

OZET

ORTAK HABERLEŞME ALGILAMA VE KANAL TAHMİNİNE YÖNELİK ORTAK CIVILTİ-OTFS DALGA BOYU TASARIMI

5

Mevcut buluş, minimum bilgisayarlı karmaşıklık ve daha uzun menzil, daha hızlı takip hızı ve doppler frekans tahmini gibi daha iyi radar yeteneğine sahip ortak radar ve algılama gerçekleştirmek amacıyla OTFS ve çip dalga boylarının dikey çoklamasını içeren yeni bir yöntem ile ilgilidir. Buluşun yöntemi, aynı zamanda gecikme-Doppler alanındaki seyrek

10

kanalı tahmin etmek üzere kullanılabilir.

ABSTRACT**JOINT CHIRP-OTFS WAVEFORM DESIGN FOR JOINT COMMUNICATION SENSING
AND CHANNEL ESTIMATION**

10 Present invention relates to a new method comprising orthogonal multiplexing of OTFS and chip waveforms in order to perform joint radar and sensing with minimum computational complexity and better radar capability such as longer range, faster tracking rate and doppler frequency estimation. The method of the invention can also be used to estimate the sparse channel in delay-Doppler domain.

İSTEMLER

- 5 1. Ortak radar ve haberleşme gerçekleştirilmesine yönelik ve/veya gecikme-Doppler alanında seyrek kanalın tahmin edilmesine yönelik bir yöntem olup, aşağıdaki temel adımları içermektedir;
 - Vericide üretme ve
 - Alıcıda tahmin ve saptama.
- 10 2. İstem 1'e göre yöntem olup, vericideki üretimin aşağıdaki adımları içermesi ile karakterize edilmektedir;
 - Doğrusal veya eğimli ve/veya tekli veya çoklu bir cıvıltı elde etmek üzere gecikme-Doppler alanında pilotların tasarlanması,
 - 15 - Gecikme-Doppler'deki boş kılavuzlara haberleşme verilerinin tahsis edilmesi,
 - Dikey zaman frekansı uzayı (OTFS) kullanılarak haberleşme verilerinin modülasyonu.
- 20 3. İstemler 1 veya 2'den herhangi birine göre bir yöntem olup, alıcıdaki tahmin ve saptama adımının, algılama veya ortak haberleşme ve algılama uygulamalarına yönelik olması ile karakterize edilmektedir.
- 25 4. İstemler 1 ila 3'ten herhangi birine göre bir yöntem olup, alıcıdaki tahmin ve saptamanın aşağıdaki adımları içermesi ile karakterize edilmektedir;
 - Algılama (I) ve
 - Kanal tahmini (II) ve
 - Haberleşme (III)
- 30 5. İstemler 1 ila 4'ten herhangi birine göre bir yöntem olup, radar uygulamaları gibi algılama uygulamalarında (Algılama (I)) alıcıdaki tahmin ve saptamanın aşağıdaki adımları içermesi ile karakterize edilmektedir;
 - İletilen sinyalin alınması ve kanalın ve çevreleyen ortamın iletim menzili içerisindeki herhangi düğüm tarafından algılanması,

- Doğru menzil ve hız tahminine sahip olmak üzere iletilen cıvıltı ile alınan sinyalin çapraz ilişkisini kurmak üzere otomatik düzeltme uygulanması.

5 6. İstem 5'e göre bir yöntem olup, algılamının analog alanda yapılması ile karakterize edilmektedir.

7. İstem 5'e göre bir yöntem olup, alıcının, kablosuz kanalı algılamak isteyen herhangi cihaz olması ile karakterize edilmektedir.

10 8. İstemler 4 ila 7'den herhangi birine göre bir yöntem olup, Kanal tahmininin (II), alınan sinyali denkleştirmek üzere ve verileri demodüle etmek üzere Algılamadan (I) gelen gecikmeler ve Doppler'lerden yararlanmasını içermesi ile karakterize edilmektedir.

15 9. İstemler 4 ila 8'den herhangi birine göre bir yöntem olup, Haberleşmenin (III), cıvıltı sinyalinin gecikme-Doppler alanına geri dönüştürülmesi ve diyagonal unsurların değerlerinin hata performansını geliştirmek üzere kullanılması ile karakterize edilmektedir.

20 10. İstemler 1 ila 9'dan herhangi birine göre bir yöntem olup, aşağıdaki adımları içermektedir;

- Doğrusal veya eğimli ve/veya tekli veya çoklu cıvıltılar elde etmek üzere gecikme-Doppler alanında pilotların tasarlanması,
- Gecikme-Doppler'deki boş kılavuzlara haberleşme verilerinin tahsis edilmesi,
- 25 - Dikey zaman frekansı uzayı (OTFS) kullanılarak haberleşme verilerinin modülasyonu, ve
- İletilen sinyalin alınması ve kanalın ve çevreleyen ortamın iletim menzili içerisindeki herhangi düğüm tarafından algılanması, tercihen algılama, hızlı takibe yönelik pahalı sinyal işleme araçlarına ihtiyaç duyulmaksızın analog alanda yapılmaktadır,
- 30 - Doğru menzil ve hız tahminine sahip olmak üzere iletilen cıvıltı ile alınan sinyalin çapraz ilişkisini kurmak üzere otomatik düzeltme uygulanması.

