

ÖZET

ÇOK TAŞIYICILI CHIRP DALGA FORMLARI İÇİN SENKRONİZASYON TEKNİĞİ

5

Buluş, çok taşıyıcılı chirp dalga formlarının senkronize edilmesini sağlayan yeni bir teknik ile ilgilidir.

İSTEMLER

1. Çok taşıyıcılı chirp dalga formlarını senkronize etmeye yönelik bir mekanizma olup, aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır:

- Veri için ön işaret olarak dar bantlı bir sinyalin üretilmesi,
- Sinyalin, taşıyıcılar arası parazit olmamasını sağlamak için chirp alanında yeterince ayrılmış yalnızca iki chirp taşıyıcısı içermesinin sağlanması,
- Sinyalin, kanal etkilerine karşı daha dayanıklı olmasını sağlayan, kanalın ayrılmasına dayanarak taşıyıcıların dönme açısının seçilmesi,
- Kanal etkileri ve senkronizasyon yanlış hizalaması nedeniyle, alınan sinyalin hem zaman hem de frekans bakımından kaydırılması,
- Alınan sinyalin hem zaman hem de frekans alanı için paralel olarak işlenmesi,
- Alınan sinyalin zaman içinde bir referans taşıyıcı ile korele edilmesi,
- İndislerde zaman gecikmesi elde etmek için maksimizasyonun kullanılması,
- Alınan sinyalin chirp giderme işleminin referans sinyali tarafından gerçekleştirilmesi,
- Elde edilen sinyalin FFT kullanılarak frekans alanına dönüştürülmesi,
- İndislerde frekans kayması elde etmek için maksimizasyonun kullanılması,
- Zaman ve frekans sapmalarının birleşik etkisini ayırmak için elde edilen iki değer kullanılması,
- Aynı işlemin ikinci taşıyıcı için tekrarlanması ve daha iyi bir çerçeve senkronizasyonu elde etmek için bu taşıyıcı ile birinci taşıyıcıdan elde edilen değerlerin ortalamasının alınması.

2. Önceki istemlerden herhangi birine göre yöntemi gerçekleştirmek için araçlar içeren bir veri işleme sistemi.

3. Program, İstem 2'ye göre bir veri işleme sistemi tarafından yürütüldüğünde, bilgisayarın İstem 1'e göre yöntemi gerçekleştirmesine neden olan talimatları içeren bir bilgisayar programı.

4. İstem 3'e göre bilgisayar programının üzerinde depolandığı, bilgisayar tarafından okunabilir bir veri taşıyıcısı.

TARİFNAME

ÇOK TAŞIYICILI CHIRP DALGA FORMLARI İÇİN SENKRONİZASYON TEKNİĞİ

5

Teknik Alan

Buluş, Nesnelerin İnterneti (IoT) uygulamaları ve çoklu bağlantı ağ ortamları için avantajlı olan çok taşıyıcılı chirp dalga formu kullanan ağlar için uyarlanmış sağlam bir sinyal
10 senkronizasyon mekanizması ile ilgilidir.

Önceki Teknik

Yeni nesil kablosuz ağlar için dalga formları tasarlanırken göz önünde bulundurulması
15 gereken önemli bir husus, IoT cihazlarının çoklu bağlantı ağları içinde sorunsuz bir şekilde bağlanması ve aynı zamanda minimum sistem karmaşıklığının sağlanmasıdır. Hem baz istasyonu ve uç cihazlar arasında hem de uç cihazların kendi aralarında senkronizasyonun sürdürülmesi önemli bir zorluktur. Bu ağlar, sık sık verilen genel sinyaller aracılığıyla koordineli senkronizasyona güvenemeyecekleri gibi, sapma hatalarını en aza indirmek için
20 maliyetli, yüksek performanslı donanımlara da güvenemezler.

