OZET

DİKEY ZAMAN FREKANS UZAYI (OTFS) DALGA BOYUNA YÖNELİK ESNEK KAYNAK KILAVUZU TASARIMI

Bu buluşun amacı, özel gereksinimlerini dikkate alarak radyo kaynaklarını esnek bir şekilde kullanıcılara tahsis eden gecikme-Doppler kılavuzunda kaynak tahsisine yönelik bir yöntem tasarlamaktır.

Buluşun yöntemi kaynak tahsisi/planlaması bakımından Dikey Zaman Frekans Uzayı (OTFS) dalga boyuna yönelik esnek bir yapı sağlamaktadır. Bu esneklik, güvenilirlik, gecikme, veri hızları, hareketlilik, güvenlik, vb. bakımından kablosuz iletişim sistemlerinin giderek artan çeşitli kullanıcı gereksinimlerine yönelik olarak zorunludur.

ABSTRACT

FLEXIBLE RESOURCE GRID DESIGN FOR ORTHOGONAL TIME FREQUENCY SPACE (OTFS) WAVEFORM

The aim of this invention is to devise a method for resource allocation in the delay-Doppler grid that assigns radio resources to the users in a flexible manner taking into consideration their specific requirements.

The method of invention provides a flexible structure for Orthogonal Time Frequency Space (OTFS) waveform in terms of resource allocation/scheduling. This flexibility is imperative for the ever-increasingly diverse user requirements of wireless communication systems in terms of reliability, latency, data rates, mobility, security etc.

İSTEMLER

1. İki kat dağıtıcı kanal ile çoklu kullanıcıya yönelik değişken gecikme-Doppler kılavuzuna sahip bir OTFS sistemine yönelik gecikme-Doppler kılavuzunda esnek kaynak tahsisine yönelik bir yöntem olup, burada söz konusu yöntem aşağıdaki adımları içermektedir;

   i. Gecikme-Doppler alanında farklı uygulamalar ile çoklu kullanıcıların planlanması, burada planlama dilim temelli organize edilmektedir, burada her kullanıcı ekipmanı (UE'ler) için bir paket kuyruğu baz istasyonunda (BS) depolanmaktadır,

   ii. Hem verici (Tx) hem de alıcıda (Rx) tekli antenlere sahip bir sistem tasarlanmaktadır, burada sabit gecikme-Doppler kılavuzuna sahip referans sistem çerçevesi N sayıda sembolden ve M sayıda alt taşıyıcıdan, T sembol süresi ve Δf alt taşıyıcı aralıklandırması (SCS) ile oluşmaktadır, ve dolayısıyla, OTFS çerçevesi $T_f = TN$ çerçeve süresi ile $B = M\Delta f$'lik bir toplam bant genişliğini işgal etmektedir; ve sonuç olarak, gecikme-Doppler alanındaki veriler $x[k,l]$ ile verilmekte, k ile l indeksi sırasıyla Doppler ve gecikme belirticilerini temsil etmektedir,

   iii. Zaman-frekans veri sembolleri üzerinden M noktalı IFFT kullanılarak Heisenberg dönüşümü ile zaman alanı OTFS sinyalinin üretilmesi,

   iv. OTFS sinyalleri arasında semboller arası girişimi azaltmak üzere L uzunluğunun döngüsel önekinin (CP) eklenmesi, burada L kanal yollarının sayısıdır,

   v. OTFS sinyalinin iletilmesi, burada OTFS sinyali zamana göre değişen kablosuz kanaldan geçmektedir,

   vi. Alıcı tarafında iletilen sinyali geri kazanmak üzere CP'nin kaldırılması,

   vii. Alınan sinyalin zaman-frekans temsilini geri kazanmak üzere Wigner dönüşümünün gerçekleştirilmesi,

   viii. Gecikme-Doppler alanında alınan sinyali almak üzere SFFT operasyonunun gerçekleştirilmesi,

   ix. Denkleştirme sürecinin uygulanması, ve,

   x. Alınan sembollerin veri bilgilerine eşleştirilmesi, aşağıdakilerle karakterize edilmektedir;

xi. Karşılık gelen kılavuz parametrelerini ve koruma optimizasyonunu dikkate alan süreçlerde her kullanıcının alıcı sinyali ya zaman-frekans ya da gecikme-Doppler alanında, iletişimin spektral verimliliği (SE), arzu edilen sinyal-girişim ve gürültü oranı (SINR) ve gidiş-dönüş zamanı (RTT) dahil olmak üzere kullanıcı kısıtlamaları tamamlanana kadar gerçekleştirilmektedir.

2. İstem 1'e göre bir yöntem olup, kablosuz sistemlerde kullanıma yöneliktir.

3. İstem 1 veya 2'ye göre bir yöntem olup, OTFS kablosuz sistemlere yönelik esnek gecikme-Doppler kılavuzunun sağlanmasına yöneliktir.

