

Kablosuz Dar-Alan Radyo Haberleşmesi İçin Bir Turbo Kodlayıcı Tasarımı

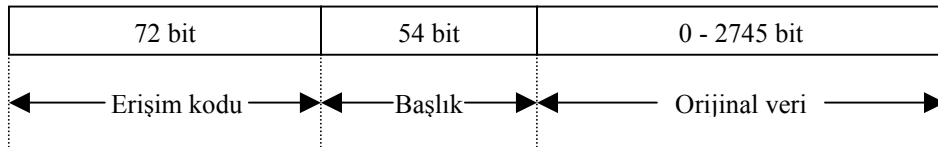
Salim Kahveci, İsmail Kaya
Karadeniz Teknik Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
61080, Trabzon
salim@ktu.edu.tr

Özet: Kablosuz dar-alan radyo haberleşmesi sistemlerinden olan Bluetooth ve ZigBee gibi sistemler için daha çok teorik performans analizleri yapılmaktadır [1]. Dar-alan radyo haberleşmesinde kullanılabilir frekans bandını aşmadan performans iyileştirmesi yapmak çok önemlidir. Bu yüzden kazancı yüksek olan bir kodlayıcının Bluetooth sistemine eklenmesi artık kaçınılmaz olmuştur. Bildiride üzerinde çalıştığımız kodlayıcılar yüksek kazançta sahip olan Turbo kodlayıcılardır.

Klasik Turbo kodlayıcılarda kullanılan MAP algoritmasında söz konusu olan ve L_c ile gösterilen kanal güvenilirliği parametresi bilinen SNR için bulunup MAP algoritmasındaki α , β ve γ gibi durum geçişleri hesabında kullanılmakta idi [2, 3]. Ancak bizim çalışmamızda alıcının L_c 'yi bilmediğini düşünerekten önce SNR kestirimi yapıp ve ardından L_c hesaplanarak BER-SNR performans eğrileri Bluetooth veri paketleri için elde edilmiştir.

1. Kablosuz Dar-Alan Haberleşmesi

Bina içi gürültülü ortamlarda kablosuz haberleşme sistemlerinden en yaygın olarak kullanılanı IEEE 802.15.1 olarak adlandırılan Bluetooth sistemidir. 2.4 GHz ISM bandını kullanan bu sistem her biri 1 MHz band genişliğinde olup toplam 79 kanala sahiptir [1, 4]. Bluetooth sistemi senkron bağlantı gerektiren sabit hızda ses iletimi için SCO linklerini ve değişik hızlarda senkron olmayan veri iletimi için ACL linklerini desteklemektedir. Genel olarak DMx ve DHx paketlerinin standart yapısı Şekil 1 ile gösterilmiştir.



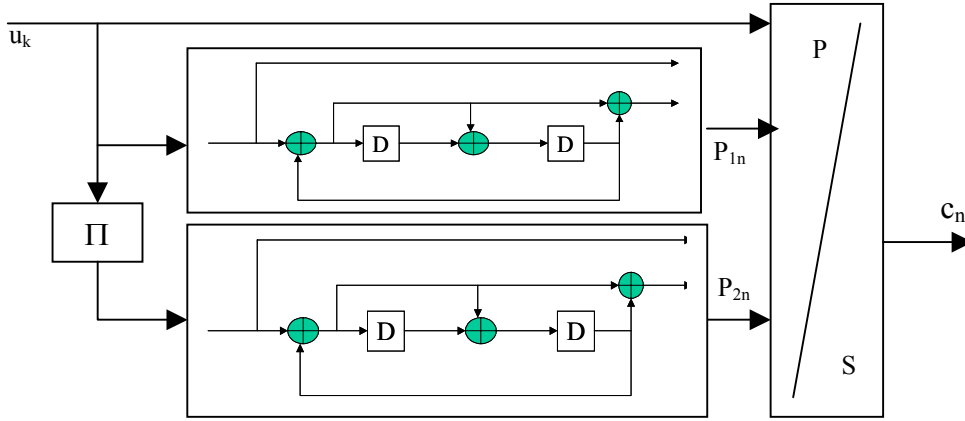
Şekil 1. Bluetooth'un standart paket yapısı