11. İstemler 1 ila 9'dan herhangi birine göre bir yöntem olup, aşağıdaki adımları içermektedir;

- Tekli veya çoklu cıvıtlara sahip farklı eğim değerleri elde etmek üzere gecikme-Doppler alanında pilotların tasarlanması,
- Gecikme-Doppler'deki boş kılavuza haberleşme verilerinin tahsis edilmesi,
- Dikey zaman frekansı uzayı (OTFS) kullanılarak haberleşme verilerinin modülasyonu,
- 5 ve
- İletilen sinyalin alınması ve kanalın ve çevreleyen ortamın iletim menzili içerisindeki herhangi düğüm tarafından algılanması, tercihen algılama, hızlı takibe yönelik pahalı sinyal işleme araçlarına ihtiyaç duyulmaksızın analog alanda yapılmaktadır,
- Doğru menzil ve hız tahminine sahip olmak üzere iletilen cıvıtlı ile alınan sinyalin
- 10 çapraz ilişkisini kurmak üzere otomatik düzeltme uygulanması,
- Alınan sinyali denkleştirmek ve verileri demodüle etmek üzere gecikmeler ve Doppler'lerden yararlanılması,
- Sinyalin gecikme-Doppler alanına geri dönüştürülmesi ve diyagonal unsurların değerlerinin hata performansını geliştirmek üzere kullanılması.

15

CLAIMS

1. A method for performing joint radar and communication and/or for estimating the sparse channel in delay-Doppler domain comprises the main steps of;
 - Generation at the transmitter and
 - 10 - Estimation and detection at the receiver.
2. A method according to claim 1 characterized in that generation at the transmitter comprises the steps of
 - Designing the pilots in delay-Doppler domain to obtain a linear or slope and/or single or multiple chirps,
 - 15 - Assigning the communication data to the empty grid in the delay-Doppler,
 - Modulation of the communication data using orthogonal time frequency space (OTFS)
3. A method according to any one of claims 1 or 2 characterized in that the step of estimation and detection at the receiver is for sensing or joint communication and sensing applications.
- 20 4. A method according to any one of claims 1 - 3 characterized in that estimation and detection at the receiver comprises the steps of;
 - Sensing I and
 - Channel Estimation II and
 - Communication III
- 25 5. A method according to any one of claims 1-4 characterized in that estimation and detection at the receiver in sensing applications such as radar applications (Sensing I) comprises the steps of;
 - Receiving the transmitted signal and sensing the channel and the surrounding environment by any node within the range of transmission and
 - 30 - Applying autocorrelation to cross-correlate the received signal with the transmitted chirp to have accurate range and velocity estimation.
6. A method according to claim 5 characterized in that sensing is done in analog domain.
7. A method according to claim 5 characterized in that the receiver is any device that wants to sense the wireless channel.

5 8. A method according to any one of claims 4-7 characterized in that Channel Estimation II comprises exploiting the delays and Dopplers from the sensing I to equalize the received signal and to demodulate the data.

9. A method according to any one of claims 4-8 characterized in that Communication III comprises transforming the chirp signal back into delay-Doppler domain and using the values of diagonal elements to enhance the error performance.

10. A method according to any one of claims 1-9 comprising the steps of;

- Designing the pilots in delay-Doppler domain to obtain a linear or slope and/or single or multiple chirps,

- Assigning the communication data to the empty grid in the delay-Doppler,

- Modulation of the communication data using orthogonal time frequency space (OTFS), and

- Receiving the transmitted signal and sensing the channel and the surrounding environment by any node within the range of transmission, preferably sensing is done in the analog domain without the need of expensive signal processing tools for fast tracking,

- Applying autocorrelation to cross-correlate the received signal with the transmitted chirp to have accurate range and velocity estimation.

11. A method according to any one of claims 1-9 comprising the steps of;

- Designing the pilots in delay-Doppler domain to obtain a differentslope values with single or multiple chirps,

- Assigning the communication data to the empty grid in the delay-Doppler,

- Modulation of the communication data using orthogonal time frequency space (OTFS), and

- Receiving the transmitted signal and sensing the channel and the surrounding environment by any node within the range of transmission, preferably sensing is done in the analog domain without the need of expensive signal processing tools for fast tracking,

- Applying autocorrelation to cross-correlate the received signal with the transmitted chirp to have accurate range and velocity estimation

- Exploiting the delays and Dopplers to equalize the received signal and to demodulate the data

- 5 - Transforming the chirp signal back into delay-Doppler domain and using the values of diagonal elements to enhance the error performance.