4. İstem 1'e göre yöntem olup, gecikme-Doppler alanında farklı uygulamalar ile çoklu kullanıcıların planlanmasının bir algoritma, $\{\mathrm{Nu}, \mathrm{Mu}\} = max\{SE, SINR\} \& \min\{\mathrm{RTT}\}$ tarafından gerçekleştirilmesi ile karakterize edilmektedir, burada N_u ve M_u sırasıyla u'uncu kullanıcının gecikme ve Doppler kılavuzunu temsil etmektedir.

CLAIMS

1. A method for flexible resource allocation in the delay-Doppler grid for an OTFS system with varying delay-Doppler grid for multi-user with doubly dispersive channel, wherein said method comprises the steps of;
    i. Scheduling multiple users with different applications in delay-Doppler domain, herein the schduling is organized on a slot by slot basis where a queue of packets are stored at the base station (BS) for each user equipments (UEs),
    ii. A system with single antennas at both transmitter (Tx) and receiver (Rx) is considered wherein the reference system frame with fixed delay-Doppler grid consists of N number of symbols and thus M number of subcarriers with T symbol duration and Δf subcarrier spacing (SCS), and thus, the OTFS frame occupies a total bandwidth of $B = M\Delta f$ with a frame duration of $T_f = TN$; and consequently, the data in delay-Doppler domain is given by $x[k,l]$ with k and l index representing Doppler and delay indicies, respectively,
    iii. Generating the time domain OTFS signal by performing Heisenberg transform using M-point IFFT over time-frequency data symbols,
    iv. Adding cyclic prefix (CP) of L length to mitigate the intersymbol imteference between OTFS signals, herein L is the number of channel paths,
    v. Transmitting the OTFS signal wherein the OTFS signal undergoes the time-varying wireless channel,
    vi. Removing the CP to recover the transmitted signal at the receiver side,
    vii. Performing Wigner transformation to recover the time-frequency representation of the received signal,
    viii. Performing SFFT operation to get the received signal in the delay-Doppler domain,
    ix. Applying equatization process and,
    x. Mapping the received symbols to data information characterized in that;
    xi. The received signal of each user in processes considering the corresponding grid parameters and guard optimization is performed in either tine-frequency or delay-Doppler domain until the user constraints including spectral efficiency (SE), desired signal-to-interference and noise ratio (SINR), and round-trip time (RTT) of communication are completed.

2. A method according to claim 1 for use in wireless systems.
3. A method according to claim 1 or 2 for providing flexible delay-Doppler grid for OTFS wireless systems.
4. A method according to claim 1 characterized in that the scheduling multiple users with different applications in delay-Doppler domain is done by an algorithm $\{\mathrm{Nu}, \mathrm{Mu}\} = max\{SE, SINR\}$& min{RTT} ,where N_u, and M_u represent the delay and Doppler grid of u-th user, respectively.

TARİFNAME

DİKEY ZAMAN FREKANS UZAYI (OTFS) DALGA BOYUNA YÖNELİK ESNEK KAYNAK KILAVUZU TASARIMI

Teknik Alan

Mevcut buluşun amacı, özel gereksinimlerini dikkate alarak radyo kaynaklarını esnek bir şekilde kullanıcılara tahsis eden gecikme-Doppler kılavuzunda kaynak tahsisine yönelik bir yöntem tasarlamaktır.

Buluşun yöntemi kaynak tahsisi/planlaması bakımından Dikey Zaman Frekans Uzayı (OTFS) dalga boyuna yönelik esnek bir yapı sağlamaktadır. Bu esneklik, güvenilirlik, gecikme, veri hızları, hareketlilik, güvenlik, vb. bakımından kablosuz iletişim sistemlerinin giderek artan çeşitli kullanıcı gereksinimlerine yönelik olarak zorunludur.

Onceki Teknik

Kablosuz iletişim sürekli olarak açılmış ve gelişmiş, zaman içerisinde temel sesli iletişimden geliştirilmiş geniş bant, büyük bağlanabilirlik, ultra güvenilir ve düşük gecikmeli uygulamalara kadar büyümüştür. Uygulamalardaki bu açılmanı, ilave geliştirilmiş mobil geniş bant (FeMBB), ultra büyük makine tipi iletişim (umMTC), aşırı derecede güvenilir ve düşük gecikmeli iletişim (ERLLC), uzun mesafeli ve yüksek hareketlilikli iletişim (LDHMC) ve aşırı derecede düşük güçlü iletişim (ELPC) gibi hizmetler şeklinde altıncı nesil (6G) sistemler ile devam etmesi beklenmektedir [1, 2].