IoT ağları ve çoklu bağlantı sistemleri arasındaki bu senkronizasyon sorununu ele almak için literatürdeki çeşitli çalışmalar bu konuyu ele almıştır. 3GPP tarafından uyarlanan teknolojilerden biri, hücresele ağlar arasında IoT cihazlarını, NB-birincil senkronizasyon
25 sinyali ve NB-ikincil senkronizasyon sinyalleri olarak adlandırılan senkronizasyon sinyallerini içeren NB-IoT'dir. Bu tür sinyaller, baz istasyonu gibi merkezi bir senkronizatör ve uç cihazların her zaman dilimi için sık sık izlenmesi ve senkronize edilmesini gerektirmektedir [1]. [2] ve [3]'te bahsedilen çalışmalar, IoT cihazlarının daha az karmaşıklıkla senkronize olması için daha fazla esneklik sağlamak üzere standartlaştırılmış
30 tekniğinin geliştirilmiş halleridir. IoT endüstrisinde yükselen bir diğer teknoloji de sinyal iletimi için chirp tabanlarını kullanan LoRa teknolojisidir. LoRa, uç cihazlar ve ağ geçitleri arasında veya farklı uç cihaz düğümleri arasında, biri yukarı chirp ve diğeri ise aşağı chirp olmak üzere iki ardışık chirp kullanmaktan oluşan basit bir mekanizma kullanarak senkronizasyon sağlayabilmektedir, ardından alıcı iki chirp'i de gidermektedir ve chirp

giderme işlemine tabi tutulmuş sinyallerin FFT'sini almaktadır. Bundan sonra zaman ve frekans sapmalarını çözmek için bir karşılaştırma yaklaşımı kullanılmaktadır [4]. LoRa sinyallerini senkronize etmek için diğer seçeneklerin olasılığını daha fazla araştırmak için [5]'teki çalışma, Nyquist örneklemesini değiştirerek ve LoRa sembolleri üzerindeki farklı etkiyi karşılaştırarak ayrı bir zaman ve frekans sapması tahmini önermiş olup, bu sapmaların elde edilmesine izin verebilmektedir. Bant dışı zaman yayılımı kavramını temel alan [6], geniş IoT ağlarını senkronize etmek için FM radyo sinyalini kullanmaktadır. [7]'de zaman ve frekans sapmalarını bulmak amacıyla içbükey olmayan bir optimizasyon problemi tanımlamak için bir maksimum olabilirlik tahmincisi kullanılmıştır.

10

Ayrıca birkaç patent chirp dalga formları için çerçeve senkronizasyonu konusunu ele almış olup, [8]'deki çalışma zaman ve frekans alanında SNR'yi maksimize eden bir arama şeması önermektedir, bu da sapma değerlerinin tanımlanmasıyla sonuçlanmaktadır. Buna ek olarak, [9] aynı sinyali farklı yayılma faktörleri kullanarak alarak LoRa'nın farklı yayılma faktörleri üzerindeki zaman ve frekans sapmalarının farklı etkilerinden yararlanmaktadır ve sonuçta ortaya çıkan çeşitlilikten yararlanmaktadır. Ayrıca [10] daha doğru çerçeve senkronizasyonuna izin verebilecek frekans çeşitliliği elde etmek için LoRa ön işareti için farklı bant genişliklerinde yukarı ve aşağı chirp atlatmayı önermektedir.

15

20

Yukarıda bahsi geçen tüm ağlar ya herhangi bir sonuç düzeltme mekanizması sağlanmadığı için düşük doğruluktan ya da sinyalleşme ek yükünü arttırarak yüksek karmaşıklıkla muzdariptir. NB-IoT tabanlı çözümlerde olduğu gibi, merkezi senkronizör aracılığıyla büyük bir ek yük gerektirmektedir. LoRa tabanlı çözümlerde, zaman ve frekans sapmalarını kaba bir değerle elde etmek için en az iki veya daha fazla LoRa sembolü kullanıldığından gecikme de söz konusudur.