TARİFNAME

ORTAK HABERLEŞME ALGILAMA VE KANAL TAHMİNİNE YÖNELİK ORTAK CIVILTİ-OTFS DALGA BOYU TASARIMI

5

Teknik Alan

Mevcut buluş, minimum bilgisayarlı karmaşıklık ve daha uzun menzil, daha hızlı takip hızı ve doppler frekans tahmini gibi daha iyi radar yeteneğine sahip ortak radar ve algılama
10 gerçekleştirilmek amacıyla OTFS ve çip dalga boylarının dikey çoklamasını içeren yeni bir yöntem ile ilgilidir. Buluşun yöntemi, aynı zamanda gecikme-Doppler alanındaki seyrek kanalı tahmin etmek üzere kullanılabilir.

Önceki Teknik

15

Ortak Haberleşme ve Algılamanın (JCAS), iki radyo frekansı (RF), diğer bir deyişle haberleşme ve algılama fonksiyonunu gerçekleştirmek üzere bir donanım platformu ve bir dalga boyunu kullanması, bu sayede iki ayrı vericiye sahip olunması ile karşılaştırıldığında maliyetten ve güçten tasarruf edilmesi önerilmiştir. JCAS, nesnelerin interneti (IoT), sağlık
20 hizmetleri vb. gibi pek çok farklı uygulamaya yönelik olarak yaygın bir şekilde önerilmektedir. Mobil iletişimde yüksek performanslı kullanım senaryolarını daha iyi desteklemek üzere, dikey zaman frekansı uzayı (OTFS), genellikle geleneksel zaman-frekans alanından daha uzun kanal tutarlılığı vadeden gecikme-Doppler alanındaki veri sembollerini modüle etmek için önerilmektedir. Bu modülasyon formatı Doppler kaymalarına içsel bir
25 sağlamlık sunar ve doğal olarak gecikme-Doppler alanındaki seyrek kanallara uygundur; bu da onu radar ve algılama uygulamalarına yönelik olarak uygun kılmaktadır.

Ne var ki, alıcı tarafında OTFS'nin işlenmesi bilgisayarlı olarak pahalıdır ve dönüşümlerin başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesini gerektirmektedir, bunlar arasında: Heisenberg ve basit
30 Fourier dönüşümleri sayılabilir. Bu, JCAS için OTSF'nin kullanımını yalnızca yüksek bilgisayarlı yeterliliğe sahip cihazlara sınırlandırmaktadır. Ek olarak, alıcı tarafında yüksek karmaşıklık, menzil ve hız bilgilerinin gerçek zamanlı olarak elde edilmesinde daha uzun süreli gecikmeye işaret etmektedir.

OTFS, geleneksel zaman-frekans (TF) alanından ziyade, gecikme-Doppler (DD) alanında veri

sembollerini modüle etmektedir, zamana bağılı olarak değişken kanallara karşı yüksek dirençlilik sağlama konusunda büyük potansiyel sergilemiştir. Üstelik, OTFS modülasyonu iletilen sinyaller ile DD alanı kanalı, örneğin gecikme ve Doppler parametreleri arasında doğrudan etkileşime izin vermektedir, bu da algılama amacı ile kusursuz bir şekilde hizalanmaktadır. Örneğin, Yuan, W. ve diğerleri, 2021 yayınlarında, taşıtlara ilişkin ağlara yönelik yeni bir JCAS tabanlı ana sistemden uçbirime bağlantı iletimini önermiştir. Araçlar tarafından yansıtılan yankılara ve yavaş değişen DD alanı kanalı katsayılarına dayalı olarak, araçların hareket parametreleri, ana sistemden uçbirime bağlantı kanallarını tahmin etmeye yönelik olarak faydalanılan yol kenarındaki birimlerde tahmin edilebilir. Gaudio, L.'ye ait, 2020'de yayımlanan bir yayında, araştırmacılar, ayrık çok yollu bileşenlerin oluşturduğu, her biri karmaşık bir genlik ile karakterize edilen zaman-frekans seçimli kanallar üzerinden OTFS modülasyon formatına dayalı ortak bir radar parametresi tahmin ve haberleşme sistemi üzerinde çalışmıştır. Liu, C. ve diğerleri tarafından 2021'de yayımlanan bir çalışmada, bir OTFS taşıt radarının kanal vektörü analiz edilmiş ve gecikme-Doppler alanında altta yatan seyrek yapı ortaya çıkarılmıştır.

Ne var ki, geliştirilen bu yöntemler aşağıdaki dezavantajlara sahiptir:

1. Bilgisayımalsal olarak pahalıdırlar, diğer bir deyişle, kullanımları yalnızca bilgisayarımalsal olarak yetenekli cihazlar ile sınırlıdır.
2. Dijital alanda radar sinyali işleme yapılmasını gerektirirler, bu da güncel olmayan radar bilgileri nedeniyle, özellikle de hassas uygulamalara yönelik olarak sistemdeki gecikmeyi arttırmaktadır.
3. Kısa menzil ve düşük hız tahmininden mustariptirler.

Buluşun Amacı

Önceki tekniğe ait yöntemler düşünüldüğünde, buluş sahipleri daha geniş kapsamlı bir etki sağlamayı amaçlamaktadır.

