

Akıllı Antenler için DSP Tabanlı Uzay Kod Korelatör Algoritması Gerçeklenmesi ve Performans Analizi

Kerem Küçük ve Adnan Kavak*
Kocaeli Üniversitesi
Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü
Umuttepe Kampüsü, Kocaeli
kkucuk@kou.edu.tr

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

Özet: Bu makalede, uzay kod korelatörü (*Space Code Correlator, SCC*) olarak isimlendirilen yeni bir akıllı anten algoritması tasarımı ve gerçekleştirimini öneren bir çalışma sunulmaktadır. Önerilen algoritma önceden belirlenmiş doğrultu vektörleri ve istenilir kullanıcı kodu ile kod korelasyonu ve depolanmış doğrultu vektörleri ile genişletilmiş sinyalin uzaysal korelasyonu temeline dayanmaktadır. Amaç, yakınsama problemini ortadan kaldırarak sabit gerçekleştirme zamanına sahip, yeterli SINR performansını sağlayan ağırlık vektörlerinin bulunmasıdır. SCC algoritması çoklu yol yayılım koşullarında, farklı Texas Instruments TMS320C67x sayısal işaret işlemcileri üzerinde gerçekleştirilmekte ve literatürdeki algoritmalarla karşılaştırılmaktadır. Gerçekleştirme adımları ve ağırlık vektörü hesaplama zamanı ile ilgili sonuçların analizi sunulmaktadır.

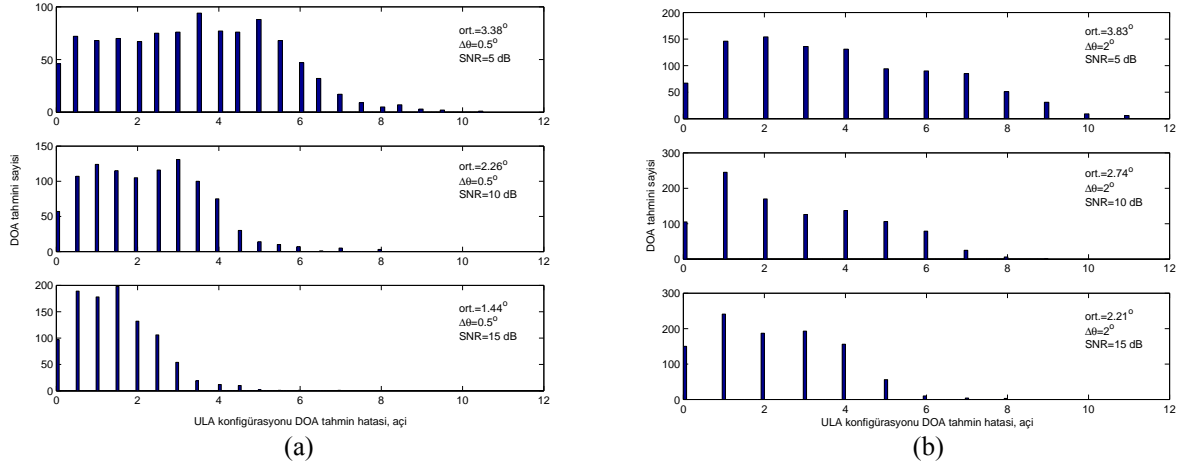
1. Giriş

Gezgin haberleşmenin, sağlanması planlanan ve geniş bant kod bölmeli çoklu erişim dayanan üçüncü nesil standartlar, kullanıcılara mümkün olduğunca yüksek hızda ve değişik sayıda servisler sunmaktadır. Bununla birlikte, karışık trafik sinyallerinin kablosuz yayılım ortamından yüksek hızda ve kalitede iletilebilmesi, sınırlı sistem kapasitesi ve kapsama alanı yetersizliği gibi problemleri beraberinde getirmektedir. Baz istasyonunda önemli kapasite ve performans artımı sağlayan akıllı anten sistemi (AAS) 3. nesil CDMA sistemleri için önde gelen bir teknolojidir [1]. 3. nesil sistemlerdeki baz istasyonlarına AAS'nin entegre edilebilmesi için, frekans bölmeli çift yönlü moda uyumlu çalışan, işlem yükü az olan ve istenilen performansı sağlayabilen akıllı anten algoritmalarının geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Çünkü bu tür algoritmalar programlanabilir işlemciler üzerinde gerçekleştirilebilirler ve dolayısıyla mevcut 3. nesil baz istasyonlarının fazla değişiklik gerektirmeden AAS yeteneği olan baz istasyonlarına güncellenmesini kolaylaştırırlar. Bu amaçla, çalışmada CDMA-FDD uyumlu akıllı anten algoritmalarının sayısal işaret işlemciler (DSP) kullanılarak gerçekleştirilmesi üzerinde durulmuştur. DSP olarak Texas Instruments'ın C67x ailesindeki işlemciler (C6701 EVM, C6711 DSK ve C6713 DSK) seçilmiştir. Baz istasyonundaki anten dizisi olarak ise düzgün doğrusal dizi seçilmiştir. Anten dizisinden alınan sinyalin, gezgin kullanıcı tarafından CDMA2000 formatında gönderildiği ve bu sinyalin değişen çoklu yol koşullarına maruz kaldığı varsayılmıştır. Önerdiğimiz SCC algoritmasının avantajı önceden belirlenmiş herhangi bir parametreye ihtiyaç duymaması ve ağırlık vektörü hesaplama zamanının anten topolojisi ve çoklu yol yayılım koşullarından etkilenmemesidir [2]. SCC algoritmasının sahip olduğu bu avantajları göstermek için, literatürdeki mevcut en basit yapıdaki uyarlanabilir algoritmalarından Least Mean Square (LMS) [3] ve Constant Modulus (CM) [4] algoritmaları ile performans karşılaştırılması yapılmıştır.

