesi çok düşük olacak ve böylece uyarlama algoritması tap katsayılarını güncelleştiremeyecek. Böylece, yeni bir alıştırma işareti gelinceye kadar denkleştirici çalışamaz hale gelecek.

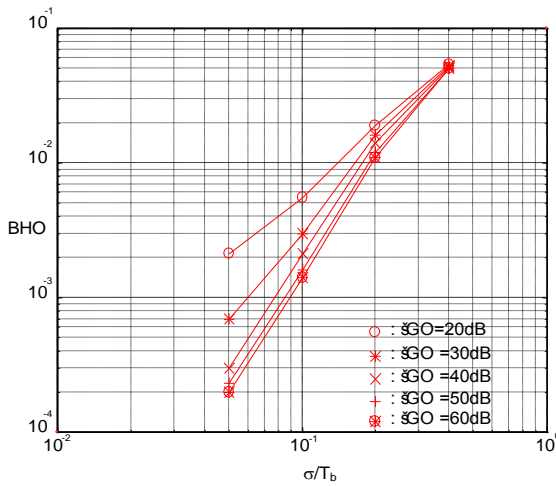
BENZETİM ÇALIŞMALARI

Benzetimlerimizde 16 bit eşzamanlama eki ve 484 bit veri taşıyan DECT (Sayısal Avrupa Telsiz İletişimi) benzeri paket bilgiler kullanılmıştır. Hataların patlamalar şeklinde olduğunu ve patlama anlarında BHO değerinin oldukça yüksek olduğunu gözlemledik. BHO başarımını etkileyen parametreler İGO ve kanalın KOG değeri σ' 'dir. Çizimlerimizde σ yerine KOG'nin bit zamanı T_b ile düzgelenmiş değeri olan σ/T_b (düzgelenmiş KOG) kullanılmaktadır. CQPSK'nın başarımı İGO ile beraber iyileşmektedir. Fakat, Şek.4. 'de görüleceği gibi bu iyileşme devamlı değildir. Belli bir İGO'dan sonra Azaltılamayan BHO (ABHO, irreducible BER) değerine ulaşmaktayız. ABHO'na ulaşıldığı zaman, İGO değerini artırmakla başarım iyileşmemektedir. Çünkü, kanalın bozucu etkileri sistemdeki diğer bozucu etkilerden daha baskındır. Şek.3.'de görüleceği gibi, CQPSK ABHO değerine 50dB İGO civarında ulaşır.

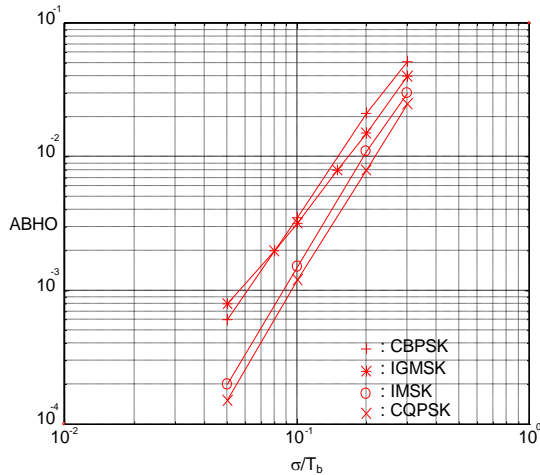


Şek.3. CQPSK için değişik İGO değerlerinde BHO'nun KOG'ye göre değişimi.

Uyumsuz alıcı kullanan MSK'nın başarımı ise Şek.4'de gösterilmiştir. IMSK da ABHO değerine 50dB İGO civarında ulaşır. Şek.4'deki sonuçlar benzeri diğer araştırmalardaki [8] sonuçlarla uyum içindedir. ABHO değerine ulaştığımızda İGO'yu yükseltmenin pek yararı olmayacağına göre, Şek.5. CBPSK, CQPSK, IMSK ve IGMSK'nın ABHO başarımlarını göstermektedir. Şek.5.'da kullanılan İGO değerleri ABHO'ya ulaşmak için gerekli değerlerdir. Buradaki değerler başka araştırmalardaki [4,6,7] değerlerle uyum içindedir. GMSK'nın vurum şekilleme süzgecinin simgeler arası karışmayı çoğaltmasından dolayı IGMSK'nın başarımı IMSK'dan daha kötüdür. GMSK'nın bu özelliği başka araştırmacılar tarafından da görülmüştür [6].



