

3. NESİL HABERLEŞME SİSTEMLERİNDE KULLANILAN AKILLI ANTEN ALGORTİMALARININ YAZILIM RADYO KULLANILARAK GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Kerem Küçük, Mustafa Karakoç ve Adnan Kavak*
Kocaeli Üniversitesi
Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Bölümü
İzmit, Kocaeli
kkucuk@kou.edu.tr, mkarakoc@kou.edu.tr

*Kocaeli Üniversitesi
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
İzmit, Kocaeli
akavak@kou.edu.tr

Özet: Bu çalışma, akıllı anten sistemleri (Smart Antenna System, SAS) için programlanabilir dijital sinyal işlemciler (Digital Signal Processor, DSP) üzerinde yazılım tanımlı radyo (Software Defined Radio, SDR) gerçekleştirilmesini sunmaktadır. cdma2000 yukarı bağlantı kanalı için kullanıcı bilgisine ihtiyaç duyan en küçük ortalama kareler (Least Mean Square, LMS) algoritması ve kullanıcı bilgisine ihtiyaç duymayan sabit modül (Constant Modulus, CM) algoritmasının farklı TMS320C6000 yüksek performanslı DSP'lerin üzerinde programlanması ile ağırlık vektörü hesabının çevrim süresinin azaltılması ve alınan SINR değerinin karşılaştırılması amaçlanmaktadır. SDR için şekillendiricileri Code Composer Studio (CCS) assembly dili geliştirme yazılımı ile programlanmıştır. Simülasyonlar 5 elemanlı farklı anten topolojileri için gerçekleştirilmiştir.

1. Giriş

Yazılım tanımlı radyo (Software Defined Radio, SDR) [1], fonksiyonların yazılım ile belirtilip değiştirilebildiği bir ortam olarak tanımlanmaktadır. SDR, sinyal işleminin gerekliliklerinden olan radyo frekansındaki temel bant bilgisinin alınması ve yollanması için programlanabilir dijital cihazlar kullanılmaktadır. Bu teknoloji, radyonun yazılım ile verimli bir şekilde geliştirilmesi sebebiyle çok yüksek esneklik ve uzun bir ürün ömrü sağlamaktadır. Akıllı anten sistemleri (Smart Antenna System, SAS) [2], baz istasyonunda önemli kapasite ve performans artırımını sağlayan 3. nesil CDMA sistemlerinde sinyali tanımak, izini bulmak ve paraziti bastırmak için kullanılan bir teknolojidir. cdma2000 sistemi SAS'lerinin fonksiyonelliğini attıran bir 3. nesil standardıdır [3]. cdma2000 yukarı bağlantı kanalının temel hedeflerinden biri en kısa sürede ve en yüksek kesinlikte kullanıcının geliş yönünü (Direction Of Arrival, DOA) tahmin edebilmektir. Bu işlem 3. nesil haberleşme sistemleri için baz istasyonlarında dijital sinyal işlemci (Digital Signal Processor, DSP) tarafından yapılır.

Bu çalışmada, cdma2000 yukarı bağlantı kanalı için DSP kullanımıyla SDR gerçekleştiriminin kullanıcı bilgisine ihtiyaç duyan en küçük ortalama kareler (Least Mean Square, LMS) ve kullanıcı bilgisine ihtiyaç duymayan sabit modül (Constant Modulus, CM) algoritmaları için uygunluğunu ve oluşturulan bu sistemin performansının değişen vektör kanal yayılım ortamında farklı DSP'ler ve anten düzenleri için nasıl etkilendiğinin gözlemlenmesi ele alınmaktadır. Bu amaçla, cdma2000 sistemi SDR gerçekleştirilmesi için Texas Instruments (TI) TMS320C6000 yüksek performanslı yuvarlanırlı nokta işlemcileri kullanıldı. Sistemin performans değişimi, ağırlık vektörünün hesaplanması için geçen zaman ve alınan SINR cinsinden 5 elemanlı düzgün doğrusal anten (Uniform Linear Array, ULA) ve düzgün dairesel anten (Uniform Circular Array, UCA) topolojilerinde değişen çoklu yol zayıflaması ve açısal yayılımın kullanılmasıyla incelendi.

