

ÖZET

Fast-ICA için Yeni bir Doğrusal Olmayan Fonksiyon ile Kör Ortak Radar ve İletişim Sinyali Ayırtırmaya Yönelik Yöntem

5

Fast-ICA için yeni bir doğrusal olmayan fonksiyon ile kör ortak radar ve iletişim sinyali ayırtırmaya yönelik yöntem olup; özelliği hücrel sinyaller (10) ve radar sinyallerinden (20) JRC (Ortak Radar ve İletişim) sinyallerinin elde edilmesi (a), adım a'dan alınan sinyalin önceden işlenmesi (b), (Alınan sinyallerin merkezlenmesi ve beyazlatılması), doğrusal olmayan $G_p(u)$ sigmoid fonksiyonunun (50) uygulanması (c), farklı sönümlenme kanalları aracılığıyla Fast-ICA Algoritması (60) ile kör sinyal ayırtırmanın gerçekleştirilmesi ve hücrel sinyaller (10) ve radar sinyallerinin (20) elde edilmesi (d) adımlarını içermesidir.

10

(Şekil 1)

ABSTRACT**Method for Blind Joint Radar and Communication Signal Separation with a Novel Non-Linear Function for Fast-ICA**

5

Method for blind joint radar and communication signal separation with a novel non-linear function for Fast-ICA characterized by comprising; Obtaining JRC (Joint Radar and Communication) signals from cellular signals (10) and radar signals (20) (a), Pre-processing of received signal from step a (b), (Centering and whitening of the received signals), Applying the non-linear $G_p(u)$ sigmoid function (50) (c), Separating blind signals with Fast-ICA Algorithm (60) through different fading channels and obtaining cellular signals (10) and radar signals (20) (d).

10

(Figure 1)

15

İSTEMLER

1. Fast-ICA için yeni bir doğrusal olmayan fonksiyon ile kör ortak radar ve iletişim sinyali ayrıştırmaya yönelik bir yöntem olup; **özelligi**; aşağıdaki adımları içermesidir:
- 5
 - Hücrel sinyallerden (10) ve radar sinyallerinden (20) JRC (Ortak Radar ve İletişim) sinyallerinin elde edilmesi (a),
 - Adım a'dan alınan sinyalin önceden işlenmesi (b),
 - Doğrusal olmayan $G_p(u)$ sigmoid fonksiyonunun (50) uygulanması (c),
 - Farklı sönümlenme kanalları aracılığıyla Fast-ICA Algoritması (60) ile kör sinyal
- 10 ayrıştırmanın gerçekleştirilmesi ve hücrel sinyaller (10) ve radar sinyallerinin (20) elde edilmesi (d).
2. İstem 1'e göre yöntem olup, **özelligi**; adım c'de aşağıdaki sigmoid fonksiyonunu (50) içermesidir:

15

$$G_p(u) = \frac{1}{1 + e^{-a_4 u}}, \quad a_4 \approx 0.5$$

CLAIMS

1. A method for blind joint radar and communication signal separation with a novel non-linear function for Fast-ICA characterized by comprising;
 - 5 • Obtaining JRC (Joint Radar and Communication) signals from cellular signals (10) and radar signals (20) (a),
 - Pre-processing of received signal from step a (b),
 - Applying the non-linear $G_p(u)$ sigmoid function (50) (c),
 - Separating blind signals with Fast-ICA Algorithm (60) through different fading channels and
 - 10 obtaining cellular signals (10) and radar signals (20) (d).
2. The method of claim 1 characterized by comprising; sigmoid function (50) in step c, which is;

$$G_p(u) = \frac{1}{1 + e^{-a_4 u}}, \quad a_4 \approx 0.5$$

TARİFNAME

Fast-ICA için Yeni bir Doğrusal Olmayan Fonksiyon ile Kör Ortak Radar ve İletişim Sinyali Ayırtırmaya Yönelik Yöntem

5

Teknik alan

10 Buluş, modifiye edilmiş bir hızlı bağımsız bileşen analizi (Fast-ICA) algoritması kullanılarak JRC (ortak radar ve iletişim) sinyallerinin kör sinyal ayırtırmaya (BSS) tabi tutulması ile ilgilidir. Ayrıca Fast-ICA için daha az zaman hesaplama karmaşıklığı ile daha iyi ayırtırma performansına sahip olma eğilimi gösteren yeni bir doğrusal olmayan fonksiyon dahil edilmektedir.

Önceki teknik

15

Ortak radar ve iletişim (JRC), hem algılama hem de iletişime bağlı olarak artan uygulamalar ile başa çıkmak üzere hızlı ortaya çıkan bir alandır. Ancak bir arada bulunma, iletim tasarımı ve sinyal analizi dahil olmak üzere JRC sistemlerine yönelik olarak sıklıkla sorunlar ile karşılaşilmektedir.

20 JRC (ortak radar ve iletişim) sinyallerinde gerçekleştirilen mevcut işlem, çoğunlukla eş zamanlı olarak algılamaya ve iletişim için tek bir dalga formu veya ortak dalga formları kullanılabilecek şekilde farklı dalga formlarının tasarlanması ile ilgilidir.

25 JRC için kullanılan iki tür dalga formu vardır; radar-iletişim birlikteliği (RCC) ve çift işlevli radar iletişimi (DFRC) [1]. Radar ve iletişim sinyallerinin birlikteliği, RCC için kullanılırken, hem algılama hem de iletişim görevlerini yerine getiren tek bir dalga formu, DFRC için kullanılmaktadır [2]. JRC dalga formu tasarımındaki ana işlem, girişim azaltma ile paralel olarak hem algılama hem de iletişim için çalışabilen bir sistemin modellenmesine odaklanmaktadır.

30 RCC için, [3]'te gerçekleştirilen işlem girişim ile ilgili sorunların giderildiği, bir arada bulunan JRC sistemlerinin ayrıntılı bir şekilde incelenmesidir. Ayrıca [4]-[6]'da olduğu gibi RCC dalga formlarında girişim azaltımına yönelik yeni yöntemler önerilmektedir. Büyük ölçüde DFRC'ye yönelik tek bir dalga formunun tasarlanması, dikey frekans bölmeli çoklama (OFDM) sinyalinden faydalanılması ve bu sinyalin, birbirlerini algılama ve iletişim kurma amaçlı olarak

kullanılmasından oluşmaktadır. Bir OFDM sistemi, korelasyon tabanlı işlemenin tipik dezavantajlarını gideren [7]'de JRC'nin eşzamanlı çalışması için tasarlanmaktadır. [8]'de bir OFDM JRC modelinde Doppler tahmini, menzil çözünürlüğünün bir kombinasyonu ile ele alınmaktadır. Ayrıca farklı JRC dalga formlarının tasarım sorunları, [9]-[11]'de ele alınmaktadır. Dalga formu tasarımı dışında kör JRC sinyal analizi ile ilgili herhangi bir spesifik işlem yapılmamaktadır. Yukarıda bahsedilen işlemlere rağmen, çeşitli radyo spektrumunda JRC sinyallerinin sürekli izlenmesi ve yönetilmesi literatürde henüz ele alınmamış olan önemli bir konudur. Bu işlem, iletişim verilerinin çözülmesini ve alıcılarda algılama parametrelerinin alınmasını sağlayan JRC sinyallerinin kör ayrıştırmaya tabi tutulmasına odaklanmaktadır.

Sonuç olarak, yukarıda bahsedilen dezavantajlar ve mevcut çözümlerin yetersizliği nedeniyle ilgili teknik alanda bir iyileştirmeye ihtiyaç duyulmuştur.

Referanslar:

[1] F. Liu, C. Masouros, A. Petropulu, H. Griffiths, and L. Hanzo, "Joint radar and communication design: Applications, state-of-the-art, and the road ahead," IEEE Transactions on Communications, 2020.