Spektrum tıkanıklığındaki artış nedeniyle, araştırmacılar spektrumunu daha etkili bir şekilde kullanmanın yeni yollarını bulmayla ilgilenmektedir. Spektrum tıkanıklık problemine ek olarak, bu yöndeki çabalar, askeriye, havacılık ve meteorolojideki geleneksel uygulamalara ek olarak, son yıllarda radarın tüketici pazarında birkaç yeni uygulama bulması gerçeği ile daha da hızlanmıştır. Bu, otomotiv endüstrisindeki, adaptif seyir kontrolü, şerit değiştirme yardımı,

çapraz trafik uyarıları ve otonom araçlarda engelden kaçınma gibi uygulamaları içermektedir. Radarlar, yardımcı yaşam tesisi gibi, sağlık alanında da yeni uygulamalar bulmaktadır. Aynı zamanda, araçlar arası (V2V) haberleşmelere artan bir ilgi de mevcuttur ve çeşitli güvenlik fonksiyonları, akıllı trafik uygulaması sağlamak üzere ve otonom araçlar geliştirmek üzere 5 kayda değer çabalar sarf edilmektedir. Dolayısıyla, radar ve haberleşme fonksiyonlarının entegrasyonundan fayda sağlayacak olan birkaç uygulama bulunmaktadır. Dolayısıyla, radar ve haberleşme sistemleri arasında spektrum paylaşımı son yıllarda önemli ilgi çekmiştir.

Onerilen dalga boyu tasarımı, OTFS dalga boyu ile dikey olarak çoklanmış cıvıltı sinyali 10 tarafından ortak haberleşme ve radar sağlamaktadır. Bu tasarım, geleneksel OFDM tabanlı JCAS sistemleri ile ilgili aşağıdaki problemleri çözebilmektedir:

1. Algılamanın yalnızca dijital alanda yapılabilmesi.
2. Kısa menzil ve düşük hız tahmini.
- 15 3. Yavaş takip.
4. Yüksek bilgisayar karmaşıklığı.
5. Karmaşık alıcı yapısı.

Buluşun Kısa Açıklaması

20 Tekniğin durumu ve önceki teknikte açıklanan yöntemlerin dezavantajları değerlendirildiğinde, buluş sahipleri, hedef parametre tahminine yönelik düşük karmaşıklığa sahip seyrek Bayes teoremi öğrenmesi tabanlı bir algoritma önermektedir ve verimlilik, ayrıca, OTFS radar sinyali modelindeki ölçüm matrisinin boyut budaması ile geliştirilmiştir.

25 Buluşa göre yöntemde, önerilen algoritma, gecikme-Doppler alanından başlayan zaman-frekansta cıvıltı sinyalinin üretilmesine dayanmaktadır. Dolayısıyla, süreç, (i) vericide üretim ve (ii) alıcıda tahmin ve saptama olarak ayrılabilir. Ortak haberleşme ve algılama(radar) ve/veya Gecikme-Doppler alanında seyrek kanal tahminine yönelik mevcut buluşa göre yöntem, aşağıdaki temel adımları içermektedir;

- Vericide üretme ve
- Alıcıda tahmin ve saptama.

Mevcut buluşa göre yöntemin avantajları, aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir:

1. Buluşun açıklanan yöntemi, OTFS ve Cıvıltı dalga boyunu (frekans taşıyıcısı modülasyonlu dalga boyu (FCMW)) dikey olarak çoklamaktadır.
2. Buluşun açıklanan yöntemi, verilerin OTFS kullanılarak iletildiği cıvıltı sinyalinin kullanarak gecikme-Doppler kanalı darbe yanıtını tahmin etmektedir.
3. Algılama cıvıltı sinyali tarafından gerçekleştirilmekte, daha uzun menzil, bunun yanı sıra daha büyük Doppler frekansı tahmini gibi daha iyi radar yeteneği ile sonuçlanmaktadır.
4. Cıvıltı sinyallerinin basit analog devreler kullanılarak saptanabilmesi nedeniyle, herhangi basit alıcı (örneğin IoT cihazları gibi), dijital işlemcilere ihtiyaç duymaksızın ortamı algılamak üzere alınanları kullanabilmektedir.
5. Cıvıltı sinyallerinin analog saptaması, daha hızlı takip hızına olanak sağlamaktadır.
6. DD alanındaki fazladan bilinen pilotlar nedeniyle OTFS'nin hata oranı performansı daha iyidir.

Şekillerin Açıklaması

Şekil 1: (A) gecikme-Doppler, (B) zaman frekansı ve (C) zamanda cıvıltı sinyalinin temsili.

Şekil 2: Farklı parametrelerle cıvıltı üretimi.

