

ÖZET

MENZİL BELİRSİZLİĞİNİN AZALTILMASI İÇİN TERAHERTZ BANDINDA MONOSTATİK ALGILAMA YÖNTEMİ

5

Bir hedefi (200) algılamak için Terahertz bandında bir algılama sinyali (300) göndermeye uygun bir gönderme aracına ve Terahertz bandında yansıyan sinyalleri (310) almak için alıcı araçlara sahip bir radar (100) tarafından gerçekleştirilen bir monostatik algılama yöntemi olup, burada radar, radar (100) ile hedef (200) arasındaki bir yöne bağlı olarak düzgün olmayan maksimum kesin menzillere sahip bir kapsama alanına sahiptir. Yöntem yönü belirlemede, ardından bir yol kaybı formülü kullanarak en uygun taşıyıcı frekansını hesaplamaktadır.

10

İSTEMLER

1. Bir hedefi (200) algılamak için Terahertz bandında bir algılama sinyali (300) göndermeye uygun bir gönderme aracına ve Terahertz bandında yansıyan sinyalleri (310) almak için alıcı araçlara sahip bir radar (100) tarafından gerçekleştirilen bir monostatik algılama yöntemi olup, burada radar, bu radar (100) ile hedef (200) arasındaki bir yöne bağlı olarak düzgün olmayan maksimum kesin menzillere (320) sahip bir kapsama alanına (340) sahiptir ve aşağıdaki adımları içermesi **ile karakterize edilmektedir**:

- hedefin θ yönünün belirlenmesi (200);
 - belirlenen yönü (θ) girdi olarak kullanarak kapsama alanının (340) önceden belirlenmiş bir modelinden hedef (200) için maksimum kesin menzilin (320) hesaplanması;
 - $d_{hedef}(\theta) > d_{maks}(\theta)$ için $PL(f_{opt}, d_{hedef}(\theta))$ yol kaybını maksimize etmeyi amaçlarken $d_{hedef}(\theta) \leq d_{maks}(\theta)$ için $PL(f_{opt}, d_{hedef}(\theta))$ yol kaybını minimize etmeyi amaçlayan bir optimizasyon algoritması kullanarak optimum taşıyıcı frekansının (f_{opt}) tahmin edilmesi
 - burada d_{target} hedef (200) ile radar (100) arasındaki mesafe ve d_{maks} θ yönündeki maksimum kesin menzildir;
- ve burada yol kaybı formülü aşağıdaki gibidir,

$$PL(f, d) = \left(\frac{4\pi f d_{target}(\theta)}{c} \right)^2 e^{k_{abs}(f) d_{hedef}(\theta)}$$

burada, k_{abs} f frekansa bağlı moleküler soğuma katsayısı, c ışık hızı; f optimum taşıyıcı frekansıdır;

- tahmini taşıyıcı frekansı kullanarak algılama sinyalinin (300) iletilmesi.

2. İstem 1'e göre yöntem olup

- θ yönü için bir darbe tekrarlama aralığının (PRI) hesaplanması,
 - hesaplanan PRI kullanılarak algılama sinyalinin (300) iletilmesi
- adımları içermesi ile karakterize edilmektedir.

3. İstem 2'ye göre yöntem olup, PRI'nın aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanması **ile karakterize edilmektedir**;

$$\tau_{PRI} \theta = \frac{2d_{maks} \theta}{c}$$

5

burada c ışık hızıdır.

4. İstem 2'ye göre yöntem olup, şu adımları içermesi **ile karakterize edilmektedir**: her bir yön için PRI ve optimum taşıyıcı frekansının hesaplanması ve bir sonraki hedef (200) için kullanılacak bir arama tablosuna kaydedilmesi, arama tablosunun önceden belirlenmiş periyotlarda güncellenmesi.

5. Bir hedefi (200) algılamak için Terahertz bandında bir algılama sinyali (300) göndermeye uygun bir gönderme aracına ve Terahertz bandında yansıyan sinyalleri (310) almak için alıcı araçlara sahip bir radar (100) içeren, radarın bu radar (100) ile hedef (200) arasındaki bir yöne bağlı olarak düzgün olmayan maksimum kesin menzillere (320) sahip bir kapsama alanına (340) olduğu, burada söz konusu radarın (100) İstemler 1 ila 4'teki yöntemlerden birini uygulamak üzere konfigüre edilmesi **ile karakterize edilen**, bir sistem.

20

TARİFNAME

MENZİL BELİRSİZLİĞİNİN AZALTILMASI İÇİN TERAHERTZ BANDINDA MONOSTATİK ALGILAMA YÖNTEMİ

5

TEKNİK ALAN

Bir hedefi algılamak için Terahertz bandında bir algılama sinyali göndermeye uygun bir gönderme aracına ve Terahertz bandında yansıyan sinyalleri almak için alıcı araçlara sahip bir radar tarafından gerçekleştirilen bir monostatik algılama yöntemi olup, burada radar, radar ile hedef arasındaki bir yöne bağlı olarak düzgün olmayan maksimum kesin menzillere sahip bir kapsama alanına sahiptir.