[2] M. Labib, V. Marojevic, A. F. Martone, J. H. Reed, and A. I. Zaghloui, "Coexistence between communications and radar systems: A survey," URSI Radio Science Bulletin, vol. 2017, no. 362, pp. 74–82, 2017.

[3] M. L. Rahman, J. A. Zhang, K. Wu, X. Huang, Y. J. Guo, S. Chen, and J. Yuan, "Enabling joint communication and radio sensing in mobile networks—a survey," arXiv preprint arXiv:2006.07559, 2020.

[4] H. Deng and B. Himed, "Interference mitigation processing for spectrum-sharing between radar and wireless communications systems," IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, vol. 49, no. 3, pp. 1911–1919, 2013.

[5] P. Striano, C. V. Ilioudis, J. Cao, C. Clemente, and J. J. Soraghan, "Interference mitigation for a joint radar communication system based on the FrFT for automotive applications," in IEEE International Radar Conference (RADAR). IEEE, 2020, pp. 268–273.

[6] F. Roos, J. Bechter, C. Knill, B. Schweizer, and C. Waldschmidt, "Radar sensors for autonomous driving: Modulation schemes and interference mitigation," IEEE Microwave Magazine, vol. 20, no. 9, pp. 58–72, 2019.

[7] C. Sturm, T. Zwick, and W. Wiesbeck, "An OFDM system concept for joint radar and communications operations," in IEEE 69th Vehicular Technology Conference. IEEE, 2009, pp. 1–5.

[8] Y. L. Sit, C. Sturm, and T. Zwick, "Doppler estimation in an OFDM joint radar and communication system," in 2011 German Microwave Conference. IEEE, 2011, pp. 1–4.

[9] C. Sturm and W. Wiesbeck, "Waveform design and signal processing aspects for fusion of wireless communications and radar sensing," Proceedings of the IEEE, vol. 99, no. 7, pp. 1236–1259, 2011.

[10] K.-W. Huang, M. Bic a, U. Mitra, and V. Koivunen, "Radar waveform design in spectrum sharing environment: Coexistence and cognition," in IEEE Radar Conference (RadarCon). IEEE, 2015, pp. 1698–1703.

[11] R. M. Gutierrez, H. Yu, A. R. Chiriyath, G. Gubash, A. Herschfelt, and D. W. Bliss, "Joint sensing and communications multiple-access system design and experimental characterization," in IEEE Aerospace Conference. IEEE, 2019, pp. 1–8.

Buluşun Amacı

Buluş, mevcut teknikte kullanılan yapılandırmalardan farklı olarak bu alana yeni bir bakış açısı getiren farklı teknik özelliklere sahip bir yöntem sağlamayı amaçlamaktadır.

Ortak radar ve iletişim (JRC), güvenilir algılama gerektirirken, aynı zamanda yüksek veri hızları sağlayan dinamik olarak artan uygulamaları karşılamak üzere gelecekteki kablosuz ağlara yönelik ilgi çekici bir alan haline gelmiştir [1]. JRC, yüksek frekans bandı spektrum paylaşımını, örneğin spektrum azlığını gidermek üzere milimetre dalga (mmWave) kullanmaktadır. Radar ve iletişim sinyallerinin birleştirilmesi, spektrum azlığı ve aynı zamanda paylaşılan donanım kaynakları bakımından avantaj sağlamaktadır. Önerilen bu buluşta, bir arada bulunan JRC sistemine yönelik kör sinyal ayrıştırma (BSS) önerilmektedir. Hızlı bağımsız bileşen analizi (Fast-ICA), müzik ve ses ayrıştırmaya yönelik yaygın olarak kullanılan bir BSS algoritmasıdır. Bir arada bulunan JRC sinyallerinin ayrılmasına yönelik negentropinin tahminine yönelik yeni bir doğrusal olmayan fonksiyona sahip modifiye edilmiş bir Fast-ICA algoritması önerilmektedir. Fast-ICA, temel bileşen analizi (PCA) ve negatif olmayan matris faktörizasyonu (NMF) gibi diğer algoritmalar ile karşılaştırıldığında önerilen çerçeve için en verimli algoritmadır.

Referanslar:[1] L. Zheng, M. Lops, Y. C. Eldar, and X. Wang, "Radar and communication coexistence: An overview: A review of recent methods," IEEE Signal Processing Magazine, vol. 36, no. 5, pp. 85–99, 2019.

5

Daha önceden bahsedildiği üzere BSS, spektrum farkındalığı ve yönetiminde önemli bir rol oynamaktadır. JRC uygulamaları, algılama ve iletişim gerektiren daha fazla cihaza sahip olan yaklaşan kablosuz ağlarda büyük ölçüde önem kazanmıştır. Bu amaçla kablosuz iletişim topluluğu, mevcut büyüyen JRC araştırma alanını modifiye etme ve geliştirme isteği içindedir.

10

Kör sinyal ayrıştırma, JRC sinyallerinin radyo ortamı hakkında daha iyi bir kavrayışa sahip olmak üzere algılama ve iletişim verilerinin elde edilmesinde yardımcı olacaktır. Tüm parametrelerin bilinmediği bir sinyal kör biçimde alındığında, verilerin sinyallerden elde edilmesi çok zordur. Dolayısıyla, bu amaca yönelik buluş, kör JRC sinyalleri alındığında ve kör sinyallerden gelen bilgilerin çözülmesi gerektiğinde oldukça yardımcı olmaktadır.

15

Bu buluşta JRC sinyal ayrıştırmasına yönelik kullanılan algoritma, daha iyi sonuçlar vermek ve daha az zaman hesaplama karmaşıklığı ile geliştirilmiş Fast-ICA'dır. Negentropi tahminine yönelik, Fast-ICA algoritmasının daha sağlam çalışmasına yardımcı olan, doğrusal olmayan yeni bir denklem dahil edilmektedir.

20

Buluşun avantajları:

✓ JRC sistemlerine yönelik BSS'nin uygulanması, bu belgede ilk kez yazarların bilgisi dahilinde tanıtılmaktadır. Bu ayrıştırma, alıcı(lar)da kör biçimde algılama ve iletişim verilerini elde etmek üzere bir arada bulunan JRC sinyalleri için çok önemlidir.

25

✓ Sinyal ayrıştırmanın negentropi yaklaşımına yönelik kullanılan klasik fonksiyonlardan daha iyi performans gösteren, modifiye edilmiş Fast-ICA için yeni bir doğrusal olmayan fonksiyon tanıtılmaktadır.

✓ Modifiye edilmiş Fast-ICA algoritmasının varsayımları altında, bir arada bulunan herhangi bir JRC sinyalinin kör ayrıştırması için genelleştirilmiş bir çerçeve önerilmektedir.

30

✓ Ayrıca önerilen çerçevenin sağlamlığını göstermek için mevcut BSS yöntemleri ile derinlemesine karşılaştırma analizi gerçekleştirilmektedir. Sinyal ayrıştırma araştırma çalışmalarının çoğu, kablosuz kanal koşullarının etkisini gözden kaçırmaktadır ve basitlik için AWGN kanalını varsaymaktadır. Ancak bu çalışmada AWGN ve çok yollu sönümlleme kanalları dahil olmak üzere farklı ortamlarda kapsamlı sinyal alımı dikkate alınmaktadır.

35

Buluşun yapısal ve karakteristik özellikleri ve bütün avantajları, aşağıdaki şekillerden ve detaylı açıklamadan daha anlaşılır hale gelecektir.

5 Şekillerin kısa açıklaması

Şekil 1, Onerilen Çerçevenin Blok Diyagramı.

Şekil 2, Modifiye Edilmiş Fast-ICA Algoritmasının Akış Şeması.

Şekil 3, İletilen karışık JRC sinyali, sırasıyla (a) güç-zaman ve (b) frekans-zaman temsili.