A: Gecikme-Doppler

B: Zaman-frekans

C: Zaman

D: Heisenberg dönüşümü

ISFFT: Ters Basite İndirgenmiş Hızlı Fourier Dönüşümü

Buluşun Detaylı Açıklaması

Buluşun bir yapılandırması, ortak radar ve algılamaya yönelik ve/veya gecikme-Doppler

alanında seyrek kanalın tahmin edilmesine yönelik bir yöntem ile ilgilidir, burada “vericide üretim” aşağıdaki adımları içermektedir;

- Tekli veya çoklu cıvıtlılara sahip farklı cıvıltı eğim değerleri elde etmek üzere gecikme-Doppler alanında pilotların tasarlanması,
- Gecikme-Doppler’deki boş kılavuzlara haberleşme verilerinin tahsis edilmesi,
- Dikey zaman frekansı uzayı (OTFS) kullanılarak haberleşme verilerinin modülasyonu

Diğer bir deyişle, pilotların tasarlanması öncelikle arzu edilen parametrelerle (eğim, cıvıltı sayısı) zaman-frekanstaki cıvıltı sinyalinin tasarlanması ile yapılmaktadır. Ardından, bu sinyal gecikme-Doppler alanına çevrilmektedir. Bu eş değer dönüşüm, gecikme-Doppler’de pilotlar olarak kullanılacaktır. Yukarıda gecikme-Doppler’de tasarlanan pilotlar, algılamaya yönelik olarak hizmet verecektir. Dolayısıyla, bu pilotların yanı sıra tüm boş kılavuzlar haberleşme verileri tarafından doldurulacaktır.

Şekilde yalnızca pilotlar gösterilmektedir, ancak şekildeki tüm boş yerler verilere yönelik kullanılmaktadır. Mevcut buluşa göre yöntemin “alıcıda tahmin ve saptama” adımı uygulanması, amaca bağlıdır.

Yöntem, örneğin (i) örneğin radar uygulamalarında, algılama veya (ii) algılama, kanal tahmini ve haberleşme adımlarını içeren ortak haberleşme ve algılamaya yönelik farklı amaçlar için uygulanabilmektedir.

Buluşun tercih edilen bir yapılandırması, ortak radar ve algılamanın gerçekleştirilmesine yönelik bir yöntem ile ilgilidir, burada radar uygulamaları gibi algılama uygulamalarında (Algılama (I)) alıcıdaki tahmin ve saptama, aşağıdaki adımları içermektedir;

- İletilen sinyalin alınması ve kanalın ve çevreleyen ortamın iletim menzili içerisindeki herhangi düğüm tarafından algılanması, tercihen algılama, hızlı takibe yönelik pahalı sinyal işleme araçlarına ihtiyaç duyulmaksızın analog alanda yapılmaktadır.
- Doğru menzil ve hız tahminine sahip olmak üzere iletilen cıvıltı ile alınan sinyalin çapraz ilişkisini kurmak üzere otomatik düzeltme uygulanması

Algılamanın analog alanda yapılabilen olduğu gerçeği, ortamdaki mobil nesnelerin gerçek

zamanlı takibine olanak sağlamaktadır.

Aynı zamanda, çapraz ilişki tabanlı saptama yöntemi, düşük güçlü, düşük karmaşıklıkli cihazların (IoT'ler gibi) fazladan donanıma ihtiyaç duyulmaksızın ortamı algılamasına olanak sağlamaktadır.

Algılama adımına yönelik olarak, alıcının, kablosuz kanalı algılamak isteyen herhangi bir cihaz olabileceği ve haberleşilen düğüm olması gerekmediği not edilmelidir.

Buluşun bir yapılandırması, gecikme-Doppler alanındaki seyrek kanalın tahmin edilmesine yönelik bir yöntem (Kanal tahmini (II)) ile ilgilidir, burada verici ile haberleşen alıcıdaki tahmin ve saptama, Algılama (I) yönteminin adımlarına ek olarak (Kanal tahmini (II))'yi içermekte, alınan sinyali denkleştirmek ve verileri demodüle etmek üzere Algılamadan (I) gelen gecikme ve Doppler'lerden yararlanmaktadır.

Doppler'deki gecikmeler ve kanalın en seyrek temsiline, birlikte, Gecikme-Doppler darbe yanıtı denilmektedir, bu da kablosuz kanal hakkındaki tüm bilgileri içermektedir. Cıvıltı sinyaline yönelik kanal tahmini, cıvıltının tüm zaman-frekans kılavuzunu kapsamaması nedeniyle oldukça doğrudur.

Buluşun bir diğer yapılandırması, gecikme-Doppler alanındaki seyrek kanalın tahmin edilmesine yönelik bir yöntem (Haberleşme (III)) ile ilgilidir, burada verici ile haberleşen alıcıdaki tahmin ve saptama, ayrıca, cıvıltı sinyalinin gecikme-Doppler alanına geri dönüştürülmesini ve hata performansını geliştirmek üzere bilinen pilot unsurlarının değerlerinin kullanılmasını içermektedir.

Gerektiği durumda, buluşun yapılandırmalarının birleştirilebileceği akılda tutulmalıdır, örneğin Algılama (I) yöntemi, ortak radar ve algılama gerçekleştirme amacına yönelik olarak gerçekleştirilebilmektedir, ne var ki Algılama (I), buluşa göre yöntemin "Alıcıda tahmin ve saptama" adımını oluşturmak üzere Kanal tahmini (II) ve Haberleşme (III) yöntemleri ile birleştirilebilmektedir.