25

Sonuç olarak, minimum karmaşıklık ve enerji tüketimi ile güvenilir sinyal geri kazanımı sağlayabilecek gelişmiş bir senkronizasyon yöntemine acil ihtiyaç vardır.

Sonuç olarak, yukarıda bahsedilen tüm sorunlar ilgili alanda bir yeniliğin sağlanmasını gerekli kılmıştır.

30

Buluşun Kısa Açıklaması ve Amaçları

Mevcut buluşun ana amacı, kanal etkisine karşı dayanıklı hale getirmek için sadece senkronizasyon için ayrılmış dar bir bant sinyalinin dahil edilmesinin benzersiz bir avantajını oluşturmaktır. Buna ek olarak, alıcıda iyi sonuçlar elde etmek için aynı sembol içinde iki chirp taşıyıcı iletilmektedir.

5

Diğer bir amaç, her bir taşıyıcının zaman ve frekans alanındaki paralel işlemlerini sağlayarak sapma belirsizliğini çözmek ve her bir taşıyıcının zaman içinde tekrarlanmasını sağlayarak daha ince bir tahmin elde etmektir, çünkü frekans sarmalama işlemi başka bir serbestlik derecesi vermektedir.

10

Buluşun bir diğer amacı, her bir taşıyıcının zaman gecikmesini elde etmek için bir referans taşıyıcı ile zaman içinde korelasyonunu uygulamak, ardından chirp giderme işlemine tabi tutmak ve FFT kullanarak frekansa eşlemektir.

15 Buluşun bir diğer amacı, her baz istasyonunun farklı çift chirp taşıyıcı kullanmasını sağlayarak paraziti önlemektir.

Buluşun Şekillerinin Açıklaması

20 Buluş konusunun daha iyi anlaşılması için gerekli olan şekiller ve ilgili açıklamalar aşağıda verilmiştir.

Şekil 1. çerçeve yapısını göstermektedir.

Şekil 2. zaman frekansının iletilen sembolü iki taşıyıcıyı temsil ettiğini göstermektedir.

25 **Şekil 3.** alınan iki taşıyıcı sembolün zaman frekansını göstermektedir.

Şekil 4. alınan sinyal paralel işleme akış şemasını göstermektedir.

Şekil 5. zaman alanı korelasyonu kullanılarak alınan sinyal analizini göstermektedir.

Şekil 6. alınan sinyal frekans alanı analizini göstermektedir.

30 Buluşun Ayrıntılı Açıklaması

Buluş, çok taşıyıcılı chirp dalga formlarını senkronize etmek için yeni bir teknik ile ilgilidir.

Yaklaşan 5G ve 6G ağları ve ötesi için dalga formu, verici ve alıcı tasarımı alanında bu buluş, chirp dalga formlarından yararlanan tüm iletişim cihazlarında uygulanabilirlik ve fizibilite bulmaktadır. Kavramsallaştırılan yenilik, IoT ağlarında veya çoklu bağlantı ağlarında ED'leri senkronize etmek için zamanlama ve frekans sapmasını doğru bir şekilde tahmin etmek için uyarlanmıştır. Ayrıca buluş, iletişim, algılama uygulamaları veya entegre algılama ve iletişim işlevlerinin bir kombinasyonu için chirp sinyallerini entegre eden herhangi bir cihaz, sistem veya ağı da kapsamaktadır.

Buluşun amacı, IoT ağları ve çoklu bağlantı için zaman ve frekans senkronizasyonu sağlayabilecek bir mekanizmayı merkezi senkronizöre ihtiyaç duymadan ve aşırı ek yüke gerek kalmadan kullanmaktır. Önerilen buluş ayrıca diğer IoT senkronizasyon tekniklerine kıyasla bir avantaj olarak bir yeniden kontrol mekanizması kullanarak ince sapma tahmini marjı sağlamaktadır.

Buluşun, chirp dalga formlarındaki zaman ve frekans sapması belirsizliğini çözmek için paralel olarak zaman ve frekans alanında işlenen dar bantlı bir iletimde iki chirp taşıyıcısını birleştirerek doğru zaman ve frekans çerçeve hizalaması sağlaması beklenmektedir.

