ÖZET

Bir Örnekleme Yöntemi

Buluş, yüksek anlık bant genişliklerine erişebilen ve bu geniş bant içinde kalan ortamdaki sinyallerin parametrelerini farklı zaman-frekans çözünürlüklerinde ölçebilen bir örnekleme yöntemi ile ilgilidir.

İSTEMLER

1. Gerçek zamanlı olarak çalışan elektronik harp sistemlerinde kullanılan bir örnekleme yöntemi olup, özelliği;

a. anten dizisinden gelen analog sinyallerin, aynı hızda örnekleme yapan ve senkron olarak çalışan senkron dönüştürücülerde örneklenerek sayısallaştırılması,

b. çok yönlü antenden (1) gelen verinin, asenkron olarak çalışan dönüştürücülere bölünerek verilmesi,

c. senkron ve asenkron dönüştürücülerde sayısallaştırılan verilerin, farklı boylardaki pencerelerde biriktirilerek FFT'sinin alınması,

d. tepe bulucu bloğunda (2) farklı boylarda alınan FFT'lerin genlik karesinin hesaplanarak genlik kare verisi üzerindeki tepe noktaların hesaplanması,

e. FFT'si alınmış ve tepe noktası belirlenmiş senkron dönüştürücüdeki verilerin tepe noktasının genliğinin, frekansının ve zamanının darbe tanımlayıcı kelime çıkarıcı bloklarında toplanarak darbe tanımlayıcı kelimenin üretilmesi,

f. FFT'si alınmış ve tepe noktası belirlenmiş asenkron dönüştürücüdeki verilerin tepe noktasının genliğinin, frekansının ve spektral hafıza bloklarında toplanarak verilere ait spektral aktivitenin üretilmesi,

g. e işlem adımında üretilen darbe tanımlayıcı kelime ile f işlem adımında üretilen verilere ait spektral aktivite kullanılıp belirsiz çözücü bloklarında frekans belirsizliğinin çözülerek yayının gerçek frekansının kestirilmesi,

h. aynı yayına ait olduğu tespit edilen belirsizlik çözücü bloklarından çıkan darbe tanımlayıcı kelimelerin birleştiricide (3) birleştirilerek tek bir darbe tanımlayıcı kelimenin üretilmesi işlem adımlarını içermesidir.

2. İstem 1'e göre örnekleme yöntemi olup, özelliği; FFT binleri arasındaki spektral akmayı engellemek üzere FFT hesaplamadan önce biriktirilen verilerin bir pencere fonksiyonu ile çapılmasıdır.

TARİFNAME

Bir Örnekleme Yöntemi

Teknik Alan

Buluş, gerçek zamanlı olarak çalışan elektronik harp sistemlerinde kullanılan çok kanallı, çok çözünürlüklü ve çoklu hızlarla Nyquist limiti altında örnekleme yapan bir yöntem ile ilgilidir.

Buluş özellikle, Nyquist limiti altında örnekleme yaparak yüksek anlık bant genişliklerine erişebilen ve bu geniş bant içinde kalan ortamdaki sinyallerin parametrelerini farklı zaman-frekans çözünürlüklerinde ölçebilen bir örnekleme yöntemi ile ilgilidir.

Tekniğin Bilinen Durumu

Farklı hızlarda örnekleme yapan ADC (Analog-to-Digital Converter) kullanarak, yüksek anlık bant genişliklerine erişmek literatürde bilinen bir yöntemdir. [1] Bu yönteme göre, girdi sinyal, farklı hızlarda örnekleme yapan birden fazla ADC ile sayısallaştırılır. Her ADC'den toplanan sayısal verilerden, bir frekans kestirimi elde edilir. ADC sayısı kadar olan frekans kestirimleri kullanılarak girdi sinyalin frekansı tespit edilir. Bu yöntemi kullanan bir Cognitive Radio uygulaması bulunmaktadır. [2] Bu uygulamadaki almaç yapısı tek kanallı olup, tek zaman-frekans çözünürlüğünde sinyal tespiti yapabilmektedir.