Tanımlı bu paketler 1, 3 veya 5-slotluk zaman aralıklarını kullanabilmektedir. Max 136 bit uzunluğundaki DM1 paketi çalışmamızda esas alınan ve kodlayıcıda kullanılan veri dizisidir. Bu bluetooth paketi 1/3'lük Turbo kodlayıcıya uygulanmakta olup performans incelenmesi yapılmıştır.

2. Paralel Yapılı Turbo Kodlayıcı/Dekodlayıcı

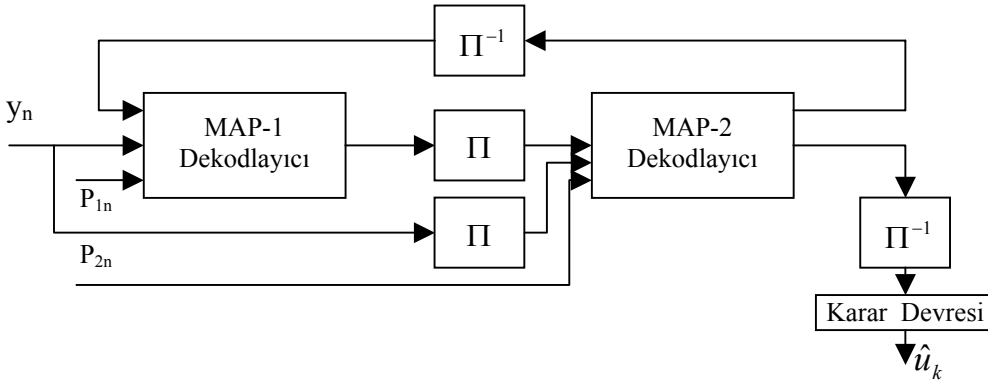
Çalışmamızda Turbo kodlayıcı olarak paralel katlamalı kodlar (PCCC) kullanılmıştır. Bu kodlar öz yineleme yöntemiyle dekodlanırlar. Kodlayıcı temelde 1 bit alıp 3 bit üretmektedir. Üretilen bu 3 bitten ilki orjinal bit olup 2. bit, 1. kodlayıcının ürettiği eşlik biti ve 3. bit ise 2. kodlayıcının ürettiği eşlik bitidir. 1/3'lük kodlayıcı Şekil 2 ile verilmiştir. Birinci ve ikinci özyinelemeli rekürsiv kodlayıcılar (RSC) özdeş seçilmişlerdir. İki kodlayıcı arasına hata patlamasının etkilerini azaltmak için veri dizisinin boyutunda bir random serpiştirici yerleştirilmiştir. Her bit böylece 3 bit ile gösterilmekte olup kodlayıcı çıkışında paralelden seriye dönüştürme işlemi yapıp BPSK modülasyonuna tabi tutulduktan sonra iletim kanalına verilmektedir. Özdeş olan RSC kodlayıcıların G generatörleri (1) nolu ifadeyle verilmektedir.

$$G = \left(1, \frac{1 + D^2}{1 + D + D^2} \right) \quad (1)$$



Şekil 2. 1/3 oranlı Turbo kodlayıcı yapısı

Gürültü ve girişimin etkili olduğu çok yollu kanaldan alınan kod kelimesi önce kanal uyumlu filtreden geçirilir ve ardından da Turbo dekodlayıcıya uygulanır. MAP esaslı Turbo dekodlayıcı Şekil 3 ile sunulmuştur.