10 **Şekil 4,** Her iki kaynak sinyalinin uygunluk tahmini.

Şekil 5, Farklı kanallarda ayrılmış OFDM sinyali.

Şekil 6, Farklı kanallarda ayrılmış cıvıltı sinyali; (a) Orijinal sinyal, (b) AWGN kanalı, (c) zamanla değişmeyen kanal, (d), zamanla değişen kanal.

15 **Şekil 7,** modifiye edilmiş Fast-ICA, klasik Fast-ICA ve PCA'ya yönelik sinyal ayrıştırmanın normalleştirilmiş ortalama karesel hatası.

Şekillerin ölçeğe göre olması gerekli değildir ve mevcut buluşu anlamak üzere gerekli olmayan detaylar çıkartılabilmektedir. Ayrıca en azından büyük oranda özdeş olan elemanlar veya en azından büyük oranda özdeş olan fonksiyonlar, aynı sayı ile gösterilmektedir.

20

Referans Listesi

10. Hücresel sinyal

20. Radar sinyali

25 30. JRC sinyali

40. Kablosuz kanal

50. Sigmoid fonksiyonu

60. Fast-ICA Algoritması

30 a. Hücresel sinyallerden (10) ve radar sinyallerinden (20) JRC (Ortak Radar ve İletişim) sinyallerinin elde edilmesi,

b. Adım a'dan alınan sinyalin önceden işlenmesi (b), (Alınan sinyallerin merkezlenmesi ve beyazlatılması),

b1. Merkezleme

35 b2. Beyazlatma

c. Doğrusal olmayan $G_p(u)$ sigmoid fonksiyonunun (50) uygulanması,

d. Farklı sönümlleme kanalları aracılığıyla Fast-ICA Algoritması (60) ile kör sinyal ayrıştırma ve hücrel sinyaller (10) ve radar sinyallerinin (20) elde edilmesi.

d1. Farklı sönümlleme kanalları aracılığıyla ayrıştırma

5 KISALTMALAR

Fast-ICA: Hızlı Bağımsız Bileşen Analizi

BSS: Kör Sinyal Ayrıştırma

JRC: Ortak Radar ve İletişim

OFDM: Dikey Frekans Bölmeli Çoklama

10

Buluşun detaylı açıklaması

Bu ayrıntılı açıklamada buluşun tercih edilen yapılandırmaları, konunun daha iyi anlaşılmasına yönelik ve sınırlayıcı olmayan bir etki ile açıklanmaktadır.

15

Buluş, modifiye edilmiş bir hızlı bağımsız bileşen analizi (Fast-ICA) algoritması kullanılarak JRC (ortak radar ve iletişim) sinyallerinin kör sinyal ayrıştırması (BSS) ile ilgilidir. Ayrıca Fast-ICA için daha az zaman hesaplama karmaşıklığı ve daha iyi ayrıştırma performansına sahip olma eğilimi gösteren yeni bir doğrusal olmayan fonksiyon dahil edilmektedir.

20

Sistem Modeli:

Bu bölümde önerilen çerçevenin sistem modeli açıklanmaktadır. m-boyutlu gözlenen sinyaller, $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ ile gösterilirken n-boyutlu vektörün istatistiksel olarak bağımsız bileşeni, $\mathbf{s} = (s_1, s_2, \dots, s_n)^T$ ile gösterilmektedir ve A, tahmin edilecek olan bir sabit m x n matrisidir. Vektör-matris temsiliinde ICA algoritmasının modeli aşağıdaki gibidir;

25

$$\mathbf{x} = \mathbf{A}\mathbf{s}.(1)$$

30

Belirli bir örnek olarak OFDM iletişimi ($s_1(t)$) ve cıvıltı radarı ($s_2(t)$), sinyaller, bir arada bulunan bir JRC modeli olarak kabul edilmektedir.

$$s_1(t) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{k=0}^{n-1} X_m(k) e^{j2\pi t \frac{k}{N}}, \quad 0 \leq n \leq N-1, \quad (2)$$

$$s_2(t) = \sin \left[\phi_0 + 2\pi f_0 \left(\frac{k^{(t)} - 1}{\ln(k)} \right) \right], \quad (3)$$

burada (2), X_m iletilen veri sembolleri ve N sayıda taşıyıcı ile OFDM sinyalini temsil etmektedir. Ayrıca (3), başlangıç frekansı (f_0), başlangıç fazı (ϕ_0) ile cıvıltı sinyalini temsil etmektedir ve k , frekans değişim hızıdır. Her iki sinyal, aynı bant genişliği (BW) ve taşıyıcı frekansı üzerinden iletilirken rastgele ağırlık ile çarpılmaktadır, üst üste bindirilmektedir, zaman ve frekans alanında örtüşmektedir.

Kör Sinyal Ayırıştırma:

JRC sinyalinin (30) ayrıştırılması, bir BSS algoritması, Fast-ICA ile gerçekleştirilmektedir. Sinyal ayrıştırmanın temel amacı, ayrı bileşenlerin mümkün olduğunca istatistiksel olarak bağımsız olabileceği bir temsil bulmaktır. Analiz blok diyagramı, alınan sinyal işleminin üç aşamadan oluştuğu Şekil 1'de gösterilmektedir. Sinyalin ön işleme tabi tutulmasından başlayarak, Fast-ICA için yeni bir doğrusal olmayan fonksiyon önerilmekte ve algılama ile iletişim verilerini elde etmek üzere sinyaller farklı sönümlenme kanallarından ayrılmaktadır.

A. Varsayımlar:

Fast-ICA, ayırtırmaya yönelik gerekli olan iki ana varsayıma sahiptir; a) kaynak sinyaller istatistiksel olarak bağımsızdır ve b) sinyaller Gaussian olmayan türde olmalıdır [1]. Fast-ICA tahmininde Gaussian olmama özelliğini kullanmak üzere, basıklık veya negentropi ile niceliksel bir ölçüm gerçekleştirilmektedir. Gaussian olmamanın klasik ölçüsü basıklıktır, ancak aykırı değerlere çok duyarlı olma gibi büyük bir dezavantajı vardır. Basıklık, matematiksel olarak aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır

$$\text{kurt}(s) = E\{s^4\} - 3(E\{s^2\})^2, \quad (4)$$

burada $E(\cdot)$, ortalama işlemidir. Gaussian olmamanın ikinci bir önemli ölçüsü, bu buluşta kullanılan ve ayrıca aşağıdaki bölümlerde açıklanan negentropi tahminidir.

B. Ön İşleme:

Aşağıdaki iki ön işleme tekniği, verileri uygun ve daha basit bir format haline getirmek üzere gerçekleştirilmektedir; merkezleme ve beyazlatma. Merkezleme, ortalama vektörün, $m = E\{x\}$ karışık sinyalden çıkarılmasıdır, böylece vektör bir sıfır ortalama değişken haline gelmektedir. Alınan verilerin merkezlenmesi yapıldıktan sonra, merkezlenmiş veriler beyazlatılmaktadır. Beyazlatmanın temel amacı, alınan verinin bileşenlerini birlik değişkeni ile mümkün olduğunca ilişkisiz hale getirmektir.

C. Önerilen Negentropi Tahmini:

Fast-ICA'daki ana işlem, karıştırma matrisinin (A , $W = A^{-1}$) tersi olan bir ayırma matrisini (W) tahmin etmektir ve $w^T x$ 'in izdüşümü, sabit nokta tekrarlama şemasında sistemin Gaussian türünde olmamasını maksimuma çıkarmaktadır. Bağımsız bileşenleri (IC) bulmak amacıyla negentropi tahmini gerçekleştirilmektedir.