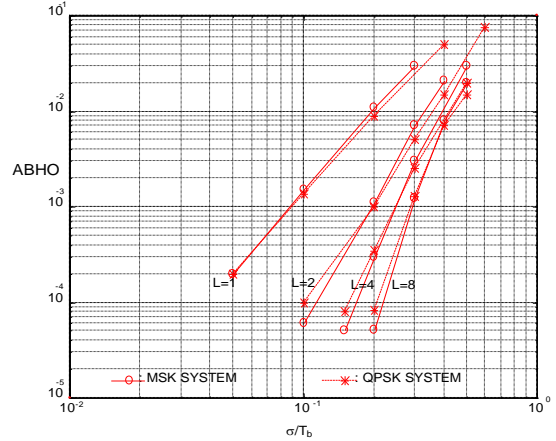
Şek.4. IMSK için değişik İGO değerlerinde BHO'nun KOG'ye göre değişimi.



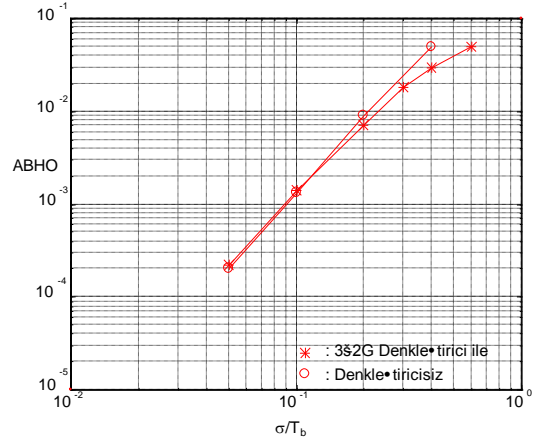
Şek.5. CBPSK, CQPSK, IMSK ve IGMSK'nın ABHO değerlerinin KOG'ye göre değişimi.

Üstteki sonuçlardan CQPSK ve IMSK en iyi başarıma sahiptir. Bu iki yöntemin frekans çeşitleme kullanarak elde edilebilecek başarımla iyileşmeleri de incelenmiştir. Frekans çeşitlemeli işaretlerden alıcıda Seçmeli Birleştirme Yöntemiyle (SBY) yalnız en yüksek güce sahip olan seçilmiştir. Şek.6.'da frekans

çeşitleme kullanan CQPSK ve IMSK'nın başarımları görülmektedir. Burada MSK alıcısı sınırlamalı-ayırtaç kullanılmıştır. Şek.6.'de L frekans çeşitleme yol sayısıdır. İki yollu SBY bilgi iletim hızını iki kat, 8 yollu SBY ise 3 kat artırmaktadır. İki yollu frekans çeşitleme belli bir KOG değerinde BHO başarımını da 10 kat civarında iyileştirir.



Şek.6. L-kollu frekans çeşitleme ve seçmeli birleştirme kullanan IMSK ve CQPSK'nın ABHO değerinin KOG'ye göre değişimi.



Şek.7. Denkleştirici kullanan (3İ-2G KGD) ve kullanmayan CQPSK'nın ABHO başarımı.

Denkleştirici kullanmayan CQPSK ile Doğrusal-Enine-Denkleştirici (Linear-Transversal-Equalizer) kullanan CQPSK başarımları benzetim çalışmalarıyla incelenmiştir. İlgili KOG değerlerinde denkleştirici başarımı fazla etkilemedi. Denkleştiricinin bu etkisizliği değişik tap sayılarında ve değişik alıştırma sürelerinde de gözlemlenmiştir. T/16, T/8, T/4, T/2 Kesir-Gecikmeli (Fraksyonel-Spaced-Equalizer) denkleştiriciler de başarımla iyileştirmekte etkisiz kaldılar. Karar-Geri-Beslemeli (KGD) denkleştiricilerle, (Decision-Feedback) TİS kanallarında yapılan araştırmalar [9,10] bu denkleştiricilerin başarımla iyileştirmesinin ortalama gecikme ve amaçlanan BHO değerine bağlı olduğunu gösterir. Bu çalışmalarda KGD'nin iyileştirme

sağlaması için amaçlanan BHO 10^{-2} - 10^{-3} olmalıdır. Şek.7.'de 3 ileri - 2 geri (3İ-2G) tap kullanan KGD başarımı değişik KOG değerlerinde çizilmiştir. Görüleceği gibi yüksek KOG değerle-rinde sağlanan çok küçük başarım iyileştirmesi bu denkleştiricinin kullanılmasına yeterli değildir.