2. Dijital Sinyal İşlemci

Yazılan koddaki işlemler sabit nokta işlemciler için uygun olmadığından SDR gerçekleştirilmesi için IEEE Std 754-1985 standardını destekleyebilen TI TMS320C67xx yuvarlanırlı nokta DSP nesili seçildi [4]. Yuvarlanırlı nokta nesiline üye, geliştirme modülü (EVM) üzerinde C6701 DSP, başlatıcı kit üzerinde (DSK) C6711 DSP ve

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından EEEAG / 102E015 proje numarası ile desteklenmektedir.

yine başlatıcı kit üzerinde C6713 DSP'leri simülasyonlarda kullanıldı. Her üç DSP'de yüksek performans ve gelişmiş çok-uzun-komut-kelime mimarisine dayanmaktadır. C6700 işlemcileri üç temel bölümden oluşmaktadır: CPU, çevresel birimler ve hafıza. CPU, işlemlerin yapıldığı A ve B olarak adlandırılan iki veri yoluna sahiptir. Her bir veri yolu dört tane fonksiyonel birime ve 16 tane 32 bitlik yazmaca sahiptir. C6701 DSP 133 MHz'lik saat hızına sahiptir. C6711 DSP, 150 MHz çalışma frekansında saniyede 900 mega yuvarlanır sayı işlemi, C6713 DSP, 225 MHz çalışma frekansında 1350 mega yuvarlanır sayı işlemi gerçekleştirebilmektedir.

3. Simülasyon Sistem Modeli

cdma2000 yukarı bağlantı sinyal modeli, simülasyonlarda radyo düzeni 1'e (Radio Configuration, RC1) göre kullanılmıştır. Yukarı bağlantı kanalını göz önüne aldığımızda, her bir hücrede yada sektör içinde N tane kullanıcı olsun, bu durumda baz istasyonunda M elemanlı anten dizisi tarafından alınan sinyali (1) nolu eşitlikle ifade edebiliriz. İletilen sinyal S(t) çoklu yol yayılım ortamında meydana gelmektedir ki, bunun sonucu olarak $\alpha_l = \beta_l e^{j\phi}$ kompleks yol zayıflaması ve her bir çoklu yol sinyali için τ_l zaman gecikmesi meydana gelmektedir.

$$\mathbf{X}(t) = \sum_{\ell=1}^L \alpha_{\ell} s(t - \tau_{\ell}) \mathbf{a}(\theta_{\ell}) + \mathbf{I}(t) + \mathbf{N}(t), \quad (1)$$

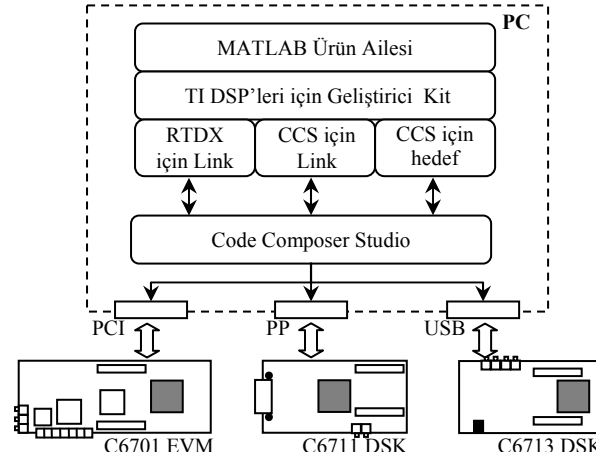
şeklinde ifade edilir ki burada $\mathbf{I}(t)$ çoklu erişim parazit sinyalidir ve

$$\mathbf{I}(t) = \sum_{q=1}^{N-1} \sum_{\ell=1}^{L_q} \alpha_{q,\ell} s(t - \tau_{q,\ell}) \mathbf{a}(\theta_{q,\ell}) \quad (2)$$

ile belirtilir. $\mathbf{N}(t)$ karmaşık değerli beyaz gürültü olarak adlandırılan gürültü bileşeni, farklı θ_l çoklu yol açıları için $\mathbf{a}(\theta_l)$ ise doğrultu vektörüdür. \mathbf{W} ağırlık vektörü bazı optimizasyon yada ışın şekillendirici algoritmalar vasıtasıyla optimum SINR güç oranını yada kriter olarak alınan objektif fonksiyona göre belirlenir.