Gerçek zamanlı çalışan elektronik harp almaçlarına farklı hızlarda örnekleme yapan ADC'lerin kullanılmasının uygulanması bazı sorunlar yaratmaktadır. Örneğin farklı hızlarda örnekleme yapan ADC'lerden asenkron veri akmaktadır. Gerçek zamanlı çalışan FPGA (Field Programmable Gate Array) ortamında, asenkron akan verilerden girdi sinyalin frekans kestiriminin yapılması gerekmektedir. Aynı anda hem çok kısa hem de çok uzun darbesel sinyalleri tespit edebilmek için farklı zaman-frekans çözünürlüklerinde tespit yapılması gerekmektedir. Ayrıca, çoğu uygulamada, farklı yönlere bakan birden çok anten bulunmaktadır. Bu uygulamalar için, çok kanallı bir yapıya ihtiyaç duyulmaktadır.

Mevcut teknikte yapılan araştırma sırasında, US6313781B1 numaralı başvuruya rastlanılmıştır. Başvuru, eşzamanlı darbe için analiz, yön bulma ve LPI sinyal algılama ile ilgilidir. Ancak başvuruda, elektronik harp sisteminde kullanılan çok kanallı, Nyquist limiti altında örnekleme yaparak, yüksek anlık bant genişliklerine erişebilen, geniş bant

içinde kalan ortamdaki sinyallerin parametrelerini farklı zaman frekans çözünürlüklerinde ölçebilen bir yöntemden bahsedilmemektedir.

Sonuç olarak yukarıda anlatılan olumsuzluklardan dolayı ve mevcut çözümlerin konu hakkındaki yetersizliği nedeniyle ilgili teknik alanda bir geliştirme yapılması gerekli görülmüştür.

Buluşun Amacı

Buluş, mevcut durumlardan esinlenerek oluşturulup yukarıda belirtilen olumsuzlukları çözmeyi amaçlamaktadır.

Buluşun ana amacı, gerçek zamanlı olarak çalışan elektronik harp sistemlerinde çoklu-FFT (Fast Fourier Transfrom) ile farklı zaman-frekans çözünürlüklerinde örnekleme yapılmasını sağlamaktır.

Buluşun amacı, Nyquist limiti altında örnekleme yaparak yüksek anlık bant genişliklerine erişebilen ve bu geniş bant içinde kalan ortamdaki sinyallerin parametrelerini farklı zaman-frekans çözünürlüklerinde ölçülmesini sağlamaktır.

Yukarıdaki amaçlar yerine getirmek üzere buluş, gerçek zamanlı olarak çalışan elektronik harp sistemlerinde kullanılan bir örnekleme yöntemi olup,

a. anten dizisinden gelen analog sinyallerin, aynı hızda örnekleme yapan ve senkron olarak çalışan senkron dönüştürücülerde örneklenerek sayısallaştırılması,
b. çok yönlü antenden gelen verinin, asenkron olarak çalışan dönüştürücülere bölünerek verilmesi,
c. senkron ve asenkron dönüştürücülerde sayısallaştırılan verilerin, farklı boylardaki pencerelerde biriktirilerek FFT'sinin alınması,
d. farklı boylarda alınan FFT'lerin genlik karesinin hesaplanarak genlik kare verisi üzerindeki tepe noktaların tepe bulucu bloğunda hesaplanması,
e. FFT'si alınmış ve tepe noktası belirlenmiş senkron dönüştürücüdeki verilerin tepe noktasının genliğinin, frekansının ve zamanının darbe tanımlayıcı kelime çıkarıcı bloklarında toplanarak darbe tanımlayıcı kelimenin üretilmesi,
f. FFT'si alınmış ve tepe noktası belirlenmiş asenkron dönüştürücüdeki verilerin tepe noktasının genliğinin, frekansının ve spektral hafıza bloklarında toplanarak verilere ait spektral aktivitenin üretilmesi,

g. e işlem adımında üretilen darbe tanımlayıcı kelime ile f işlem adımında üretilen verilere ait spektral aktivite kullanılıp belirsiz çözücü bloklarında frekans belirsizliğinin çözülerek yayının gerçek frekansının kestirilmesi,
h. aynı yayına ait olduğu tespit edilen belirsizlik çözücü bloklarından çıkan darbe tanımlayıcı kelimelerin birleştiricide birleştirilerek tek bir darbe tanımlayıcı kelimenin üretilmesi işlem adımlarını içermesi ile ilgilidir.