İlk üç hizmet, hücresel sistemlerin beşinci jenerasyonunda (5G) önerilen hizmetlerin doğrudan uzantısını temsil ederken, sonraki iki hizmet yeni bir paradigmayı temsil etmektedir. Mevcut kablosuz sistemler, düşük tepeden ortalamaya güç oranı gibi çeşitli faydalar nedeniyle, çok yönlülük ve yüksek derecede mobil ortamlarda tecrübe edilen Doppler'e karşı daha iyi direnç gibi daha yüksek güvenilirlik nedeniyle ağırlıklı olarak Dikey Frekans Bölmeli Çoklama (OFDM)

dalga boyunu kullanmaktadır, ne var ki OFDM ve diğer çok taşıyıcılı teknikler, başlatılan Doppler'in taşıyıcılar arası girişime (ICI) yol açması ve kayda değer ölçüde düşen hizmet kalitesine (QoS) neden olması nedeniyle ortamdaki hareketliliğin varlığında zorlanmaktadır. Bu sorun özellikle de yüksek hızlı trenler ve yerdurağan olmayan uydu sistemleri gibi yüksek hareketlilikli senaryolara yönelik olarak geçerlidir. Bu, alternatif bir dalga boyunun, diğer bir deyişle, zaman-frekans alanındaki değişken zamanlı kanalı gecikme-Doppler alanındaki değişmez kanala dönüştürme yeterliliğine sahip olan Dikey Zaman Frekansı Uzayının (OTFS) önerilmesine yol açmıştır.

5G'de, 3GPP, esnek alt taşıyıcı aralıklandırma (ve sonuç olarak sembol süresi) seçeneklerinin gecikme, güvenilirlik vb. çok yönlü kullanıcı gereksinimlerine hitap etmek üzere sağlandığı çoklu numerolojili OFDM'yi standardize etmiştir.

Ne var ki, bu noktaya kadar mevcut literatürde yalnızca statik gecikme-Doppler kılavuzları önerilmiştir. Mevcut çalışmalar yalnızca OTFS tabanlı kablosuz ağlarda farklı kullanıcılara yönelik homojen gecikme-Doppler kılavuzlarından yararlanmaktadır.

Buluş sahipleri gelecekteki kullanıcı/uygulama gereksinimlerini karşılamak üzere esnek gecikme-Doppler kılavuzu tasarımına yönelik bir ihtiyaç olduğuna inanmaktadır.

Buluşun Amacı

Bu buluşun amacı, bir esnek gecikme-Doppler kılavuzu ve sonuç olarak gecikme-Doppler alanında esnek çözünürlüğe olanak veren karşılık gelen bir çerçeve tasarımı sağlamaktadır.

Bu nedenle, buluşun nihai amacı, geleneksel kablosuz sistemler ile karşılaştırıldığında kablosuz kanaldan faydalanma, kanal zenginliği ve girişim direnci bakımından daha çok esneklik sağlamaktır. Esnek çözünürlük örneğin otonom araçların sürülmesi, uzaktan ameliyatlar, akıllı şehir ve tarım, bunun yanı sıra akıllı taşımacılık gibi çeşitli kullanıcı uygulamaları ve hizmetlerinde arttırılmış çok yönlülük kazanımları, daha iyi güvenilirlik, hareketlilik geliştirmeleri vb. gibi çeşitli amaçlara yönelik olarak kullanılabilmektedir.

Buluşun Kısa Açıklaması

Mevcut buluş, iki kat dağıtıcı kanal ile çoklu kullanıcıya yönelik değişken gecikme-Doppler kılavuzuna sahip bir OTFS sistemine yönelik gecikme-Doppler kılavuzunda esnek kaynak tahsisine yönelik bir yöntem ile ilgilidir, burada söz konusu yöntem aşağıdaki adımları içermektedir;

i. Gecikme-Doppler alanında farklı uygulamalar ile çoklu kullanıcıların planlanması, burada planlama dilim temelli organize edilmektedir, burada her kullanıcı ekipmanı (UE'ler) için bir paket kuyruğu baz istasyonunda (BS) depolanmaktadır.

ii. Hem verici (Tx) hem de alıcıda (Rx) tekli antenlere sahip bir sistem tasarlanmaktadır, burada sabit gecikme-Doppler kılavuzuna sahip referans sistem çerçevesi N sayıda sembolden ve M sayıda alt taşıyıcıdan, T sembol süresi ve Δf alt taşıyıcı aralıklandırması (SCS) ile oluşmaktadır, ve dolayısıyla, OTFS çerçevesi T_f= TN çerçeve süresi ile B = MΔf'lik bir toplam bant genişliğini işgal etmektedir; ve sonuç olarak, gecikme-Doppler alanındaki veriler x[k,l] ile verilmekte, k ile l indeksi sırasıyla Doppler ve gecikme belirticilerini temsil etmektedir,

iii. Zaman-frekans veri sembolleri üzerinden M noktalı IFFT kullanılarak Heisenberg dönüşümü ile zaman alanı OTFS sinyalinin üretilmesi.