Bu nedenle, buluşun tercih edilen bir yapılandırması, ortak radar ve algılamaya yönelik ve/veya gecikme-Doppler alanındaki seyrek kanalın tahmin edilmesine yönelik bir yöntem ile ilgilidir, burada söz konusu yöntem aşağıdaki adımları içermektedir;

- Doğrusal veya eğimli ve/veya tekli veya çoklu bir cıvıltı elde etmek üzere gecikme-Doppler alanında pilotların tasarlanması,
- Gecikme-Doppler'deki boş kılavuzlara haberleşme verilerinin tahsis edilmesi,
- Dikey zaman frekansı uzayı (OTFS) kullanılarak haberleşme verilerinin modülasyonu, ve
- İletilen sinyalin alınması ve kanalın ve çevreleyen ortamın iletim menziline herhangi düğüm tarafından algılanması, tercihen algılama, hızlı takibe yönelik pahalı sinyal işleme araçlarına ihtiyaç duyulmaksızın analog alanda yapılmaktadır,
- Doğru menzil ve hız tahminine sahip olmak üzere iletilen cıvıltı ile alınan sinyalin çapraz ilişkisini kurmak üzere otomatik düzeltme uygulanması.

Buluşun bir diğer tercih edilen yapılandırması, ortak radar ve algılamaya yönelik ve/veya gecikme-Doppler alanında seyrek kanalın tahmin edilmesine yönelik bir yöntem ile ilgilidir, burada söz konusu yöntem aşağıdaki adımları içermektedir;

- Doğrusal veya eğimli ve/veya tekli veya çoklu cıvıltılar elde etmek üzere gecikme-Doppler alanında pilotların tasarlanması,
- Gecikme-Doppler'deki boş kılavuzlara haberleşme verilerinin tahsis edilmesi,
- Dikey zaman frekansı uzayı (OTFS) kullanılarak haberleşme verilerinin modülasyonu, ve
- İletilen sinyalin alınması ve kanalın ve çevreleyen ortamın iletim menzili içerisinde herhangi düğüm tarafından algılanması, tercihen algılama, hızlı takibe yönelik pahalı sinyal işleme araçlarına ihtiyaç duyulmaksızın analog alanda yapılmaktadır,
- Doğru menzil ve hız tahminine sahip olmak üzere iletilen cıvıltı ile alınan sinyalin çapraz ilişkisini kurmak üzere otomatik düzeltme uygulanması,
- Alınan sinyali denkleştirmek üzere ve cıvıltı sinyalini gecikme-Doppler alanına geri dönüştüren verileri demodüle etmek üzere gecikmelerden ve Doppler'lerden yararlanılması ve hata performansını geliştirmek üzere bilinen pilot unsurlarının değerlerinin kullanılması.

Ornekler

Örnek 1 Mevcut buluşa göre yöntemin uygulanması

Verici tarafında:

5

Şekil 1’de görüldüğü üzere, pilotların gecikme-Doppler alanında dikkatli bir şekilde seçilmesi halinde, sonuçlar, zaman-frekans alanındaki bir doğrusal çip olacaktır. Bu cıvıltı sinyali daha sonra algılama ve kanal tahminine yönelik olarak kullanılacaktır. Farklı parametreler (örneğin eğim, cıvıltı sayısı) ile farklı çiplerin kullanılması halinde, bu durumda gecikme-Doppler’deki pilot tasarımı Şekil 2’de örnekle açıklandığı üzere değiştirilmektedir. Zaman-frekanstan gecikme-Doppler’e çevirme, gecikme-Doppler ve zaman-frekans kanalı temsilleri arasında çevirmeye yönelik kullanılan Fourier çekirdeği ile doğal olarak ilişkilendirilen 2D Fourier dönüşümünün bir varyantı olan basit Fourier dönüşümü kullanılarak yapılmaktadır. Burada özellikle de, SFFT ile belirtilen sonlu basit Fourier dönüşümü denilen, dönüşümün sonlu bir versiyonuna odaklanılacaktır.

15

Haberleşme verileri, Şekil 1’de gösterilen diyagonal dışı unsura karşılık gelen, gecikme-Doppler’deki boş kılavuza tahsis edilecektir. Bu veriler ardından OTFS kullanılarak modüle edilmektedir.

20

Alıcı tarafında:

Alıcı tarafında, tasarlanan dalga boyu aşağıdaki gibi çoklu amaçlara yönelik olarak kullanılabilir:

25

I- Algılama (Radar)

Sinyal bir kez iletildiğinde, iletim menzili içerisindeki herhangi düğüm sinyali alabilmekte ve kanal ile çevreleyen ortamı algılayabilmektedir. Hızlı takibe yönelik olarak, algılama, pahalı sinyal işleme araçlarına ihtiyaç duyulmaksızın analog alanda yapılmaktadır. Ve herhangi otomatik düzeltme (alınan sinyalin iletilen cıvıltı ile çapraz ilişkisini kurmak üzere) fonksiyonu, doğru menzil ve hız tahminini verecektir.

30

Algılamanın analog alanda yapılabilir olduğu gerçeği, ortamdaki mobil nesnelerin gerçek

zamanlı takibine olanak sağlamaktadır.