Buluşun yapısal ve karakteristik özellikleri ve tüm avantajları aşağıda verilen şekiller ve bu şekillere atıflar yapılmak suretiyle yazılan detaylı açıklama sayesinde daha net olarak anlaşılacaktır ve bu nedenle değerlendirmenin de bu şekiller ve detaylı açıklama göz önüne alınarak yapılması gerekmektedir.

Şekillerin Açıklaması

Şekil 1, buluş konusuna ait örnekleme diyagramının blok diyagramıdır.

Şekil 2, senkron dönüştürücünün örnekleme frekansı 2.5GHz, asenkron dönüştürücünün örnekleme frekansı 3.1GHz için, 0-9GHz aralığında ölçülen frekansların scatter grafiği.

Şekil 3, senkron dönüştürücünün örnekleme frekansı 3GHz, asenkron dönüştürücünün örnekleme frekansı 3.1GHz için, 0-9GHz aralığında ölçülen frekansların scatter grafiği.

Şekil 4, senkron dönüştürücünün örnekleme frekansı 2.53GHz, asenkron dönüştürücünün örnekleme frekansı 1.47GHz ve asenkron dönüştürücünün örnekleme frekansı 0.77GHz için, 0-9GHz aralığında ölçülen frekansların scatter grafiği.

Parça Referanslarının Açıklaması

1. Çok yönlü anten
2. Tepe bulucu bloğu
3. Birleştirici

A_1, A_2,…,A_K: Analog sinyal üreten anten dizileri

A_1: Analog sinyal üreten birinci anten dizisi

A_2: Analog sinyal üreten ikinci anten dizisi

A_K: Analog sinyal üreten k'ıncı anten dizisi

K: toplam anten dizisi sayısı

ADC: Dönüştürücü (Analog-to-Digital Converter)

ADC1: Dönüştürücü 1

ADC2: Dönüştürücü 2

ADC2: Dönüştürücü 3

MHz: Megahertz

ADCsek_1, ADCsek_2,…,ADCsek_K : Senkron dönüştürücüler

FFT_1, FFT_2…, FFT_N : Hızlı Fourier Dönüşümleri (Fast Fourier Transform–FFT)

DTK: Darbe tanımlayıcı kelime

DTK_1, DTK_2, …, DTK_N : Darbe tanımlayıcı kelime çıkarıcı blokları

$\mathrm{ADCasek}_1$, $\mathrm{ADCasek}_2$,…,$\mathrm{ADCasek}_L$: Asenkron dönüştürücüler

L: Asenkron dönüştürücülerin toplam sayısı

SH_1, SH_2,…,SH_N: Spektral hafıza blokları

$\mathrm{BÇ}_1$, $\mathrm{BÇ}_2$,…, $\mathrm{BÇ}_N$: Belirsizlik çözücü blokları

N: Blokların toplam sayısı

Buluşun Detaylı Açıklaması

Bu detaylı açıklamada, buluşun tercih edilen yapılanmaları, sadece konunun daha iyi anlaşılmasına yönelik olarak ve hiçbir sınırlayıcı etki oluşturmayacak şekilde açıklanmaktadır.

Buluş konusuna ait blok diyagram Şekil 1'de yer almaktadır. Buna göre, K adet anten dizisinden (A_1, A_2,…,A_K) gelen analog sinyallere senkron veri işleme, çok yönlü antenden (1) (omni anten) gelen sinyale ise asenkron veri işleme uygulanmaktadır.

Senkron Veri İşleme

A_1, A_2,…,A_K olarak belirtilen K adet anten dizisinden gelen analog sinyaller, aynı hızda örnekleme yapan ve senkron olarak çalışan ADCsek_1, ADCsek_2,…,ADCsek_K olarak belirtilen senkron dönüştürücülerde örneklenerek sayısallaştırılmaktadır. Senkron dönüştürücülerde sayısallaştırılan verilerin, farklı boylardaki pencerelerde biriktirilerek FFT'si (Fast Fourier Transform–FFT) alınmaktadır. FFT_1, FFT_2…, FFT_N farklı boylarda alınan FFT'lere karşılık gelmektedir. Farklı boylarda alınan N adet FFT'nin genlik karesi hesaplanır ve bu genlik kare verisi üzerindeki tepe noktalar tepe bulucu bloğunda (2) hesaplanmaktadır.