$$\mathbf{z}(t) = \mathbf{W}^H(t) \mathbf{X}(t) \quad (3)$$

Şekil 1'de sistemin donanım yapısı gösterilmektedir. Sistem veri üretimi için bir bilgisayar ve SDR gerçekleştirilmesi için C6701 EVM, C6711 DSK ve C6713 DSK'ten oluşmaktadır. Matlab ürün ailesinin TI DSP'leri için kullanılan yazılımın bilgisayara kurulmasıyla sistem yapısı oluşturulmuştur. Bu yazılım DSP yada Code Composer Studio'dan (CCS) Matlab'a veya ters yönde gerçek zamanlı veri alışverişini sağlamaktadır.

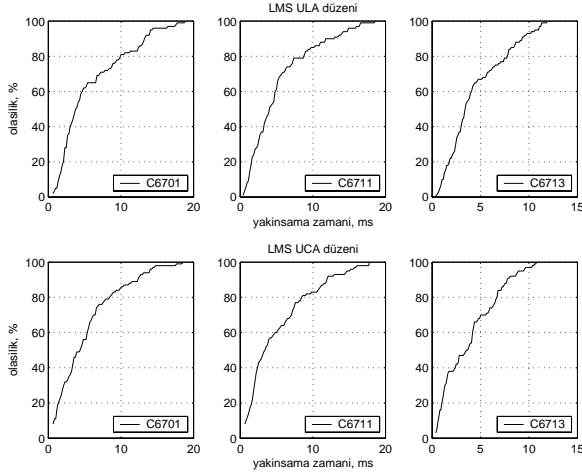


Şekil 1. Simülasyon sisteminin genel yapısı ve veri akış yönü.

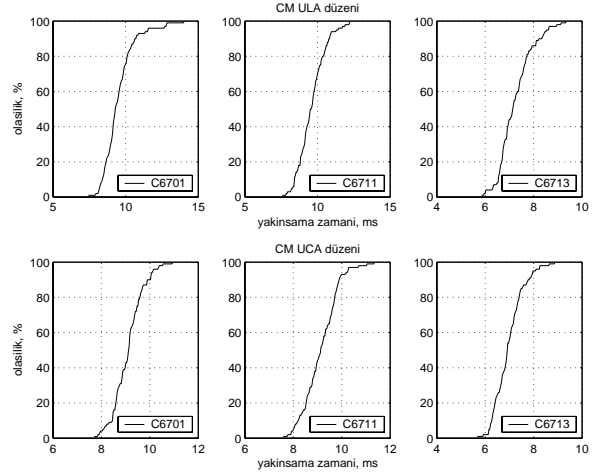
DSP emülasyonu aşağıdaki adımlara göre gerçekleştirilmiştir: Anten tarafından cdma2000 formatında alınan veri bilgisayarda üretilip veri dosyası olarak kaydedildi. Sinyal modellenmesinde, kablosuz vektör kanalında istenen kullanıcı için bir direk ve bir çoklu yol bileşeni, parazit sinyali ve gürültü sinyali göz önüne alındı. Algoritmalar TI CCS assembly dilinde kodlandı. Yazılan bu kod yine CCS tarafından derlenip DSP'nin program hafızasına yüklendi. Yüklenen bu program vasıtasıyla DSP, ışın şekillendirici ağırlık vektörünü hesapladı. Simülasyonlarda kullanılan diğer parametreler şunlardır: istenir kullanıcının direkt yolu 32° , çoklu yol ve parazit sinyalleri her çalışmada düzgün dağılım kullanılarak rastgele seçildi. Çoklu yol zayıflamasının genlik ve faz bileşenleri sırasıyla Rayleigh ve düzgün rastgele değişkenler olarak temsil edildi. Her iki algoritma için örnekleme sayısı 1000, LMS algoritması için adım aralığı 0,01 ve CM algoritması için ağırlık faktörü 0,99 olarak kabul edildi. Algoritmalar için yakınsama kriteri ardarda sıralanmış iki ağırlık vektörü arasındaki hatanın normu ile belirlendi.