iv. OTFS sinyalleri arasında semboller arası girişimi azaltmak üzere L uzunluğunun döngüsel önekinin (CP) eklenmesi, burada L kanal yollarının sayısıdır,

v. OTFS sinyalinin iletilmesi, burada OTFS sinyali zamana göre değişen kablosuz kanaldan geçmektedir,

vi. Alıcı tarafında iletilen sinyali geri kazanmak üzere CP'nin kaldırılması,

vii. Alınan sinyalin zaman-frekans temsilini geri kazanmak üzere Wigner dönüşümünün gerçekleştirilmesi,

viii. Gecikme-Doppler alanında alınan sinyali almak üzere SFFT operasyonunun gerçekleştirilmesi,

ix. Denkleştirme sürecinin uygulanması, ve

x. Alınan sembollerin veri bilgilerine eşleştirilmesi, aşağıdakilerle karakterize edilmektedir;

Karşılık gelen kılavuz parametrelerini ve koruma optimizasyonunu dikkate alan süreçlerde her kullanıcının alıcı sinyali ya zaman-frekans ya da gecikme-Doppler alanında, arzu edilen sinyal-girişim gürültü oranı (SINR), veri hızı ve gidiş-dönüş iletişim hızı dahil kullanıcı kısıtlamaları tamamlanana kadar gerçekleştirilmektedir.

Mevcut buluşa göre OTFS kablosuz sistemlerine yönelik değişken/esnek gecikme-Doppler kılavuzunun varlığı, kablosuz kanaldan daha iyi faydalanılmasını sağlamaktadır. Bu esneklik daha iyi gecikme-Doppler çözünürlüğü sağlamaktadır, bu da daha sonra, daha çok çok yönlülük sağlayarak sistemin güvenilirliğini iyileştirmek için kullanılabilmektedir.

Buluşun yöntemi farklı uygulama ve kullanıcı gereksinimlerine yönelik esnek bir gecikme-Doppler yapısının tasarlanmasını ve uygun gecikme-Doppler kılavuz yapısını seçerek gecikme-Doppler alanında kanal zenginliğinden faydalanılmasını sağlamaktadır.

Bugüne kadar, OTFS ile ilgili yapılan çalışmalardan hiçbiri, 5G ve ötesi kablosuz ağlarda geniş çeşitlilikte kullanıcı durumlarından faydalanılmasını desteklemek üzere esnek bir şekilde gecikme-Doppler alanındaki radyo kaynaklarının kullanımını önermemiştir. Bu itibarla, buluşun en arklı ve benzersiz unsurudur.

Şekillerin Açıklaması

Şekil 1: a) sabit gecikme-Doppler alanı kılavuzuna sahip geleneksel OTFS tabanlı sistemler, b) değişken gecikme-Doppler alanına sahip önerilen OTFS tabanlı sistemleri gösteren şema

N: sembol sayısı

M: alt taşıyıcı sayısı

N_u: u'inci kullanıcıya yönelik sembol sayısı

M_u: u'inci kullanıcıya yönelik alt taşıyıcı sayısı

T: sembol süresi

NT: çerçeve süresi

N_e: toplam kullanıcı sayısı

Şekil 2: iki kat dağıtıcı kanal ile çoklu kullanıcıya yönelik değişken gecikme-Doppler kılavuzuna sahip bir OTFS sistemine yönelik önerilen tasarımın blok diyagramı.

A: Zaman-frekans alanı

B: Gecikme-Doppler alanı

201: Gecikme-Doppler esnek radyo kaynağı koruması

202: ISFFT

203: Zaman-frekans esnek radyo kaynağı koruması

204: Heisenberg dönüşümü

205: Kablosuz kanal

206: Wigner dönüşümü

207: Pencereleme

207: SFFT

x[k,l]: X'in k,l'inci unsuru

s[n,m]: zaman-frekans alanındaki iletilen sinyal

x(t): zaman alanındaki iletilen sinyal

y(t): zaman alanındaki alınan sinyal

r[n,m]: zaman-frekans alanındaki alınan sinyal

y[k,l]: gecikme-Doppler alanındaki alınan sinyal

Buluşun Detaylı Açıklaması

Yukarıda bahsedildiği üzere, mevcut buluş, iki kat dağıtıcı kanal ile çoklu kullanıcıya yönelik değişken gecikme-Doppler kılavuzuna sahip bir OTFS sistemine yönelik gecikme-Doppler kılavuzunda esnek kaynak tahsisine yönelik bir yöntem ile ilgilidir, burada söz konusu yöntem aşağıdaki adımları içermektedir;

i. Gecikme-Doppler alanında farklı uygulamalar ile çoklu kullanıcıların planlanması, burada planlama dilim temelli organize edilmektedir, burada her kullanıcı ekipmanı (UE'ler) için bir paket kuyruğu baz istasyonunda (BS) depolanmaktadır

ii. Hem verici (Tx) hem de alıcıda (Rx) tekli antenlere sahip bir sistem tasarlanmaktadır, burada sabit gecikme-Doppler kılavuzuna sahip referans sistem çerçevesi N sayıda sembolden ve M sayıda alt taşıyıcıdan, T sembol süresi ve Δf alt taşıyıcı aralıklandırması (SCS) ile oluşmaktadır, ve dolayısıyla, OTFS çerçevesi T_f= TN çerçeve süresi ile B = MΔf'lik bir toplam bant genişliğini işgal etmektedir; ve sonuç olarak, gecikme-Doppler alanındaki veriler x[k,l] ile verilmekte, k ile l indeksi sırasıyla Doppler ve gecikme belirticilerini temsil etmektedir,

iii. Zaman-frekans veri sembolleri üzerinden M noktalı IFFT kullanılarak Heisenberg dönüşümü ile zaman alanı OTFS sinyalinin üretilmesi.