Senkron dönüştürücülerde, herhangi bir senkron dönüştürücünün $\mathrm{FFT_N}$ isimli FFT verisinden bir tepe noktası tespit edilirse, diğer senkron dönüştürücülerin $\mathrm{FFT_N}$ isimli FFT verilerinden de aynı tepeye ait bilgiler çekilmektedir. Dolayısıyla tespit edilen her tepe noktanın tek bir zamanı, tek bir frekansı ve K adet genlik değeri vardır.

Tepe bulucu bloğunda (2) bulunan tepe noktanın genlikleri, frekansı ve zamanı $\mathrm{DTK_1}$, $\mathrm{DTK_2}$, …, $\mathrm{DTK_N}$ olarak belirtilen darbe tanımlayıcı kelime çıkarıcı bloklarında biriktirilmektedir. N adet FFT alındığı için N adet darbe tanımlayıcı kelime çıkarıcı bloğu bulunmaktadır. Darbe tanımlayıcı kelime çıkarıcı bloğunda biriktirilen tepe noktalarından darbe tanımlayıcı kelime (DTK) üretilmektedir. Bu noktada üretilen DTK'nın frekansı 0 ile $\mathrm{ADCsek_1}$, $\mathrm{ADCsek_2}$,…,$\mathrm{ADCsek_K}$ 'nin örnekleme frekansının yarısı arasındadır.

<u>Asenkron Veri İşleme</u>

Çok yönlü antenden (1) gelen veri, asenkron olarak çalışan $\mathrm{ADCasek_1}$, $\mathrm{ADCasek_2}$,…,$\mathrm{ADCasek_L}$ olarak belirtilen dönüştürücülere bölünerek verilmektedir. Asenkron olarak çalışan dönüştürücülerin örnekleme hızları hem birbirinden hem de senkron olarak çalışan dönüştürücülerden farklıdır. L adet bulunan asenkron olarak çalışan dönüştürücülerden gelen sayısal verilerin, farklı boylardaki pencerelerde biriktirilerek FFT'si alınmaktadır. $\mathrm{FFT_1}$, $\mathrm{FFT_2}$…, $\mathrm{FFT_N}$ farklı boylarda alınan FFT'lere karşılık gelmektedir. Farklı boylarda alınan N adet FFT'nin genlik karesi hesaplanır ve bu genlik kare verisi üzerindeki tepe noktalar tepe bulucu bloğunda (2) hesaplanmaktadır.

Tepe bulucu bloğunda (2) bulunan tepe noktanın genlikleri, frekansı ve zamanı $\mathrm{SH_1}$, $\mathrm{SH_2}$,…,$\mathrm{SH_N}$ olarak belirtilen spektral hafıza bloklarında biriktirilmektedir. N farklı FFT alındığı için N adet spektral hafıza bloğu vardır. N adet spektral hafıza bloğunda, belirli süre boyunca L adet bulunan asenkron dönüştürücülerde toplanan verilerdeki spektral aktivite tutulmaktadır.

Darbe tanımlayıcı kelime çıkarıcı bloklarından her DTK üretildiğinde spektral hafıza bloklarındaki frekans aktivite bilgisi kullanılarak $\mathrm{BÇ_1}$, $\mathrm{BÇ_2}$,…, $\mathrm{BÇ_N}$ olarak belirtilen belirsiz çözücü bloklarında frekans belirsizliği çözülür ve yayının gerçek frekansı kestirilmektedir.