2. Uzay Kod Korelatör Algoritması

Anten girişine gelen sinyallerin istenir kullanıcı kodu ile korelasyonu ve elde edilen kod korelatör çıkışının hangi açılarda maksimum olduğunun belirlenmesi mantığına dayanan SCC algoritmasının blok diyagramı Şekil 1'de verilmektedir. Burada öncelikle, anten dizisi tarafından alınan istenir kullanıcıya ait çoklu yol bileşenleri $X(t)$ o kullanıcının kodu ile genişletilir. Daha sonra genişletilmiş olan her bir çoklu yol sinyali 0° ile 180° aralığında dağıtılmış dizi yanıt vektörleri ile korele edilir. Algoritma bu işlemleri L adet çoklu yol hesabı için gerçekleştirmektedir. Çoklu yol bileşeni orijinal sinyalin zamanda kaydırılmış versiyonudur ve onun genişletilmiş olan kodu da aynı zamanda seçilmiş kullanıcı kodu ile ilişkili olan kısmının zamanda kaydırılmış

tahmin hatası üzerindeki etkisini incelenmiştir. Bu amacı gerçekleştirmek için Monte Carlo simülasyonlarını dinamik çoklu yol şartlarında 1000 kez tekrarlayarak çalıştırılmıştır. Dinamik çoklu yol şartları ve DOA arama çözünürlüğünün $\Delta\theta=0.5^\circ$ ve $\Delta\theta=2^\circ$ olduğu durumda SCC algoritmasının ULA konfigürasyonu için DOA tahmin hatası histogramı ve ortalama değerleri sırasıyla Şekil 2’de gösterilmektedir. Görülmektedir ki, DOA arama çözünürlüğü $\Delta\theta=0.5^\circ$ ve çoklu yol SNR değerinin 15 dB olduğu durum diğer çoklu yol seviyelerindeki tahmin hatalarından daha küçük bir değerdedir. DOA arama çözünürlüğünün $\Delta\theta=2^\circ$ ve çoklu yol SNR değerinin 15 dB olduğu durum diğer SNR seviyelerine göre daha iyi sonuçlar vermesine rağmen, DOA tahmin hataları karşılaştırıldığında DOA arama çözünürlüğünün $\Delta\theta=0.5^\circ$ olduğu durum tüm çoklu yol seviyeleri ve ULA konfigürasyonda en küçük DOA tahmin hatalarına sahiptir. Dolayısıyla görülmektedir ki, çoklu yolların SNR seviyesi arttığında DOA tahmin hatası azalmaktadır.



Şekil 2. Dinamik çoklu yol koşulları ve farklı DOA çözünürlüğü için SCC algoritması ULA konfigürasyonu DOA tahmin hataları, a) $\Delta\theta=0.5^\circ$, b) $\Delta\theta=2^\circ$

SCC algoritmasının avantajlarını göstermek için LMS ve CM algoritmaları ile performans karşılaştırılması yapılmıştır. Bu algoritmaların gerçekleştirilmesinde için simülasyon parametreleri SCC algoritması ile aynı tutulmuştur. Simülasyonlar sonunda hesaplama zamanının ve alınan SINR değerinin istatistikleri elde edilmiştir. Elde edilen hesaplama zamanının ortalama ve standart sapmaları Tablo 1’de verilmiştir. SCC algoritması çoklu yol şartlarına bakılmaksızın sabit gerçekleştirme zamanına sahip olduğu tablodan görülmektedir. SCC, LMS ve CM algoritmalarının gerçekleştirimi cdma2000 sistemi çerçeve aralığı olarak belirlenen 10 ms’den daha az bir zamanda gerçekleştirilebilmektedir. Algoritmaların SINR performanslarına bakıldığında ise, istatistiksel sonuçların ortalama değerleri alındığında LMS algoritmasının SINR değeri 12.59 dB, CM algoritmasının 15.97 dB, SCC algoritmasının ise 20.83 dB olduğu tespit edilmiştir. Buradan algoritmaların SINR çıkışlarında da SCC algoritmasının diğer algoritmalarla göre yaklaşık 5 dB daha iyi sonuç verdiği görülmektedir.

Tablo 1. Akıllı anten algoritmaları yakınsama zamanları

		LMS	CM	SCC	
Yakınsama zamanı (ms)	Ort	C6701	11.302	11.692	10.831
		C6711	11.167	11.773	12.214
		C6713	7.433	8.841	9.344
	Std. Sapma	C6701	3.661	0.181	0
		C6711	3.471	0.170	0
		C6713	1.421	0.463	0

Kaynaklar

- [1]. Rappaport T. S. ve Liberti J. C., Smart Antennas for Wireless Communication. Prentice Hall, A.B.D., 1999.
- [2]. Kucuk K., Karakoc M., Kavak A. ve Yigit H., “Design and Hardware Implementation of A Novel Smart Antenna Algorithm With Using TI DSPs,” 2nd International Symposium on Wireless Communication Systems, Eylül 2005, Siena, İtalya, s.596-600.
- [3]. Godara L., “Application of antenna arrays to mobile communications, Part II: beamforming and direction-of-arrival considerations,” Proceedings of the IEEE, 85(8), s.1195-1245, 1997.
- [4]. Veen A. J. ve Paulraj A., “An analytical constant modulus algorithm,” IEEE Trans. of Signal Proc., 44(5), s.1136-1155, 1996.