iv. OTFS sinyalleri arasında semboller arası girişimi azaltmak üzere L uzunluğunun döngüsel önekinin (CP) eklenmesi, burada L kanal yollarının sayısıdır,

v. OTFS sinyalinin iletilmesi, burada OTFS sinyali zamana göre değişen kablosuz kanaldan geçmektedir,

vi. Alıcı tarafında iletilen sinyali geri kazanmak üzere CP'nin kaldırılması,

vii. Alınan sinyalin zaman-frekans temsilini geri kazanmak üzere Wigner dönüşümünün gerçekleştirilmesi,

viii. Gecikme-Doppler alanında alınan sinyali almak üzere SFFT operasyonunun gerçekleştirilmesi,

ix. Denkleştirme sürecinin uygulanması, ve

x. Alınan sembollerin veri bilgilerine eşleştirilmesi, aşağıdakilerle karakterize edilmektedir;

xi. Karşılık gelen kılavuz parametrelerini ve koruma optimizasyonunu dikkate alan süreçlerde her kullanıcının alıcı sinyali ya zaman-frekans ya da gecikme-Doppler alanında, arzu edilen sinyal-girişim gürültü oranı (SINR), veri hızı ve gidiş-dönüş iletişim hızı dahil kullanıcı kısıtlamaları tamamlanana kadar gerçekleştirilmektedir.

Buluşun yönteminin uygulanmasına yönelik olarak ana sistemden uçbirime bağlantı/alt sistemden ana sisteme bağlantı iletiminde bir baz istasyonu ile iletişim gerçekleştiren çoklu kullanıcıların aktif olduğu (N_e) tekli bir OTFS hücresi tasarlanmaktadır.

Buluşun yönteminde, kullanıcı ekipmanlarının (UE'ler) planlanması dilim temelli organize edilmektedir, burada UE'lerden her biri için bir paket kuyruğu baz istasyonunda (BS) depolanmaktadır

Buluşun yöntemi gecikme-Doppler alanında farklı uygulamalar ile çoklu kullanıcıları planlayan bir algoritmayı kullanmakta, bu da Şekil 1b'de gösterildiği üzere, çeşitli radyo kaynağı kılavuzları ile sonuçlanmaktadır,

Yöntem adımına (i) göre gecikme-Doppler alanında farklı uygulamalar ile çoklu kullanıcıları planlayan algoritma aşağıdaki gibi verilebilmektedir:

$$\{\mathrm{Nu}, \mathrm{Mu}\} = max\{SE, SINR\} \,\&\, \min\{\mathrm{RTT}\},$$

burada N_u ve M_u sırasıyla kullanıcının (u) gecikme ve Doppler kılavuzunu temsil etmektedir.
SE spektral verimliliktir,
SINR sinyal-girişim ve gürültü oranını belirtmektedir,
RTT gidiş dönüş zamanına karşılık gelmektedir.

Buluşun yönteminde ana sistemden uçbirime bağlantı/alt sistemden ana sisteme bağlantı iletiminde bir baz istasyonu ile iletişim gerçekleştiren çoklu kullanıcıların aktif olduğu (N_e) tekli bir OTFS hücresi tasarlanmaktadır.

Buluşun yönteminde, kullanıcıların değişken gecikme-Doppler kılavuzu nedeniyle esnek bir kaynak tahsisi yapılmaktadır, ek olarak bu değişken gecikme-Doppler kılavuzunun esnek bir radyo kaynak planlama algoritması aracılığıyla kontrol edilmesi gerekmektedir.

Değişken bir gecikme-Doppler kılavuzuna yönelik ihtiyaç, belirli bir kullanıcının hizmet verdiği veya kullandığı uygulama nedeniyledir. Örneğin, iki kullanıcının iki farklı zaman süresi içerisinde iletişimi tamamlaması gerekiyorsa, bu girişim denilen büyük bir probleme neden olmaktadır, bu da iki kullanıcı içinde bağlantıyı bozabilmektedir. Sonuç olarak, kullanıcının gereksinimlerine (hizmet veren uygulamalara) uygun olarak bu etkiyi engellemek veya azaltmak üzere esnek radyo kaynağı kullanımı önerilmektedir.

Buluşun yönteminde, koruma optimizasyonu mevcut tasarımı kullanıcılar arasında sabit koruma kullanması gereken sabit gecikme-Doppler'e sahip geleneksel OTFS şemalarından farklı kılmaktadır. Öte yandan, mevcut sisteme yönelik korumanın gecikme-Doppler kulavuzlarının ve kullanıcıların ihtiyaçlarının esnek doğasına uygun olarak esnek olması gerekmektedir.