- 5 Negentropi, diferansiyel entropi $H(y)$ 'nin bilgi-teorik miktarı kavramına dayanmaktadır, $p(y)$ olasılık yoğunluğu, aşağıdaki şekilde tanımlanabilmektedir

$$H(y) = - \int p(y) \log p(y) dy. \quad (5)$$

Diferansiyel entropi, aşağıdaki şekilde tanımlanan $J(y)$ negentropisini elde etmek için normalize edilmektedir.

$$J(y) = H(y_G) - H(y), \quad (6)$$

10

burada y_G , y ile aynı kovaryansın herhangi bir Gaussian rastgele değişkenidir. Negentropiye yaklaşabilen Fast-ICA algoritmasının (60) bir amaç fonksiyonu tanımlanmaktadır. Bu yaklaşım, aşağıdaki gibi verilen maksimum-entropi prensibine dayanmaktadır.

$$J(y) \approx \sum_{i=1}^P k_i [E\{G_i(y)\} - E\{G_i(v)\}]^2, \quad (7)$$

- 15 burada k_i 's, pozitif sabitlerdir, Gaussian değişkeni (v) ve rastgele değişken (y), sıfır ortalaması ve birim değişkenine sahipken G_i , kuadratik olmayan fonksiyonlardır. Kuadratik olmayan tek fonksiyonu kullanmak için yukarıdaki yaklaşım aşağıdaki gibi olmaktadır.

$$J_G(w) = [E\{G(w^T x)\} - E\{G(v)\}]^2. \quad (8)$$

- 20 Negentropinin sağlam bir yaklaşımı, yavaş büyüyen kuadratik olmayan G fonksiyonunun akıllıca seçimine bağlıdır. Aşağıdaki doğrusal olmayan fonksiyonlar $G(\cdot)$ ve bunların türevleri $g(\cdot)$, Fast-ICA algoritmasında [1] (60) sıklıkla kullanılmaktadır.

$$\begin{cases} G_1(u) = \frac{1}{a_1} \log \cosh(a_1 u), & g_1(u) = \tanh(a_1 u), \\ G_2(u) = -\frac{1}{a_2} e^{-\frac{1}{2} a_2 u^2}, & g_2(u) = u e^{-\frac{1}{2} a_2 u^2}, \\ G_3(u) = \frac{1}{4} u^4, & g_3(u) = u^3, \end{cases} \quad (9)$$

burada $1 \leq a_1 \leq 2$ ve $a_2 = 1$.

- 25 Bu buluşta sigmoid fonksiyonu (50) olarak adlandırılan ve aşağıdaki gibi tanımlanan yeni bir doğrusal olmayan fonksiyon tanıtılmaktadır;

$$G_p(u) = \frac{1}{1 + e^{-a_4 u}}, \quad a_4 \approx 0.5 \quad (10)$$

Onerilen $G_p(u)$, yukarıda bahsedilen diğer $G_i(u)$ ile karşılaştırıldığında daha az hesaplama karmaşıklığı ile daha iyi ve sağlam yaklaşım vermektedir. $G_3(u)$ seçimi, Gaussian olmamanın sağlam bir ölçüsü olmayan basıklık tabanlı yaklaşıma neden olmaktadır. Bu buluşta kullanılan modifiye edilmiş Fast-ICA algoritması (60), Algoritma 1'de kısaca açıklanmaktadır.

Algoritma 1 Geliştirilmiş Fast-ICA Algoritması

Girdi: Karışık JRC sinyalleri $\mathbf{x}$.

Çıktı: Ayrıştırma matrisi $\mathbf{W}$.

A. Ön İşleme:

1: **Merkekleme:** $\mathbf{x} = E\{\mathbf{x}\}$; $\mathbf{x}$ sıfır ortalamaya sahiptir

2: **Beyazlatma:** $E\{\mathbf{x}\mathbf{x}^T\} = \mathbf{I}$.

B. Kör Sinyal Ayrıştırma

3: Sunulan $G_4(u)$, sigmoid fonksiyonunun seçilmesi.

4: IC'lerin sayısının başlatılması, m . Ayarlanan sayaç $p=1$.

5: Rastgele $\mathbf{w}_p$, $\mathbf{w}_p = \mathbf{w}_p / \|\mathbf{w}_p\|$ başlatılması.

6: $\mathbf{w}_p$, $\mathbf{w}_p = E\{\mathbf{x} g(\mathbf{w}_p^T \mathbf{x})\} - E\{g'(\mathbf{w}_p^T \mathbf{x})\} \mathbf{w}_p$ hesaplama.

7: $\mathbf{w}_{p+1} = \mathbf{w}_{p+1} - \sum_{j=1}^p \mathbf{w}_{p+1}^T \mathbf{w}_j \mathbf{w}_j$ çalıştırma.

8: $\|\mathbf{w}_{p+1} - \mathbf{w}_p\| < \epsilon$ birleşmemiş ise, adım 6'ya gidiniz.

9: $p = p + 1$, if $p < n$, adım 4'e geri dönünüz.

10 son

Referanslar:

[1] A. Hyvarinen, "Fast and robust fixed-point algorithms for independent component analysis," IEEE Transactions on Neural Networks, vol. 10, no. 3, pp. 626–634, 1999.

Başlangıçtaki Sonuçlar ve Açıklama:

Bu bölümde modifiye edilmiş Fast-ICA algoritmasının performansı, kör JRC sinyal ayrıştırmasına yönelik açıklanmaktadır. Radar ve iletişim alıcılarının bağımsız olarak konumlandırıldığı bir spektral bir arada bulunma sistemi düşünülmektedir. Ancak OFDM ve cıvıltıya yönelik simülasyon parametreleri Tablo 1'de listelenmektedir.

TABLO I: Parametre listesi

Parametre	Değer
Taşıyıcı frekans (f_c)	28 GHz
Bant genişliği (β)	100 MHz
Siklik ön ek (CP) boyutu	1/4
FFT boyutu (N)	2048
Cıvıltı süresi (τ)	2.4 μ s
Alt taşıyıcı aralığı (Δf)	60 kHz

Oluşturulan sinyaller, Şekil 3'te gösterildiği gibi zaman ve frekans alanında üst üste bindirilmektedir. Ayrıca sinyal ayrıştırmanın etkinliğini incelemek üzere her iki kaynak sinyal arasında spektral uyum elde edilmektedir. İki sinyalin aralarında minimum korelasyona sahip olması için $C_{s_1s_2}(f)$ değerinin minimumda aşağıdaki gibi olması gerekmektedir.

Şekil 4'te gösterilen $0 \leq C_{s_1s_2}(f) \leq 1$ arasında. İki JRC sinyali (30) (s_1 ve s_2) arasındaki uyum fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

$$C_{s_1s_2}(f) = \frac{|G_{s_1s_2}(f)|^2}{G_{s_1s_1}(f)G_{s_2s_2}(f)}. \quad (11)$$

Ayrıca $G_{s_1s_2}(f)$, s_1 ile s_2 arasındaki çapraz-spektral yoğunluk olurken, $G_{s_1s_1}(f)$ ve $G_{s_2s_2}(f)$, otospektral yoğunluktur.

Ayrıştırma sonuçları, önerilen çerçevenin değişen kanal koşullarına dayanıklı olduğunu göstermektedir. Farklı kanal koşulları altında ayrıştırılmış cıvıltı ve OFDM sinyalleri Şekiller 5 ve 6'da gösterilmektedir.

Simülasyonlar, 0 dB ile 35 dB arasında SNR'ye sahip AWGN, zamanla değişen ve zamanla değişmeyen kanallar için gerçekleştirilmektedir. Hem iletişim hem radara kanalının dört çıkışlı frekans seçici Rayleigh sönümlemesi ($L=4$) olduğu varsayılmaktadır.