4. Sonuçlar

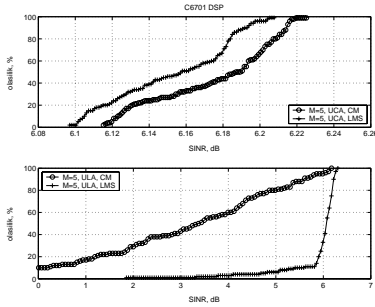
Monte Carlo simülasyonlarının 100 kez çalıştırılmasıyla yakınsama zamanının ve alınan SINR'nin istatistiksel değerleri elde edildi. Şekil 2 ve 3 sırasıyla LMS ve CM algoritması ve ULA ve UCA anten topolojilerinde ağırlık vektörünün hesaplanması için gerekli zamanın dağılımını vermektedir. Bu şekillerden, %50'lik bölüm için C6713 DSP'nin en çok 7ms'de yukarı bağlantı işlemini gerçekleştirebildiği ve LMS algoritmasının yakınsama zamanının aynı anten düzeni için CM algoritmasına göre daha hızlı olduğu görülmektedir. Ancak CM algoritmasının açılal yayılımdaki değişimlerden daha az etkilenmesi nedeniyle yayılımı daha azdır.



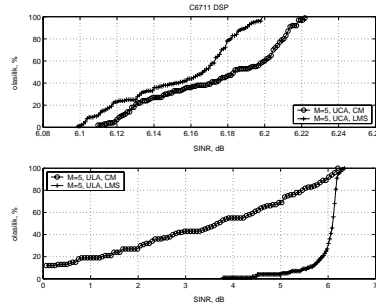
Şekil 2. Farklı DSP'lerde LMS algoritması ULA ve UCA düzeni yakınsama zamanının kümülatif dağılımı.



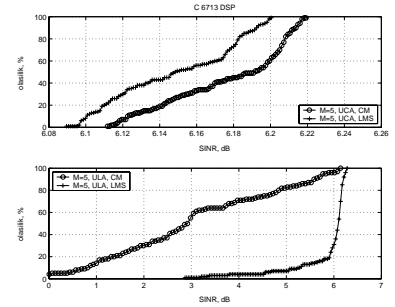
Şekil 3. Farklı DSP'lerde CM algoritması ULA ve UCA düzeni yakınsama zamanının kümülatif dağılımı.



Şekil 4. Farklı algoritma ve anten düzenleri, C6701 DSP için SINR performansının kümülatif dağılımı.



Şekil 5. Farklı algoritma ve anten düzenleri, C6711 DSP için SINR performansının kümülatif dağılımı.



Şekil 6. Farklı algoritma ve anten düzenleri, C6713 DSP için SINR performansının kümülatif dağılımı.

Şekil 4,5 ve 6 C6701, C6711 ve C6713 DSP'leri için algoritmaların SINR performanslarını göstermektedir. SINR performansının DSP tipinden tamamen bağımsız, ama algoritma ve anten düzeni açısından önemli olduğu anlaşılmaktadır. Her iki algortmada UCA düzeninde yaklaşık olarak aynı SINR değerlerini verirken, %50'lik bölüm için ULA düzeninde LMS algoritması CM algoritmasına göre 3dB daha yüksek sonuç vermektedir.

Sonuç olarak bu çalışmada SDR gerçekleştirimi cdma2000 yukarı bağlantı kanalı için DSP'lerini kullanarak oluşturuldu. SINR cinsinden performans değerlendirilmesi için, algoritma tipi ve anten topolojilerinin DSP tipinden daha önemli olduğu, yakınsama zamanı cinsinden performans değerlendirilmesi için ise C6713 işlemcisinin tüm algoritmalar ve anten topolojilerinde en iyi sonuç verdiği ve akıllı anten algoritmalarının SDR kullanarak gerçekleştiriminin C6713 işlemcisi ile en iyi biçimde oluşturulması gösterildi.

Kaynaklar

- [1]. Burns, P., Software defined radio for 3G, Artec House, Norwood, A.B.D. 2002.
- [2]. Rappaport T. S. ve Liberti J. C., Smart Antennas for Wireless Communication, Prentice Hall, Newjersey, A.B.D., 1999.
- [3]. TIA/EIA Interim Standard, Physical Layer Standard for cdma2000 spread spectrum systems, TIA/EIA/S-2000-2.
- [4]. Texas Instruments, TMS320C6000 Technical Brief, Texas, A.B.D., 1999.