Buluşun tercih edilen bir yapılandırmasında, buluşun yöntemine yönelik olarak, hem verici (Tx) hem de alıcıda (Rx) bir tekli antenler sistemi tasarlanmaktadır.

Sabit gecikme-Doppler kılavuzuna sahip referans sistem çerçevesi, sırasıyla N sayıda sembolden ve M sayıda alt taşıyıcıdan, T sembol süresi ve Δf alt taşıyıcı aralıklandırması (SCS) ile oluşmaktadır. Bu nedenle, OTFS çerçevesi, T_f = TN'lik bir çerçeve süresi ile B = $M\Delta f$'lik bir toplam bant genişliğini işgal etmektedir. Gecikme-Doppler alanındaki veriler x[k,l] ile verilmekte, k ile 1 indeksi sırasıyla Doppler ve gecikme belirticilerini temsil etmektedir, Şekil 1, buluşa yönelik OTFS çerçevesinin blok diyagramını örnekle göstermektedir.

Ornekler

Örnek 1: Mevcut buluşa göre yöntemin uygulanması

A. Bu patentte, ana sistemden uçbirime bağlantı/alt sistemden ana sisteme bağlantı iletiminde bir baz istasyonu ile iletişim gerçekleştiren çoklu kullanıcıların aktif olduğu (N_e) tekli bir OTFS hücresi tasarlanmaktadır. UE'lerin planlanması dilim temelli organize edilmektedir, burada UE'lerden her biri için bir paket kuyruğu BS'de depolanmaktadır Bu buluş, gecikme-Doppler alanında farklı uygulamalar ile çoklu kullanıcıları planlayan bir algoritmayı önermekte, bu da Şekil 1b'de gösterildiği üzere, çeşitli radyo kaynağı kılavuzları ile sonuçlanmaktadır,

B. Sistem tasarımı ile ilgili olarak bu iletişim teknolojisinde, hem verici (Tx) hem de alıcıda (Rx) bir tekli antenler sistemi tasarlanmaktadır. Sabit gecikme-Doppler kılavuzuna sahip referans sistem çerçevesi, sırasıyla N sayıda sembolden ve M sayıda alt taşıyıcıdan, T sembol süresi ve Δf alt taşıyıcı aralıklandırması (SCS) ile oluşmaktadır. Bu nedenle, OTFS çerçevesi, T_f = TN'lik bir çerçeve süresi ile B = $M\Delta f$'lik bir toplam bant genişliğini işgal etmektedir. Gecikme-Doppler alanındaki veriler x[k,l] ile verilmekte, k ile l indeksi sırasıyla Doppler ve gecikme belirticilerini temsil etmektedir, Şekil 2, buluşa yönelik OTFS çerçevesinin blok diyagramını örnekle göstermektedir.

C. OTFS sinyalini üretmek üzere, zaman-frekans veri sembolleri üzerinden M noktalı IFFT kullanılarak Heisenberg dönüşümü gerçekleştirilmektedir. OTFS sinyalleri arasında semboller arası girişimi azaltmak üzere L uzunluğunun döngüsel öneki (CP) eklenmektedir,

burada L kanal yollarının sayısını belirtmektedir. İletimden sonra, OTFS sinyali zamana göre değişen kablosuz kanaldan geçmektedir.

D. Alıcı tarafında, öncelikle iletilen sinyali geri kazanmak üzere CP kaldırılmaktadır. Daha sonra, alınan sinyalin zaman-frekans temsilini geri kazanmak üzere Wigner dönüşümü gerçekleştirilmektedir. Bunun ardından, Gecikme-Doppler alanında alınan sinyali almak üzere SFFT operasyonu gerçekleştirilmektedir. Denkleştirme sürecinden sonra, alınan semboller veri bilgilerine eşleştirilmektedir.

E. Buluşun bir kısmı, karşılık gelen kılavuz parametreleri, diğer bir deyişle M_u ve N_u dikkate alınarak her kullanıcının alınan sinyalinin uygun bir şekilde işlenmesini içermektedir. Sonuç olarak, gecikme-Doppler alanındaki (değişken kılavuz) karma numeroloji nedeniyle girişimi kontrol etmek üzere, iletişimin spektral verimliliği (SE), arzu edilen sinyal-girişim ve gürültü oranı (SINR) ve gidiş-dönüş zamanı (RTT) dahil olmak üzere kullanıcı kısıtlamaları tamamlanana kadar ya zaman-frekans ya da gecikme-Doppler alanında koruma optimizasyonu gerçekleştirilmektedir.