İdeal olmayan kanal durumunda, karışık sinyal, anlık doğrusal karışımlar yerine konvolütif bir karışım sorunu olarak işlev görmektedir. Bu tür bir sinyali ayrıştırmak amacıyla anlık bir karışım olarak işlev gördüğü frekans alanına değiştirilmektedir. Zamanla değişen kanallar için, alınan sinyal yapısı Doppler kayması ve bileşenlerin kusurları nedeniyle büyük ölçüde bozulmaktadır. Ancak algoritma, Şekiller 5 ve 6'da görülebileceği gibi bir miktar performans düşüşü ile sinyalleri ayrıştırabilmektedir. Ayrıştırılan JRC sinyalleri kritiktir ayrıca algılama ve iletişim bilgilerini kör bir şekilde çıkarmak üzere uygundur. JRC sinyal ayrıştırma performansı, Şekil 7'de gösterildiği gibi farklı algoritmalar için normalleştirilmiş ortalama karesel hata (NMSE) hesaplanarak yapılmaktadır.

Denklemden (9) klasik Fast-ICA algoritması için $G_2(u)$ değerlendirilmektedir, ancak modifiye edilmiş algoritma için denklemden (9) $G_p(u)$ değerlendirilmektedir. NR'nin artmasıyla sistemin performansının daha az hata ile daha iyi hale geldiği, ayrıca modifiye edilmiş Fast-ICA'nın klasik Fast-ICA algoritması ve PCA'dan daha iyi performans gösterdiği gözlenmektedir. Bir JRC bir arada bulunma sistemi göz önüne alındığında, her alıcıda karışık sinyalden kör ayrıştırma gerçekleştirilmektedir ve istenen sinyal çıkarılmaktadır. İdeal olmayan kanaldaki iletişim alıcısı için, kanalın etkisini karışık sinyalden çıkarmak için eşitleme yapılmaktadır. Radar alıcısı için kanal bilgisi, hedef hız, mesafe, açı vb. hakkında

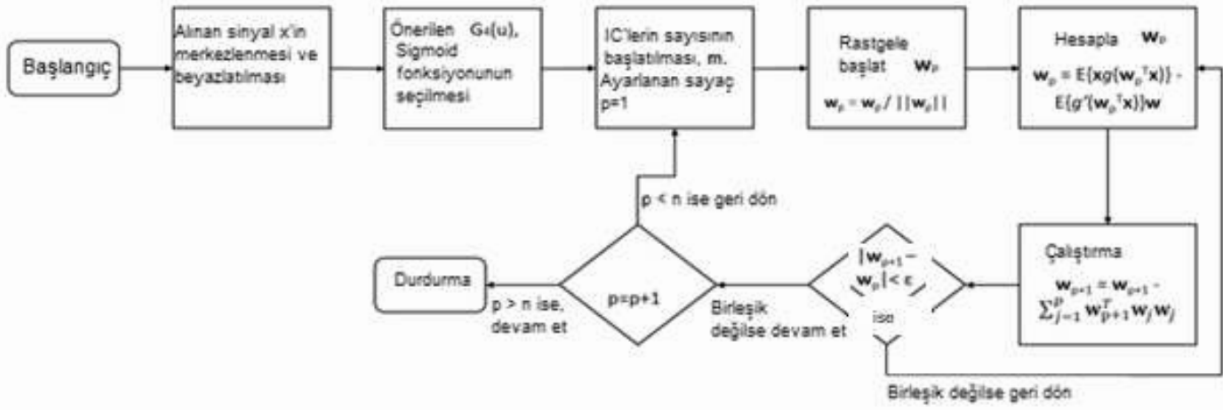
farklı bilgilerin bir ortalaması olarak işlev görmektedir, bu şekilde bir arada bulunan JRC sinyali, çevreleyen ortamdan bilgi almak için kör bir şekilde kullanılabilir.

Sonuç:

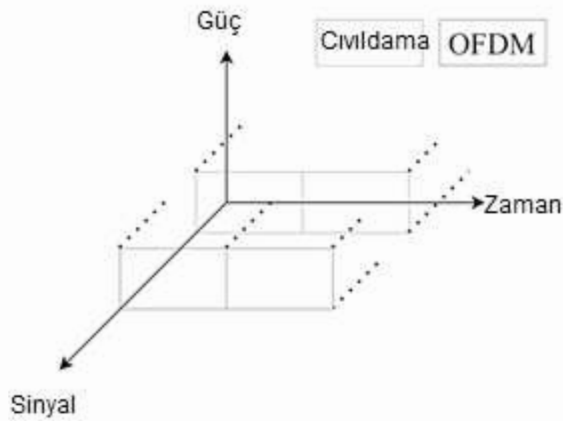
- 5 Kör sinyallerden veri elde etmek, kablosuz iletişim uygulamalarında önemli bir rol oynamaktadır. BSS, JRC sinyalleri (30) alanında ilk kez tanıtılmıştır. Ayrıca yeni bir doğrusal olmayan fonksiyonun tanıtılmasıyla, sinyallerin daha iyi ayrıştırılması ile birlikte daha az zaman hesaplama karmaşıklığına sahip daha sağlam bir Fast-ICA algoritması (60) önerilmektedir. Sinyal ayrıştırma, ticari ve askeri kullanıma yönelik kablosuz iletişimin önemli
- 10 bir açısıdır. Bu buluş, karmaşık radyo ortamı üzerinde daha iyi dikkatliliği teşvik edecektir. Bir arada bulunan JRC sinyallerinin (30) farklı bozukluklarla ayrılması, buluşun pratikliğini kanıtlamaktadır. Gelecekte bu katkılar, radyo ortamının daha iyi anlaşılması ve kör bir şekilde bilgi alımının daha iyi olmasına yardımcı olacaktır.



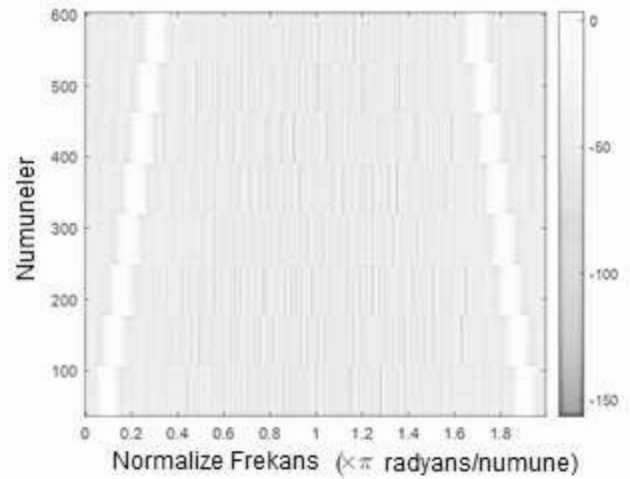
ŞEKİL 1



ŞEKİL 2

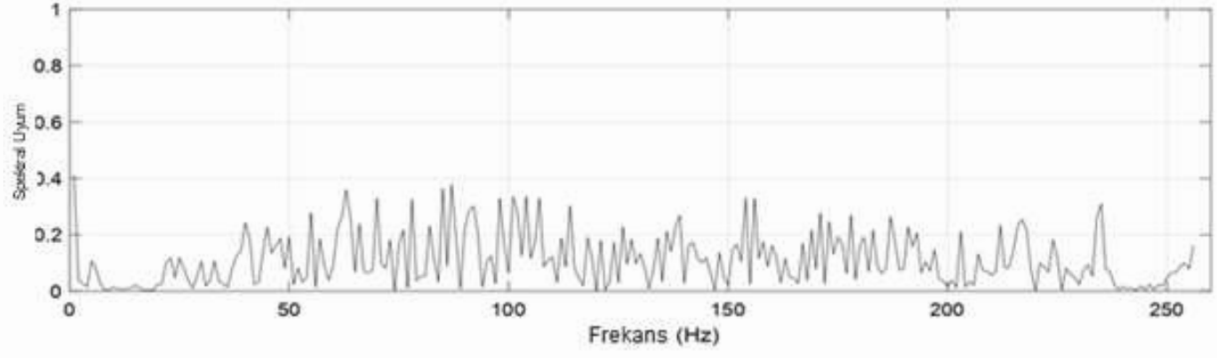


(a)