Aynı zamanda, çapraz ilişki tabanlı saptama yöntemi, düşük güçlü, düşük karmaşıklıkli cihazların (IoT'ler gibi) fazladan donanıma ihtiyaç duyulmaksızın ortamı algılamasına olanak sağlamaktadır.

Algılama adımına yönelik olarak, alıcının kablosuz kanalı algılamak isteyen herhangi cihaz olabileceği, ve haberleşilen düğüm olması gerekmediği not edilmelidir.

II- Kanal tahmini

Alıcının, verici ile haberleşen olması halinde, bu durumda algılama adımı I'den gelen gecikmeler ve Doppler'lerden yararlanılması ile, bu kanal alınan sinyali denkleştirmek ve verileri demodüle etmek üzere kullanılabilir.

Cıvıltı sinyaline yönelik kanal tahmini, cıvıltının tüm zaman-frekans kılavuzunu kapsamı nedeniyle oldukça doğrudur.

III- Haberleşme

Kanalın tahmin edilmesinin ardından, sinyal, gecikme-Doppler alanına geri dönüştürülmekte, ve diyagonal unsurların halihazırda bilinmesi nedeniyle, bunların değerleri hata performansını geliştirmek üzere kullanılabilir.

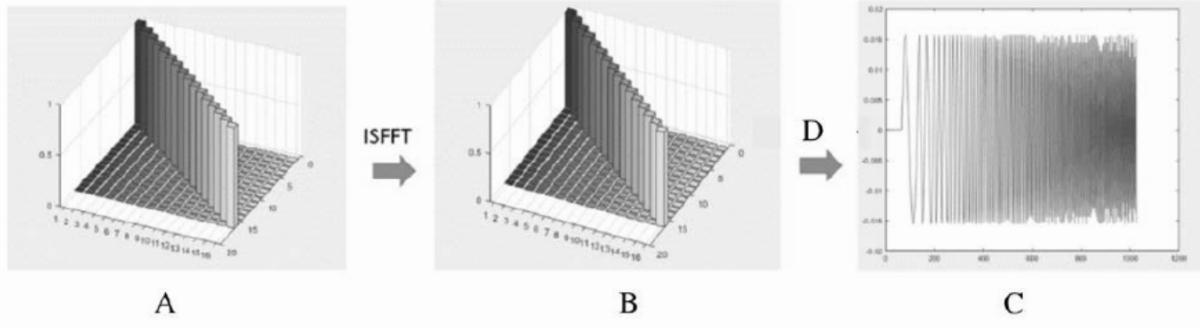
Buluşun Endüstriyel Uygulanabilirliği

Buluş, algıma veya ortak haberleşme ve algılama ile ilgilenen endüstrilerde uygulanabilmektedir. Daha özel olarak, herhangi haberleşme teknolojisi bu buluşu, OTFS dalga boyunu veya yalnızca düşük karmaşıklıkli alıcılar ile algılamayı kullanarak güvenilir ortak haberleşme ve radar sağlamak üzere kullanabilmektedir. 3GPP tabanlı hücreli ve IEEE 802.11 tabanlı Wi-Fi ağları gibi standartlar veya herhangi kablosuz ağ, her iki standartta da sağlanan çok noktalı koordinasyon desteği nedeniyle buluş ile özellikle ilgilidir. İlâveten, bu buluşta açıklanan yöntem, yukarıda bahsedilen standartlardan herhangi birini destekleyebilen herhangi cihaz, sistem veya ağda uygulanabilmektedir, örneğin: kod bölmeli çoklu erişim

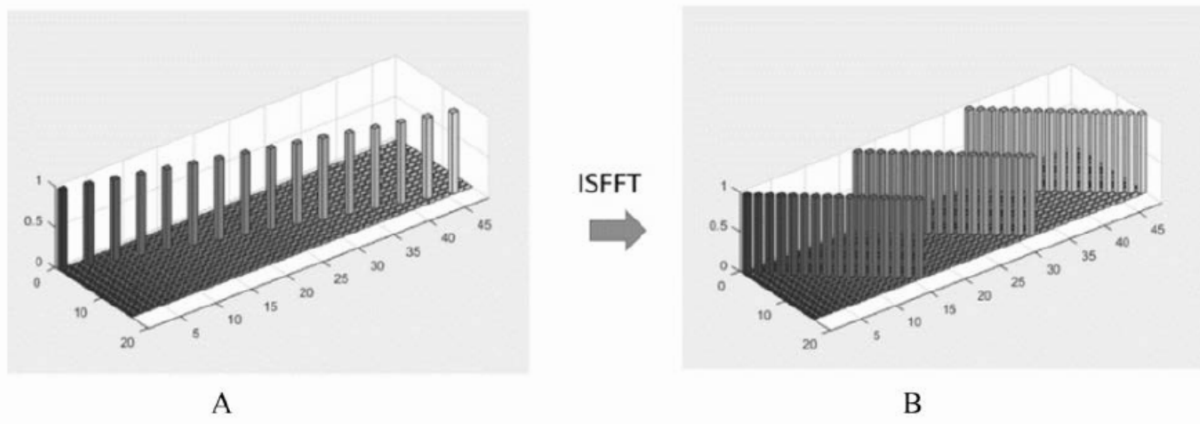
(CMDA), frekans bölmeli çoklu erişim (FDMA), Küresel Mobil Haberleşme Sistemi (GSM), GSM/Genel Paket Radyo Hizmeti (GPRS), Gelişmiş Veri GSM Ortamı (EDGE), Geniş bant-CDMA (W-CDMA), Optimize Edilmiş Evrim Verileri (EV-DO), Yüksek Hızlı Paket Erişimi (HSPA), Yüksek Hızlı Paket İndirme Erişimi (HSDPA), Yüksek Hızlı Paket Yükleme Erişimi (HSUPA), Evrimleşmiş Yüksek Hızlı Paket Erişimi (HSPA+), Uzun Vadeli Evrim (LTE), AMPS, 5G Yeni Radyo (NR) veya bir kablosuz, hücreli veya nesnelerin interneti (IoT) ağı içerisinde haberleşmek üzere kullanılan diğer bilinen sinyaller.