Şekil 3. MAP esaslı Turbo dekodlayıcı yapısı

Dekodlayıcı iterativ olarak alınan her bit için logaritmik olasılık oranının (LLR) hesabını içeren MAP algoritmasını kullanmaktadır. LLR'nin bir başka ifadesi de (2) ile verilebilir.

$$LLR = L_c \cdot a, y_1^N \quad (2)$$

Denklemdaki a, bayılma genliği olup AWGN kanallar için 1'dir. Y_1^N ise kanalın çıkışındaki gürültülü bileşendir. L_c terimi ise kanalın güvenilirlik katsayısıdır. Gürültü varyansı $\sigma^2 = 1/2(E_s/N_0)$ olduğundan

$L_c = 4 \cdot \frac{E_s}{N_0}$ olur. MAP algoritmasının gerçekleştirilebilmesi için öncelikle L_c 'nin bilinmesi gerekir. Şimdiye

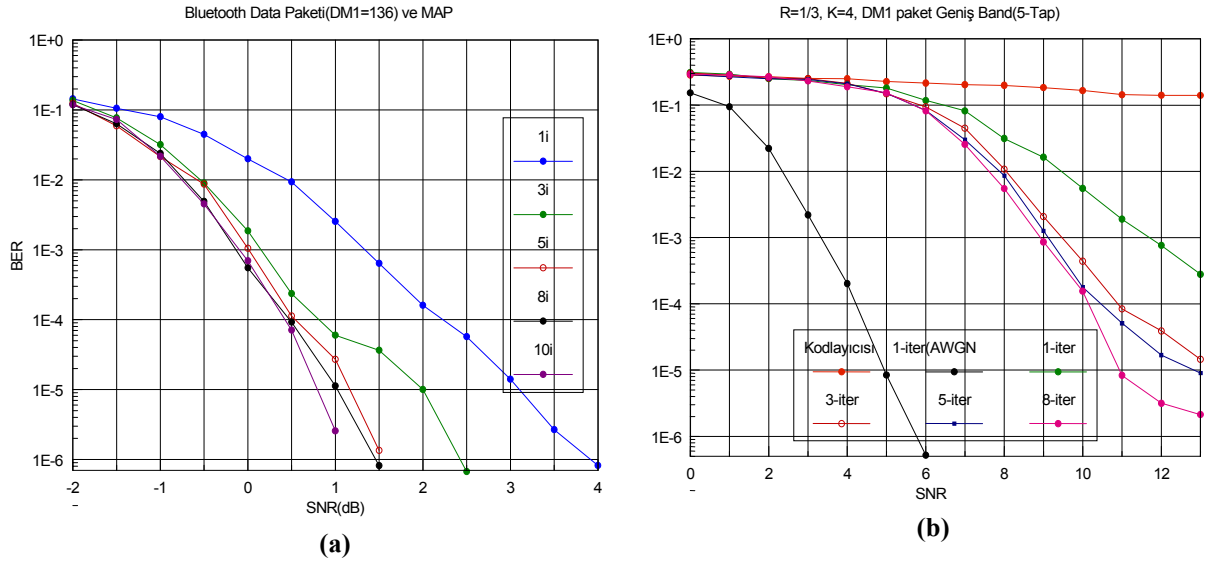
kadar literatürde yer alan çalışmalarda E_s/N_0 değeri önceden belirlenir ve daha sonra LLR olasılık değerleri bulunurdu [5]. Ancak biz buradaki çalışmamızda E_s/N_0 değerini kanalın çıkışında kestirip ondan sonra LLR değerinin hesaplanmasında kullandık. Örnek olarak, kanalımız iki dallı ve kanal katsayıları h_0, h_1 ile, kanaldan alınan işaret v_k ile ve kanala verilen işaret x_k ile gösterilsin. Böylece kanal çıkışını (3) nolu denklem ile ifade edebiliriz [3, 4] ;

$$\begin{aligned} v_k &= h_0 x_k + h_1 x_{k-1} + \eta_k \quad \text{ve} \quad v_k^* = h_0^* x_k^* + h_1^* x_{k-1}^* + \eta_k^* \\ v_k v_k^* &= h_0 h_0^* x_k x_k^* + h_0 h_1^* x_k x_{k-1}^* + h_0^* h_1 x_{k-1} x_k^* + h_1 h_1^* x_{k-1} x_{k-1}^* + \eta_k \eta_k^* \\ &= (h_0 h_0^* + h_1 h_1^*) x_k x_k^* \\ &= d_0 + \sigma^2 \end{aligned} \quad (3)$$