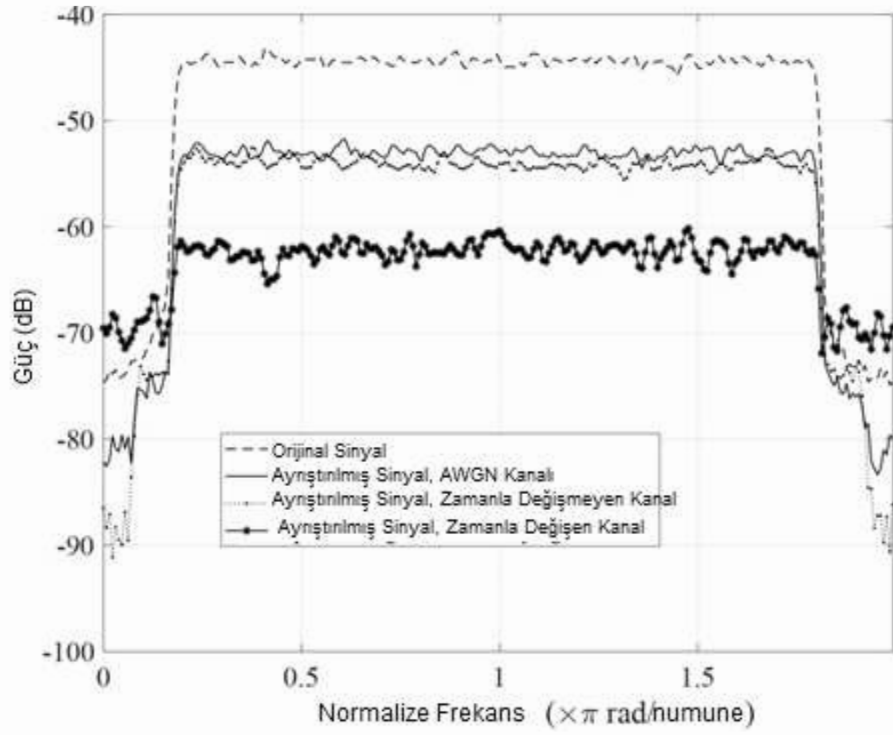


(b)