15

ÖNCEKİ TEKNİK

Kablosuz algılama, özellikle 6G bağlamında, yeni nesil kablosuz iletişim ağları için kritik bir bileşen haline gelmiştir. Akıllı ulaşım sistemleri, otonom araçlar, sanal gerçeklik (VR), genişletilmiş gerçeklik (XR), holografik iletişim ve akıllı şehirler gibi öngörülen 6G uygulamaları, hassas ve yüksek çözünürlüklü algılama bilgisi gerektirmektedir [1]. Hem akademik hem de endüstriyel araştırmalar, mevcut iletişim ağlarıyla sorunsuz bir şekilde entegre olabilen ve aynı zamanda bağımsız çalışabilen algılama prototipleri geliştirmeye odaklanmıştır. Yüksek çözünürlüklü algılama bilgisine olan talep, özellikle 0,1 ila 10 THz arasında değişen terahertz (THz) bandı olmak üzere daha yüksek frekans bantlarının kullanılmasını gerektirmektedir.

25

THz darbeleri radar bir dizi dar darbe göndermektedir ve potansiyel hedeflerden alınan yankı işaretlerini işleyerek menzil, yön (azimut ve yükseklik açıları) ve hız gibi algılama parametrelerini belirlemektedir. Bir darbeleri-Doppler radarının maksimum kesin menzili, darbe tekrarlama frekansına (PRF) veya darbe tekrarlama aralığına (PRI) bağlıdır [2]. Bu menzilin ötesinde, uzaktaki nesnelerden gelen geri dönüşlerin gecikmesi PRI değerini aşabileceğinden, nesneler menzil belirsizliğinden muzdariptir. Bu sorun, geleneksel mikrodalga radarlara kıyasla daha düşük gönderim gücü nedeniyle THz bandında daha da kötüleşir. Gönderilen darbelerin tutarlı entegrasyonu algılama olasılığını arttırmak için kullanılmaktadır, ancak hareketli hedefler menzil belirsizliğine veya menzil hücreleri arasında göçe neden

olabilmektedir, menzile-Doppler haritasını bulanıklaştırmaktadır ve entegrasyon kazancını azaltmaktadır.

5 Darbeli-Doppler radarlarda menzile belirsizliği sorununu çözmek için çeşitli teknikler önerilmiştir. PRI değeri artırarak, uzaktaki nesnelerden gelen radar dönüşlerini dâhil edebilmektedir ve böylece radarın maksimum kesin menzili artırabilmektedir [3]. Bununla birlikte, bu yaklaşım, radar demeti içinde farklı hızlara sahip birçok nesne olduğunda Doppler hassasiyetini olumsuz yönde etkileyebilmektedir.

10 Rastgele frekans modülasyonu (RFM) dalga formlarını kullanan darbe çevik dalga formu tasarımı, yüksek spektral kompaktlık, rastgele sideloblar, yarı-ortogonallık ve sabit genlik sergilemektedir [4]. Yarı-ortogonal dalga biçimleri ve darbe çevikliği, alıcıda eşleşen menzile aralıkları için kullanılan farklı filtre bankaları ile menzile belirsizliğini azaltmaktadır[5]. Ancak bu yöntem alıcının karmaşıklığını ve maliyetini artırmaktadır. Her PRI'da darbe genişliğinin
15 değıştırilmesi, sonraki darbeler arasındaki çapraz korelasyonu azaltmakta ve böylece menzile belirsizliğini bastırmaktadır. Bu, sabit bir menzile korumak için darbe genişliği optimizasyonu gerektirmekte ve bu da sistem karmaşıklığını artırmaktadır.

20 Yüksek frekanslı yapay açıklıklı radarlar (SARs) menzile belirsizliğini azaltmak için OFDM chirp dalga biçimlerini kullanmaktadırlar [6]. Bu yaklaşım, her bir PRI için ortogonal dalga biçimleri göndermeyi ve alıcıda işlem karmaşıklığını ve maliyetini arttıran çoklu uyumlu süzgeçler kullanmayı içermektedir. THz bandında çalışan darbeli radarlarda algılama başarımını arttırmak için evreuyumlu tümleştirme kullanılmaktadır, ancak menzile belirsizliği ya da hedefin hareketliliği nedeniyle menzile hücreleri arasındaki geçiş tümleştirme süresini
25 kısıtlamaktadır [7]. Dönüşüm teknikleri menzile-Doppler kuplajının etkisini tersine çevirebilmektedir, evreuyumlu tümleştirme kazancını ve hedefin algılanabilirliğini artırmaktadır, ancak aynı zamanda radar sisteminin karmaşıklığını da artırmaktadır.

30 Yukarıda tartışılan en son tekniklerle ilgili eksikliklerin yanı sıra, mevcut tekniklerin tümü, aşağıda açıklandığı gibi THz darbeli radar için düzgün olmayan kapsama alanının varlığı olasılığını da içermemektedir.