Bu temel kavramlar çevresinde, buluşun konusu ile ilgili birkaç yapılandırma geliştirilmesi mümkündür; dolayısıyla buluş burada açıklanan örnekler ile sınırlandırılmamaktadır ve buluş, esasen, istemlerde tanımlandığı üzeredir. Buluşun ayrı yapılandırmaları, uygun olduğunda birleştirilebilmektedir.

Teknikte uzman bir kişinin benzer yapılandırmaları kullanarak buluşun yeniliğini aktarabileceği ve/veya bu tür yapılandırmaların ilgili teknikte kullanılanlara benzer diğer alanlara uygulanabileceği açıktır. Dolayısıyla, aynı zamanda, bu tür yapılandırmaların yenilik kriterlerinden ve tekniğin bilinen durumunu aşma kriterlerinden yoksun olduğu açıktır.



ŞEKİL 1



ŞEKİL 2

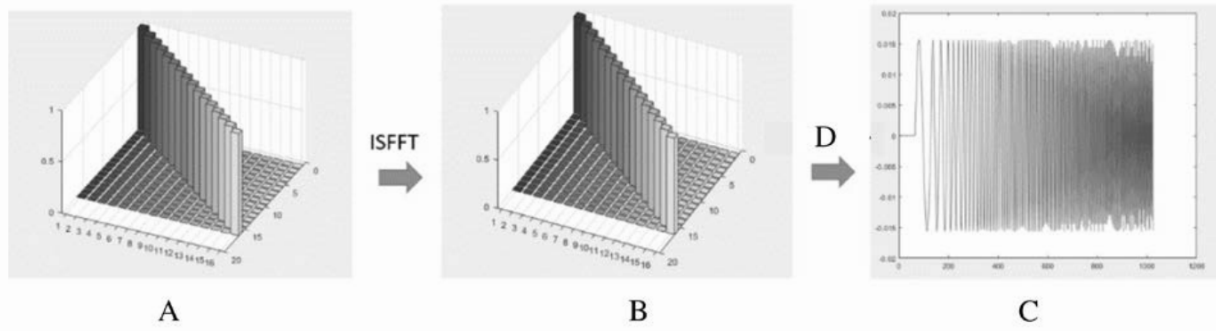


Figure 1

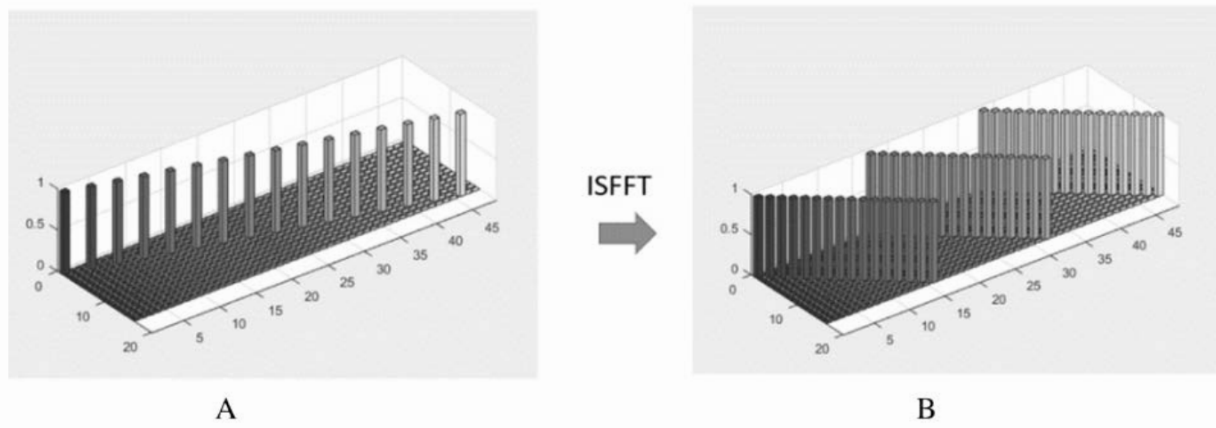


Figure 2