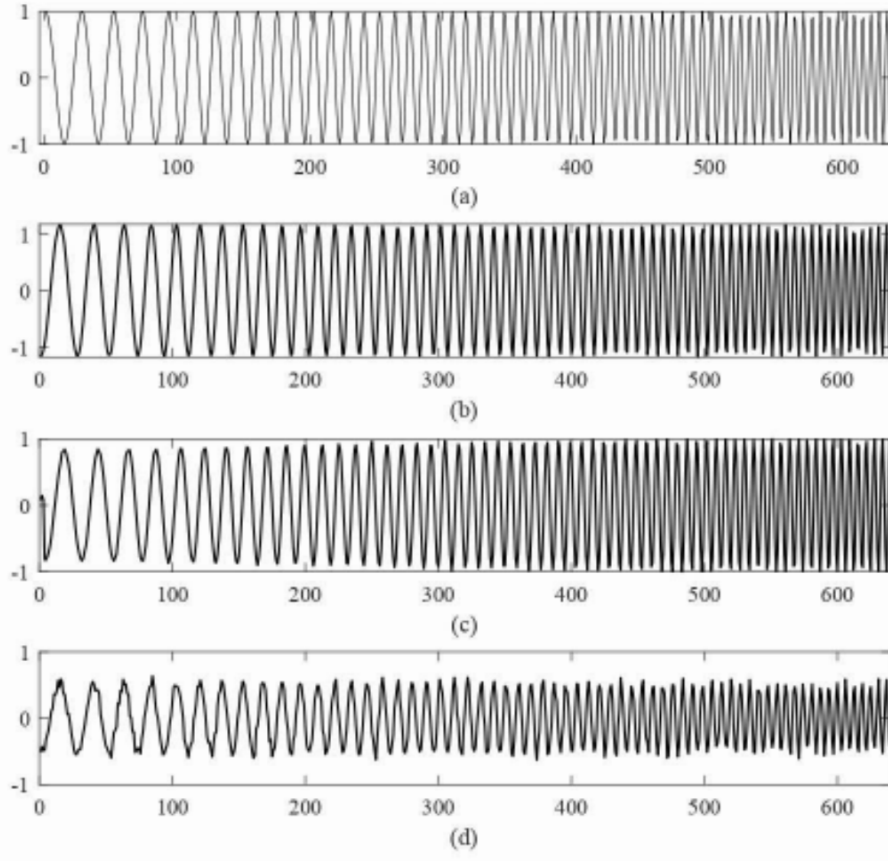
ŞEKİL 3



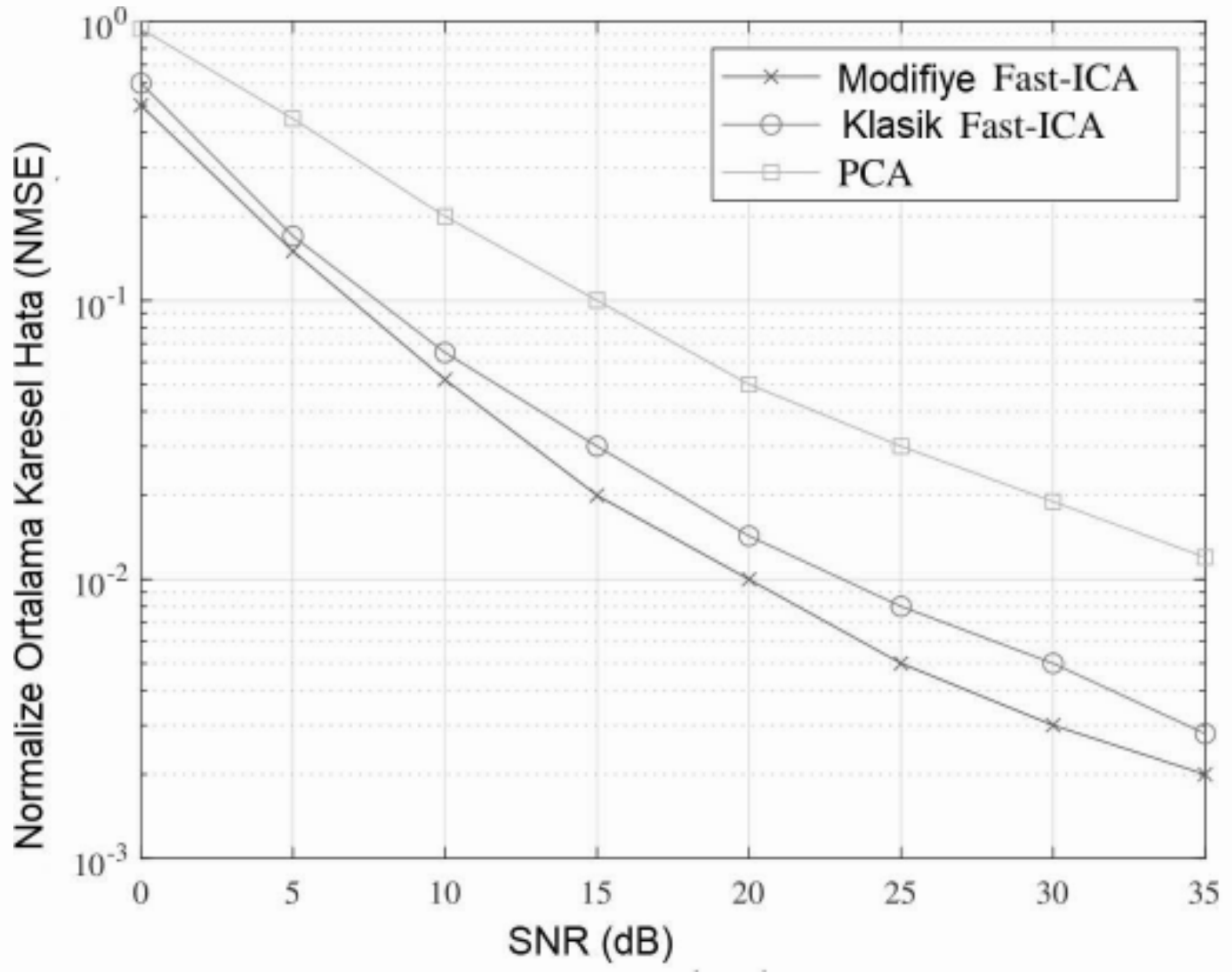
ŞEKİL 4



ŞEKİL 5



ŞEKİL 6



ŞEKİL 7



FIGURE 1

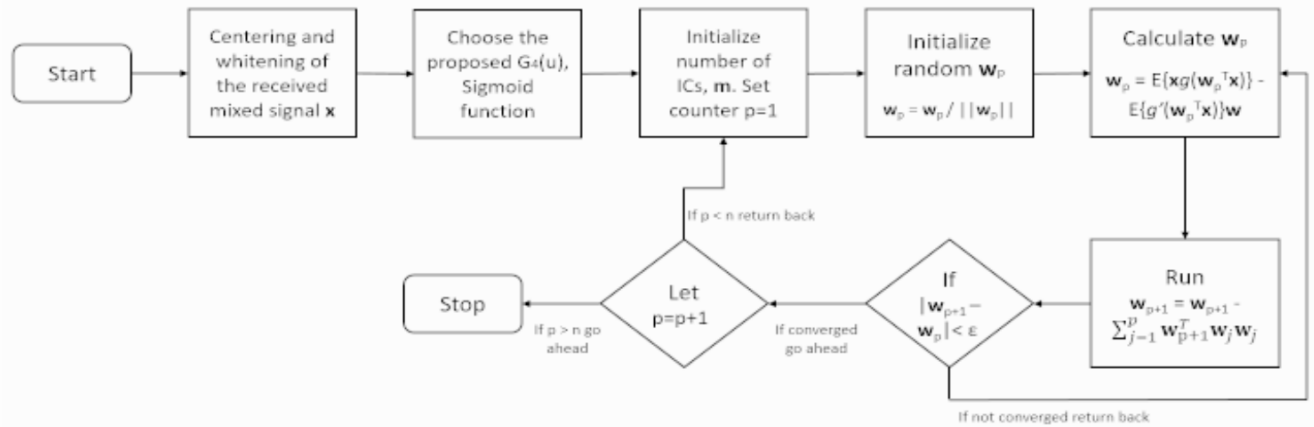


FIGURE 2

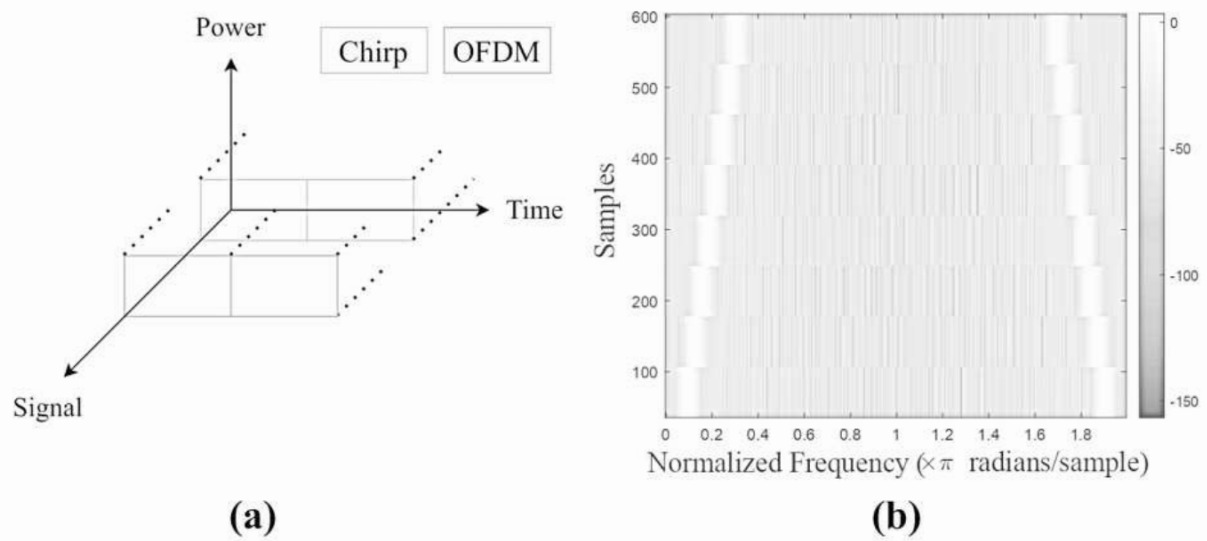