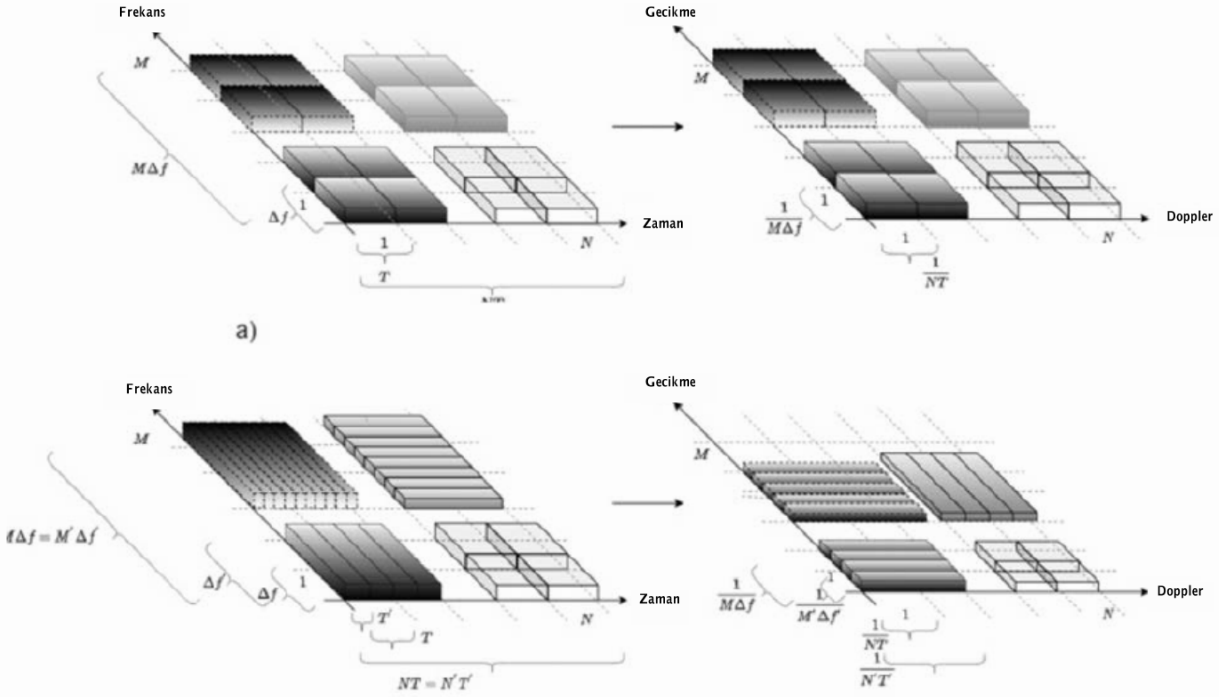
Buluşun Endüstriyel Uygulanabilirliği

Buluş endüstriye uygulanabilmektedir ve gecikme-Doppler alanı, zaman-frekans alanı, veya ortak bir şekilde adaptif kılavuz tasarımına yönelik herhangi sinyal gerçekleştiren iletime uygulanabilen bir algoritmayı temsil etmektedir.

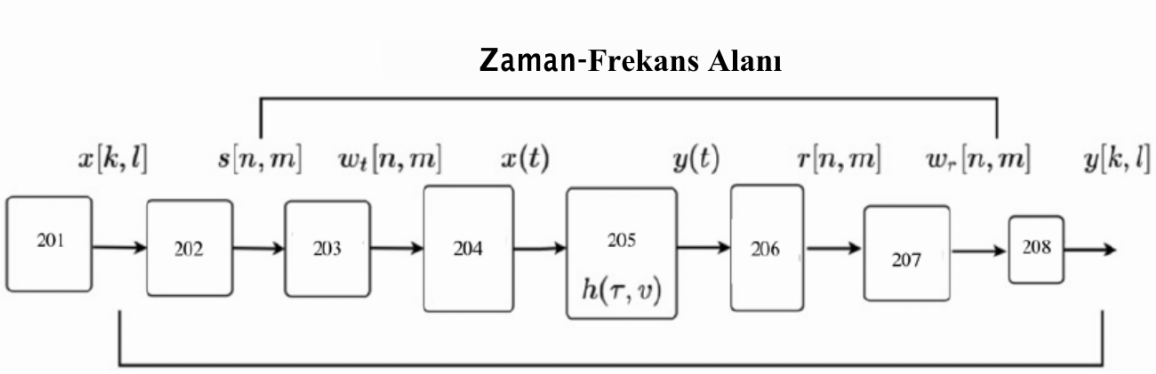
Bu temel kavramlar çevresinde, buluşun konusu ile ilgili birkaç yapılandırma geliştirilmesi mümkündür; dolayısıyla buluş burada açıklanan örnekler ile sınırlandırılamamaktadır ve buluş, esasen, istemlerde tanımlandığı üzeredir. Buluşun ayrı yapılandırmaları, uygun olduğunda birleştirilebilmektedir.