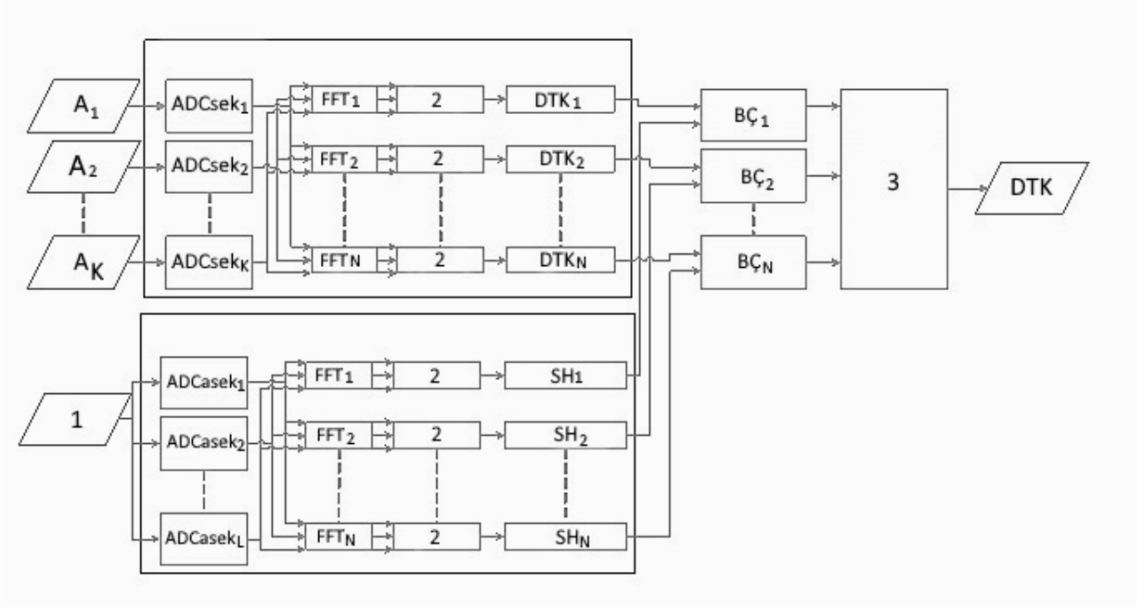
Bir yayın içerisinde birden çok FFT tespit edilmiş olabilmektedir. Dolayısıyla aynı yayına ait olduğu tespit edilen belirsizlik çözücü bloklarından çıkan DTK'lar birleştiricide (3) birleştirilerek tek bir DTK üretilmektedir.

Buluşun tercih edilen bir yapılanmasında, FFT pencere işlemi belirli oranda bir örtüşme ile yapılabilmektedir. FFT hesaplamadan önce ise biriktirilen veri bir pencere fonksiyonu ile çapılarak, FFT binleri arasındaki spektral akma engellenebilmektedir.

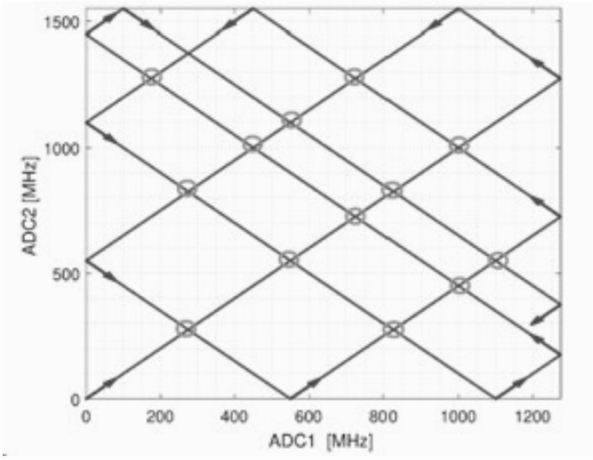
Asenkron olarak çalışan dönüştürücülerin sayısı ile senkron ve asenkron olarak çalışan dönüştürücülerin örnekleme frekanslarının seçimi oldukça önemlidir. Örnek olarak, senkron dönüştürücünün frekansının 2.5 GHz, asenkron dönüştürücü sayısının 1 ve örnekleme frekansının 3.1GHz olduğu durumda girdi sinyalin frekansı 0'dan 9GHz' kadar 1MHz aralıklarla artırıldığında, senkron ve asenkron dönüştürücülerde ölçülen frekansların scatter grafiği Şekil 2'de verilmiştir. Grafik üzerinde belirtilen halkalar frekans belirsizliği olan noktaları göstermektedir.

Aynı grafik senkron dönüştürücü örnekleme frekansının 3GHz, asenkron dönüştürücü örnekleme frekansının 3.1GHz olduğu durum için Şekil 3'te tekrarlanmıştır. Her iki grafikte de frekans belirsizliği olan noktalar vardır. Bu grafikte görülen doğru parçalarının birbirine yaklaşması, frekans belirsizliği olasılığını artırmaktadır. Dolayısıyla hem senkron dönüştürücünün örnekleme frekansı hem de asenkron dönüştürücülerin sayısı ve örnekleme hızları öyle seçilmelidir ki hem frekans belirsizliği oluşmamalı hem de bu doğru parçaları tanımlandıkları uzaya olabildiğince eş olasılıklı yayılmalıdır.