FIGURE 3

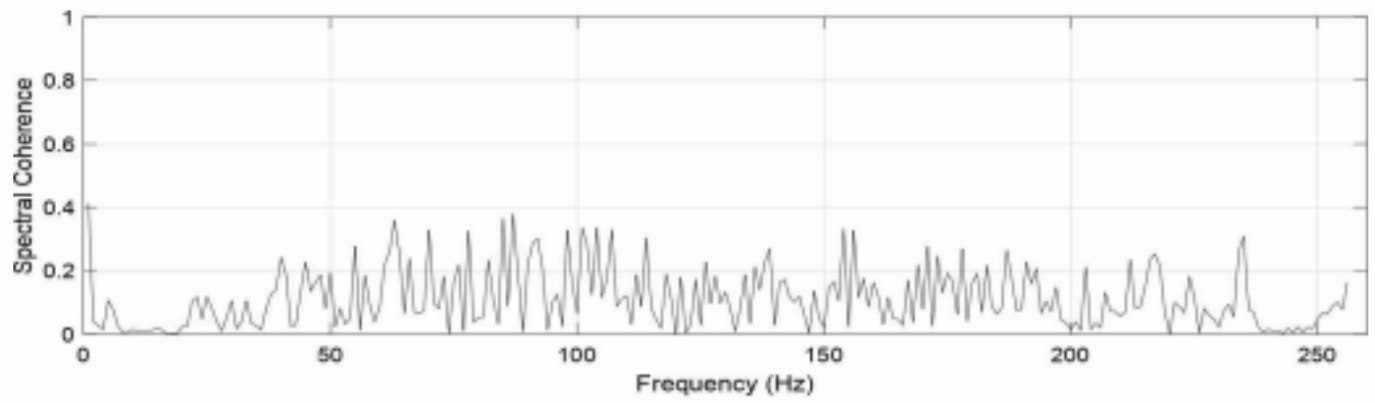


FIGURE 4

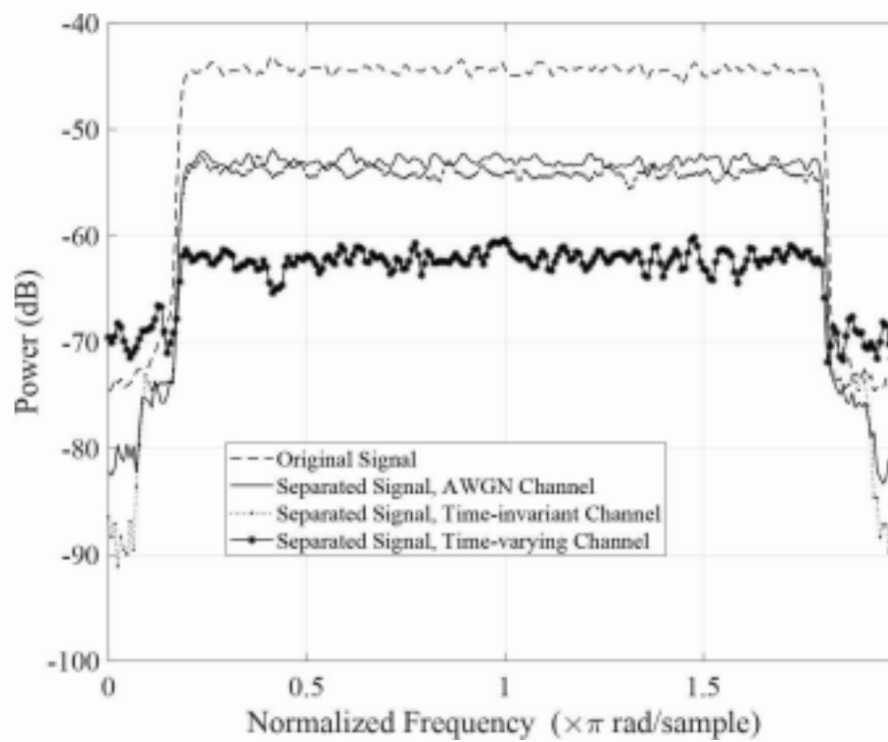


FIGURE 5

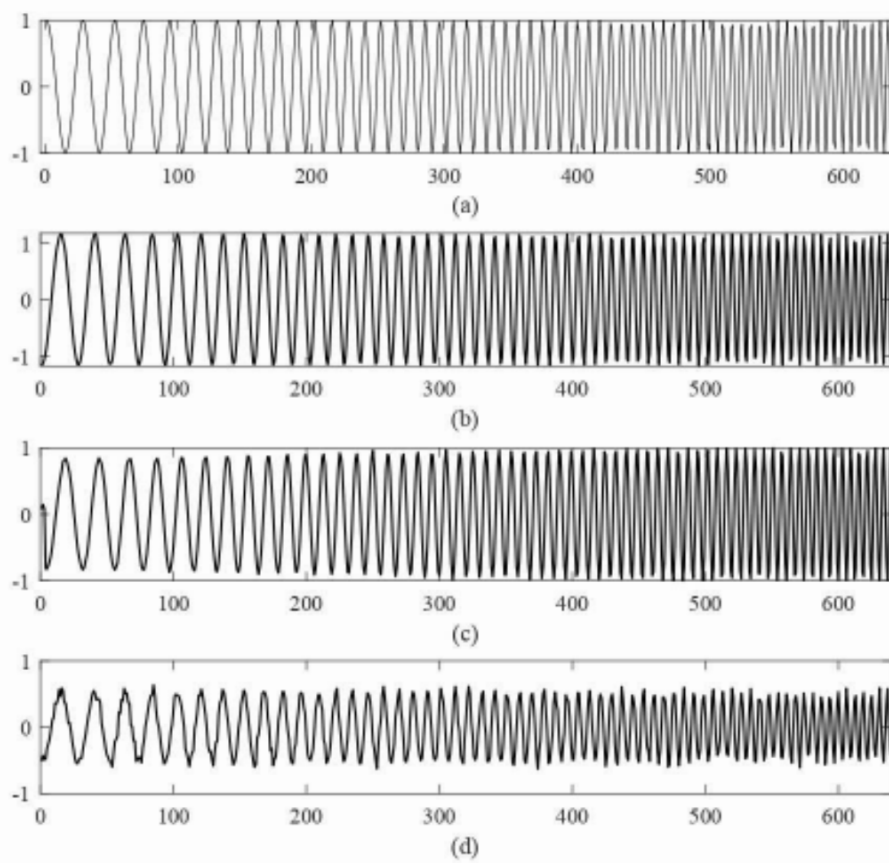


FIGURE 6

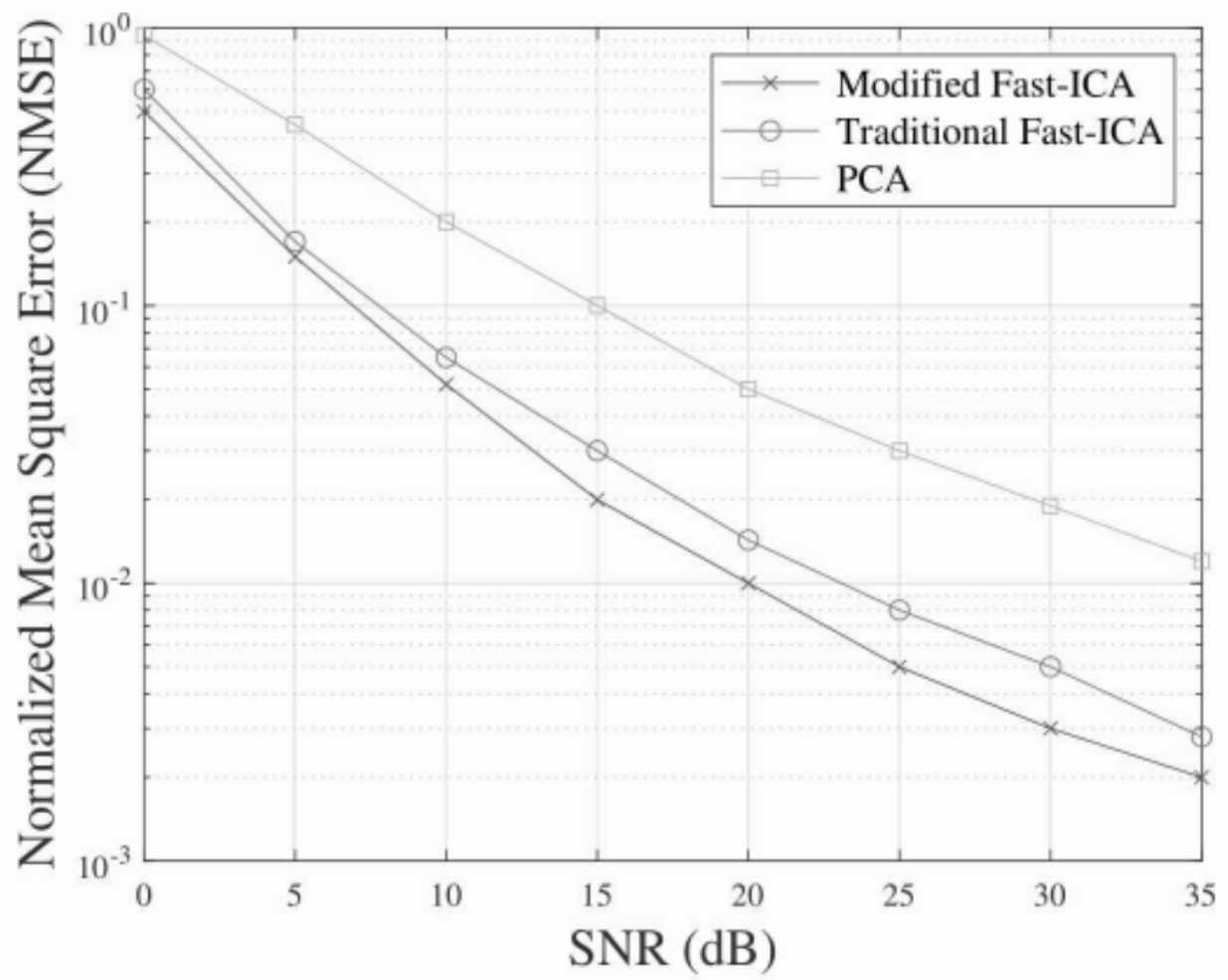


FIGURE 7