Teknik, iki ortogonal chirp taşıyıcı içeren dar bant sinyallerinin üretilmesinden oluşmaktadır. Bu sinyal veri için bir ön işaret olarak iletilmektedir, bundan sonra sinyal farklı şekilde işlenmektedir. Sinyal, zaman gecikmesini ayıklamak için bir referans taşıyıcı ile zaman içinde korele edilmektedir, aynı alınan sinyalin chirp giderme işlemine tabi tutulduğu ve frekans sapmasını elde etmek için FFT kullanılarak frekans alanına dönüştürüldüğü her yerde, bu iki zaman ve frekans alanı işlemi paralel olarak yapılmaktadır. Aynı işlem diğer taşıyıcı için tekrarlanmaktadır ve elde edilen sonuç daha iyi bir değer elde etmek için ilkiyle ortalaması alınmaktadır. Buluş yöntemi sırasıyla aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır.

İlk olarak, Şekil 1'de gösterildiği gibi veri için bir ön işaret olarak dar bantlı bir sinyal üretilmektedir. İkinci adım, sinyalin chirp alanında yeterince ayrılmış sadece iki chirp taşıyıcı içermesini sağlamak için Şekil 2'de gösterildiği gibi alıcıda taşıyıcılar arası parazit olmamasını sağlamaktır. Daha sonra sinyal, afin bölmeli çoğullama olarak bilinen genelleştirilmiş çok taşıyıcılı chirp dönüşümü kullanılarak oluşturulmaktadır.

Taşıyıcının dönme açısı, sinyalin kanal etkilerine karşı daha dayanıklı olmasını sağlayan kanalın ayrılmasına göre seçilmektedir. Bu seçimden sonra, sinyalin alınan taşıyıcıları, Şekil 3'te gösterildiği gibi kanal etkileri ve senkronizasyon yanlış hizalaması nedeniyle hem zaman hem de frekans bakımından kaydırılmaktadır.

5

Alınan sinyal, Şekil 4'te gösterildiği gibi hem zaman hem de frekans alanı için paralel olarak işlenmektedir. Buna ek olarak, alınan sinyal referans sinyali tarafından chirp giderme işlemine tabi tutulmaktadır ve elde edilen sinyal FFT kullanılarak frekans alanına dönüştürülmektedir. Daha sonra maksimizasyon kullanılarak, Şekil 5'te gösterildiği gibi maksimum değeri veren indislerde frekans kayması elde edilmektedir.

10

Bundan sonra elde edilen iki değer, zaman ve frekans sapmalarının birleşik etkisini ayırmak için kullanılmaktadır. Her bir taşıyıcının zaman ve frekansta tekrarlanması, zaman gecikmesi ve frekans kaymasında çoklu piksellerle sonuçlanmaktadır ve bu da sonuçların hassaslaştırılması için başka bir derece sunmaktadır.

15

Son olarak aynı işlem ikinci taşıyıcı için tekrarlanmaktadır ve daha iyi bir çerçeve senkronizasyonu elde etmek için, bu taşıyıcı ile birinci taşıyıcıdan elde edilen değerlerin ortalaması alınmaktadır.

20

Referanslar:

[1] LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Base station (BS) conformance testing (3GPP TS 36.141 version 13.6.0 Release 13).

25

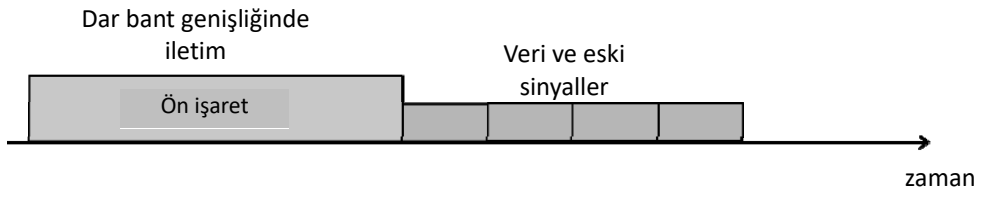
[2] Zou, J., & Xu, C. (2018). Frequency offset tolerant synchronization signal design in NB-IoT. *Sensors*, 18(11), 4077.