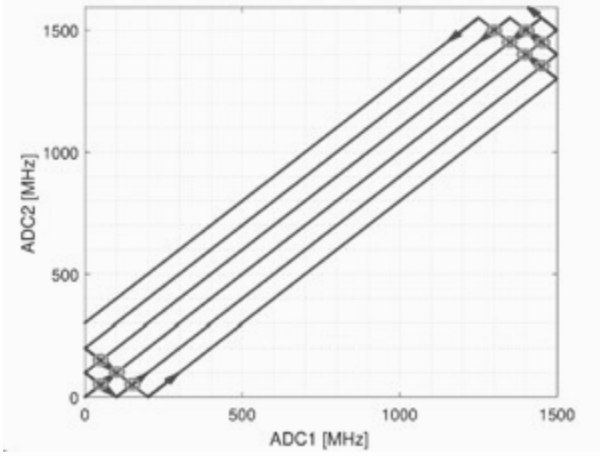
Şekil 4'te, senkron dönüştürücünün örnekleme frekansı 2.53 GHz, asenkron dönüştürücünün örnekleme frekansı 1.47 GHz ve asenkron dönüştürücünün örnekleme frekansı 0.77GHz için, 0-9GHz aralığında ölçülen frekansların scatter grafiği verilmiştir. Üstte 3D grafik, aşağıda ise aynı grafiğin farklı 2D görüntüleri verilmiştir. Görüldüğü üzere asenkron dönüştürücü sayısı ikiye çıkarıldığında 0-9GHz bandında frekans belirsizliği oluşmamaktadır. Ayrıca oluşan doğru parçaları olabildiğince eş olasılıkla 3D uzaya yayılmıştır.



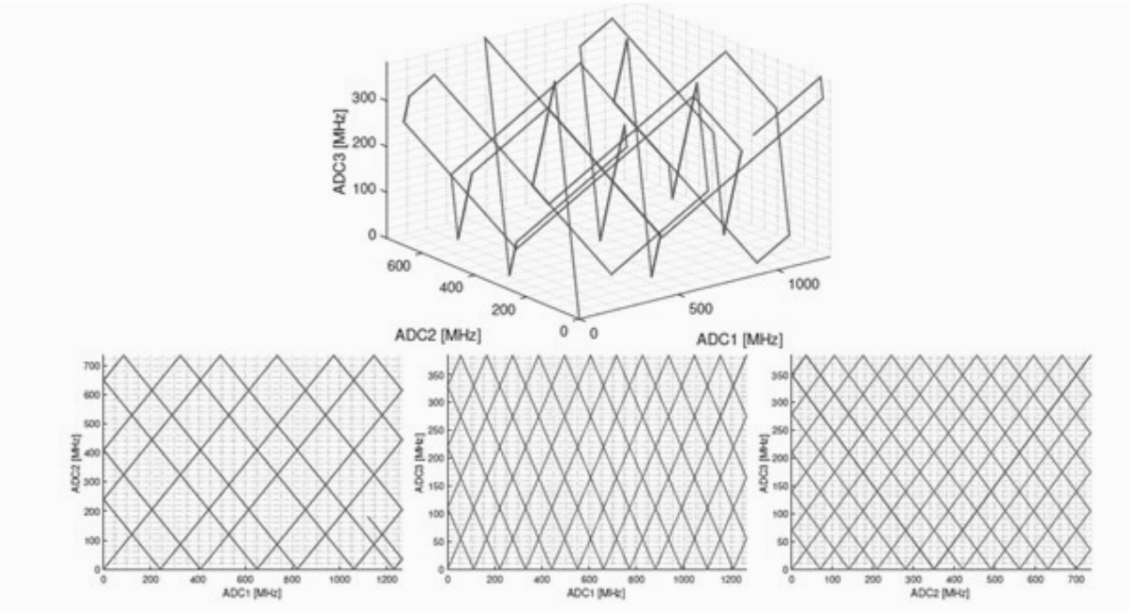
Şekil 1



Şekil 2



Şekil 3



Şekil 4