Denklemden σ^2 yalnız bırakılırsa; $\sigma^2 = E\{v_k v_k^*\} - (h_0 h_0^* + h_1 h_1^*)$ eşitliği bulunur. Böylece turbo dekodlayıcı girişinde daha iterasyona başlamadan gürültü varyansı, alınan işaretin gücünün beklenen değerinden kanalın toplam enerjisinin çıkartılması suretiyle elde edilebilir. Gürültü olan $N_0 = 2\sigma^2 = 2(E\{v_k v_k^*\} - d_0)$ ile kestirilmiş olur. Denklemdaki $d_0 = h_0 h_0^* + h_1 h_1^*$ şeklindeki kısaltmadır. Çalışmamızdaki MAP dekodlayıcısında öncelikle gürültü varyansı kestirilmekte ardından L_c hesaplanıp LLR değeri bulunmaktadır.

3. Benzetim Çalışması Sonuçları

Benzetim çalışmamızda Bluetooth DM1 paketlerinin AWGN ve Rayleigh (5-dallı) kanallardaki performansı önerilen L_c kestirimi dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 4 a) ile AWGN kanaldaki başarımları ve b) ile Rayleigh kanaldaki başarımları gösterilmiştir.



Şekil 4. Bluetooth DM1 paketi için a) AWGN kanaldaki ve b) Rayleigh kanaldaki Turbo performansı

Şekil 4 a)'da 1i ile gösterilen 1. iterasyonla 3. iterasyon ve diğer iterasyonlar arasında 0.001'lik bir bit hata oranında yaklaşık 1.5 dB'lik bir kazanç sağladığı görülmektedir.

Önerilen L_c kestirimi biçimiyle iterasyon sayısı arttıkça performansında arttığı grafiklerden görülmektedir. Ancak daha düşük iterasyonda yüksek başarı sağlanmıştır. Sonuç olarak Turbo kodlayıcıların ISI kanallarında etkili olduğu bina içi dar-alan ortamlarda güvenli ve yüksek performanslı bir kablosuz haberleşme sağlamadaki katkısının çok büyük olduğu görülmektedir. Düşük güç tüketimi, düşük maliyet esasına göre tasarlanan kablosuz haberleşme sistemlerinden olan Bluetooth için Turbo kodlayıcıların getirmiş olduğu kodlayıcı kazancı iterasyon sayısına bağlı olarak 1.5 ile 3 dB civarında olduğu görülebilir.

Kaynaklar

- [1].Bray, J. ve Sturman, C. F., Bluetooth, Connect Without Cables, Prentice-Hall, Inc., 2001.
- [2].Berrou, C., Glavieux, A., ve Thitimajshima, P., "Near Shannon Limit Error Correcting Coding and Decoding: Turbo Codes", IEEE Int. Conf. on Comm., (ICC'93), 2, s.1064-1070, 1993.
- [3].Kahveci, S., DAR-ALAN KABLOSUZ SABİT HABERLEŞME SİSTEMLERİNİN BAŞARIM ANALİZLERİ VE TURBO KODLAYICILARIN SİSTEM BAŞARIMINA ETKİSİ, Doktora Tezi, KTU, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şubat 2006, Trabzon.
- [4].Zurbes, S., Stahl, W., Matheus, K., ve Haartsen, J., "Radio network performance of bluetooth", in Proceedings of the IEEE ICC, s.1563-1567, 2000.
- [5].Hanzo, I., Liew, T. H., ve Yeap B. L., "Turbo Coding Turbo Equalisation and Space-Time Coding for Transmission over Fading Channels" John Willy & Sons, Ltd., USA, 2002.