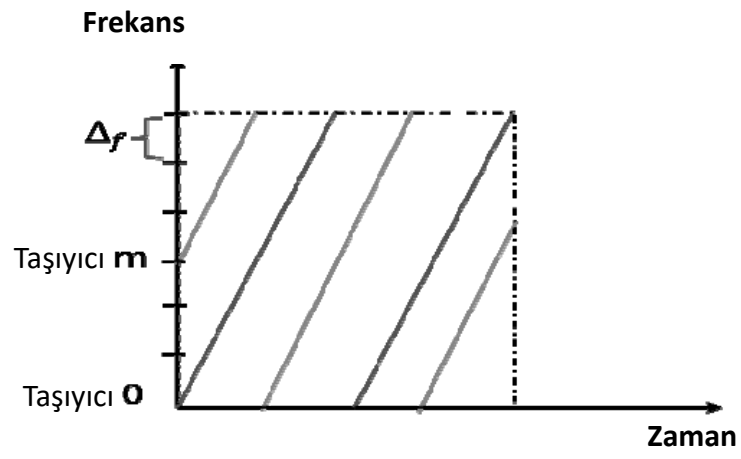
[3] Zhang, J., Wang, M., Hua, M., Yang, W., & You, X. (2017). Robust synchronization waveform design for massive IoT. *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 16(11), 7551-7559.

30

[4] Xu, Z., Tong, S., Xie, P., & Wang, J. (2023). From demodulation to decoding: Toward complete lora phy understanding and implementation. *ACM Transactions on Sensor Networks*, 18(4), 1-27.

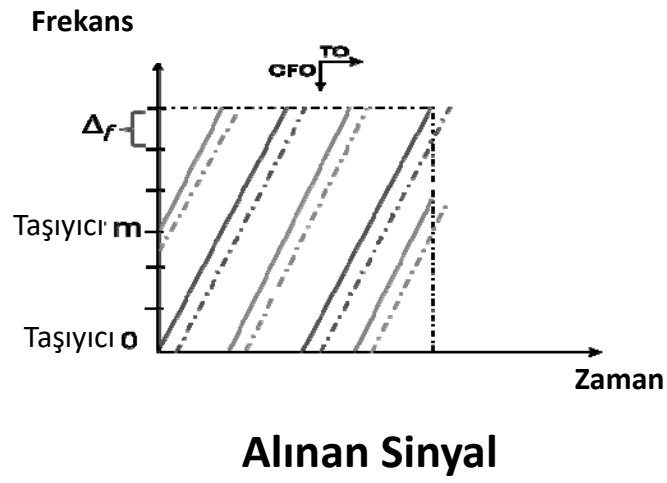
- [5] Xhonneux, M., Afisiadis, O., Bol, D., & Louveaux, J. (2021). A low-complexity LoRa synchronization algorithm robust to sampling time offsets. *IEEE Internet of Things Journal*, 9(5), 3756-3769.
- [6] Beltramelli, L., Mahmood, A., Ferrari, P., Österberg, P., Gidlund, M., & Sisinni, E. (2020). Synchronous LoRa communication by exploiting large-area out-of-band synchronization. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(10), 7912-7924.
- [7] Savaux, V., Delacourt, C., & Savelli, P. (2021). On time-frequency synchronization in LoRa system: From analysis to near-optimal algorithm. *IEEE Internet of Things Journal*, 9(12), 10200-10211.
- [8] TANG XIAOKE [CN]; ZHAO DONGYAN [CN]; LI ZHENG [CN]; ZHAO XU [CN]; ZHAO YAHONG [CN]; LI DEJIAN [CN]; ZHANG YUBING [CN]; YUAN XU [CN]; LIU JICHAO [CN]. (2019). WO. Patent No. WO2021027590A1. World Intellectual Property Organization.
- [9] YAO FANG. (2022). CN. Patent No. CN115361739A. China National Intellectual Property Administration.
- [10] LU MAOLIN; ZHAO HANGSHENG; SHEN ERNEST; ZHAO JIE; LI YUMING; ZHOU CHENG. (2023). CN. Patent No. CN116436743A. China National Intellectual Property Administration.