SONUÇ

Rayleigh bayılma gösteren kanallarda CQPSK ve sınırlamalı ayırtaç alıcı kullanan IMSK yöntemleri yakın bir başarım gösterirler. Her iki yöntem de 50dB İGO civarında ABHO değerine ulaşırlar. Vurum şekillemesi başarımı fazla etkilememiştir. Her iki yöntem de büyük oranda farklı gecikmeler gösteren kanallarda 10Mb/s veri hızına amaçlanan BHO ile ulaşamazlar. Uyarlanı denkleştiriciler veya çeşitleme yöntemleriyle amaçlanan BHO başarımını elde etmek gerekir.

- [1] SALEH, A. and VELENZUELA, R., *A statistical model for indoor multipath propagation*. IEEE J. on Sel. Areas in Comm., Vol.5, No.2, pp.128-137, Feb. 1987.
- [2] ALEXANDER, S.E. and PUGLIESE, G., *Cordless communication within buildings: Results of measurements at 900MHz and 60GHz*. British Telecom TJ, Vol. 1, No.1, pp.99-105, July. 1983.
- [3] BENSEBTI, M.; DAVIES, R.; McGEEHAN, J.P.; BEACH, M.A & RICKARD, D.C., *Short range propagation measurements and modeling at 60GHz for LANs*. Coll. on Prop. Studies on Mobile Radio, Bristol, UK, Sep. 1990.
- [4] AMCA, H., *Broadband Millimetrewave Digital Radio Systems Operating in an Indoor Environment; (Ph.D. Thesis)*. University of Bradford, UK. 1993.
- [5] KORN, Israel, *GMSK with limiter discriminator jkdetection in satellite mobile channel*. IEEE Trans. on Comm, Vol. COM-39, No.1, pp. 94-101, Jan. 1991.
- [6] HEATH, M.R. and LOPES, L.B., *Variable envelope modulation techniques for personal communications*. 2nd IEE Nat. Conf. On Telecom. Publ. No.300, 1984, pp.249.
- [7] CHUANG C.I.J. , *The effect of time delay spread on portable radio communications channels with digital modulation*. IEEE J. on Sel. Areas in Comm., Vol.5, No.5, pp.879-889, June. 1987.
- [8] ADACHI, F. and PARSONS, J.D., *Error rate performance of digital FM mobile radio with postdetection diversity*. IEEE Trans. on Comm. Vol.37, No.3, pp.200, Mar. 1989.
- [9] CHENNAKESHU, S. and SAULNIER, G.J., *Differential detection of $\pi/4$ -Shifted-DQPSK for digital cellular radio*. IEEE Trans. Veh. Tech. Vol.42, No.1, Feb. 1993.

Düzgelenmiş KOG değerleri 0 ile 1 arasında oldukça değişebilen TİS kanalları için denkleştiriciler uygun değildir. Kesir gecikmeli denkleştiriciler zaman seyirmesine karşı az duyarlı olmakla beraber oldukça değişebilen gecikme dağılımlarında başarım iyileştirmesi sağlayamazlar.

CQPSK ve IMSK yöntemlerine uygulanan seçme-birleştirmeli frekans çeşitleme ise başarımında iyileşmeler sağlamıştır. İki yollu çeşitleme veri hızını iki kat, 8 yollu çeşitleme ise 3 kat artırmıştır. Milimetre dalda boyu frekanslarla bina-içi iletişimde her-oda-bir-hücre kabul edilirse, mevcut frekans bandı oldukça geniştir. Böylece, frekans çeşitleme kullanımına olanak sağlar.

KAYNAKLAR

- [10] HUANG,W; RAPPAPORT, T.S. and FEUERSTEIN, M.J., *Performance of decision feedback equalizers in urban and indoor mobile channels*. IEE Nat conf on Mobile Radio Comm. USA. 1992, pp.368-371.

Hasan AMCA, 1984'de Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nden (yeni ismiyle Doğu Akdeniz Üniversitesi - Gazi Magosa) B.Eng. derecesi ile mezun olduktan sonra sırasıyla Essex Üniversitesi (İngiltere) ve Bradford Üniversitesi(İngiltere)'den M.Sc ve Ph.D. dereceleri aldı. Şu anda Doğu Akdeniz Üniversitesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır. Şimdiki ilgi alanları gezgin ve bina içi haberleşme sistemleridir.

Hüseyin BŞLGEKUL, 1978'de Beyrut Amerikan Üniversitesi'nden B.E. ve 1980'de Boğaziçi Üniversitesi'nden M.Sc. derecesini aldı. 1982 yılından beri Doğu Akdeniz Üniversitesi (Gazi Magosa, Kıbrıs) Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır. Şimdiki ilgi alanları sayısal iletişim ve elektronik sistemlerdir.