Teknikte uzman bir kişinin benzer yapılandırmaları kullanarak buluşun yeniliğini aktarabileceği ve/veya bu tür yapılandırmaların ilgili teknikte kullanılanlara benzer diğer alanlara

uygulanabileceği açıktır. Bu nedenle, bu tür yapılandırmaların yenilik kriterlerinden ve tekniğin bilinen durumunu aşma kriterlerinden yoksun olduğu da açıktır.



ŞEKİL 1



ŞEKİL 2

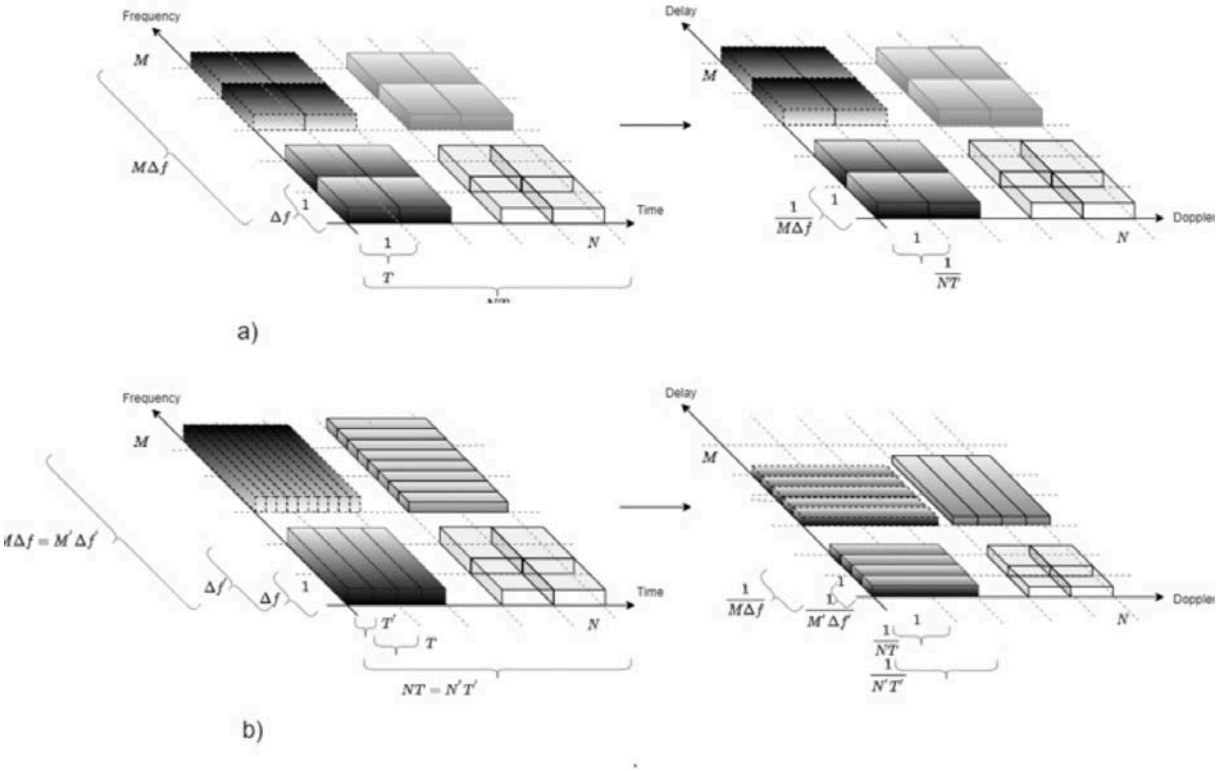


Figure 1

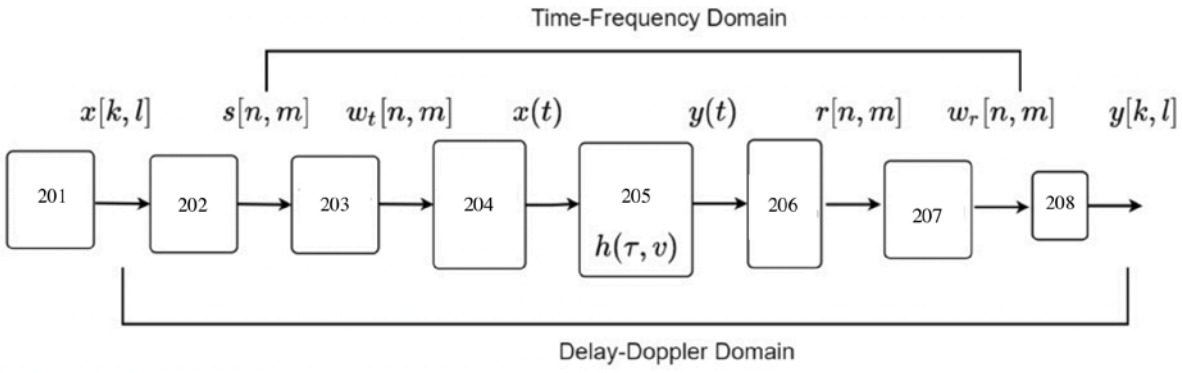


Figure 2