**ŞEKİL 1**

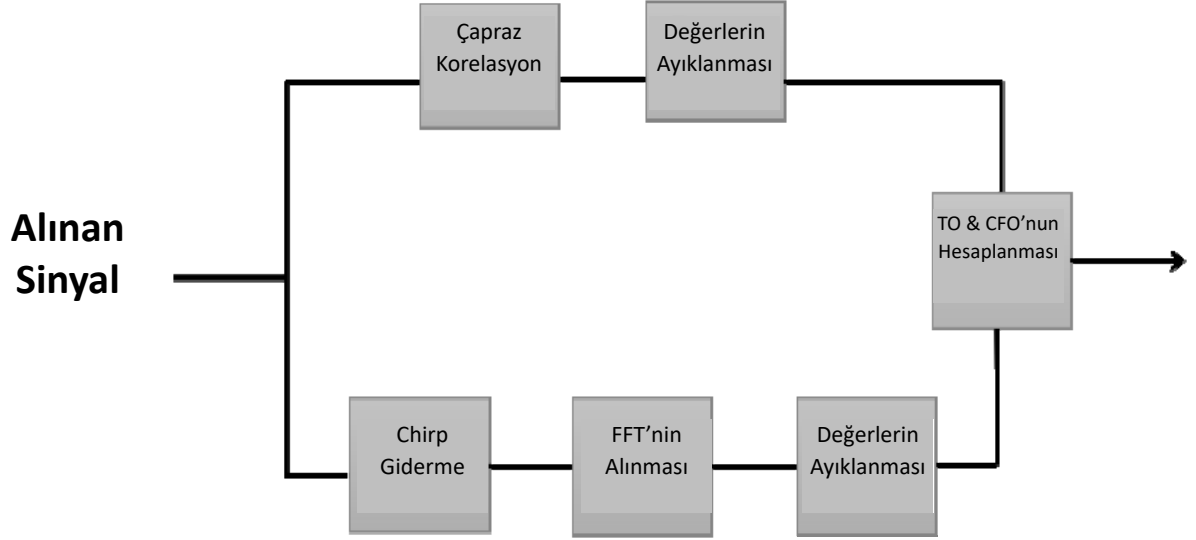


İletilen Sinyal

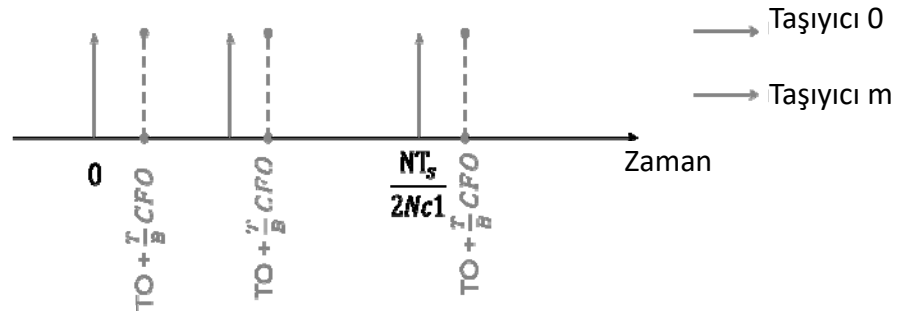
ŞEKİL 2



ŞEKİL 3

**ŞEKİL 4**

Zaman Analizi



ŞEKİL 5