Geleneksel olarak bir darbeli radar için, alıcı-vericiden olan maksimum uzaklığın (yarıçap) her yönde aynı olduğu varsayılan tekdüze bir kapsama alanı düşünölmektedir. Sonuç olarak,

PRI alıcı-vericiden olan tekdüze maksimum uzaklığa göre seçilmektedir. Maksimum kapsama mesafesi nispeten daha kısa olan yönler dışında. PRI minimum kapsama mesafesine göre seçilirse, homojen olmama nedeniyle kapsama bölgesi dışındaki hedeflerden gelen menzil belirsizliklerine yol açacaktır. Ek olarak, maksimum kapsama mesafesi nispeten daha uzun olan yönlerde, kapsama bölgesi içinde bulunan ancak PRI'yi belirlemek için kullanılan mesafenin ötesindeki hedeflerden bile belirsizlikler ortaya çıkabilmektedir.

Yukarıda bahsedilen tüm sorunlar ve mevcut çözümlerin eksiklikleri, sonuç olarak ilgili teknik alanda bir yenilik yapılmasını gerekli kılmıştır.

Yukarıda belirtilen referansların listesi:

[1] M. Giordani, M. Polese, M. Mezzavilla, S. Rangan and M. Zorzi, "Toward 6G Networks: Use Cases and Technologies," in IEEE Communications Magazine, cilt 58, no. 3, ss. 55-61, March 2020, doi: 10.1109/MCOM.001.1900411.

[2] Levanon, Nadav. "Mitigating range ambiguity in high PRF radar using inter-pulse binary coding." *IEEE Transactions on aerospace and electronic systems* 45.2 (2009): 687-697.

[3] Doerry, Armin W. "A Study of Pulse-Doppler Radar Pulse Repetition Frequency." (2023).

[4] Q. Xie, C. Liu, Z. Mo and W. Li, "A Novel Pulse-Agile Waveform Design Based on Random FM Waveforms for Range Sidelobe Suppression and Range Ambiguity Mitigation," in IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, cilt 61, ss. 1-12, 2023, Art no. 5110612, doi: 10.1109/TGRS.2023.3326840.

[5] Z. Liu, L. Ren, Y. Sun, H. Fan and E. Mao, "Waveform design of LFM pulse train based on pulse width agility," IET International Radar Conference (IET IRC 2020), Online Conference, 2020, ss. 1679-1684, doi: 10.1049/icp.2021.0701.

[6] W. -Q. Wang, "Mitigating Range Ambiguities in High-PRF SAR With OFDM Waveform Diversity," in IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, cilt 10, no. 1, ss. 101-105, Jan. 2013, doi: 10.1109/LGRS.2012.2193870.

[7] H. Li, C. Li, S. Wu and G. Fang, "Long-time coherent integration for target detection in terahertz radar," *2019 44th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (IRMMW-THz)*, Paris, France, 2019, ss. 1-2, doi: 10.1109/IRMMW-THz.2019.8874229.

BULUŞUN KISA AÇIKLAMASI

Mevcut buluş, yukarıda belirtilen dezavantajları ortadan kaldıracaktır ve ilgili teknik alana yeni avantajlar getirecek bir yöntemle ilgilidir.

- 5 Buluşun bir amacı, radarın belirlenmiş kapsama alanı dışındaki herhangi bir nesneden gelen yankıları ortadan kaldırmaktır, burada kapsama alanı düzgün olmayan maksimum kesin menzillerine sahiptir.

- 10 Karmaşıklığın azaltılmasının bir diğer amacı, gönderilen sinyalde ve/veya radar sinyal işleminde herhangi bir değişiklik yapılmasına gerek olmamasıdır.

- 15 Yukarıda belirtilen ve aşağıdaki ayrıntılı açıklamadan ortaya çıkacak olan tüm amaçlara ulaşmak için, mevcut buluş, Terahertz bandında bir algılama sinyali göndermeye uygun bir gönderme aracına ve bir hedefi algılamak için Terahertz bandında yansıyan sinyalleri almak için alıcı araçlara sahip bir radar tarafından gerçekleştirilen bir monostatik algılama yöntemi ile ilgilidir; burada radar, radar ile hedef arasındaki bir yöne bağlı olarak düzgün olmayan maksimum kesin menzillere sahip bir kapsama alanına sahiptir. Buna göre, hedefin θ yönünün belirlenmesi; belirlenen yön (θ) kullanılarak önceden belirlenmiş bir formül kullanılarak hedef için maksimum kesin menzilin hesaplanması; bir yol kaybı formülü kullanılarak hedef 20 mesafesinin maksimum kesin menzilden daha az olduğu durumlar için yol kaybını en aza indirmeyi ve hedef mesafesinin maksimum kesin menzile eşit veya daha büyük olduğu durumlar için yol kaybını en üst düzeye çıkarmayı amaçlayan bir optimizasyon algoritması kullanılarak optimum bir taşıyıcı frekansının tahmin edilmesi.

- 25 Menzil belirsizliğini bastırmak için yukarıda bahsedilen teknikler iletim sinyal yapısını veya sinyal işleme tekniklerini değiştirmeye odaklanmıştır. Ancak, yukarıdaki yöntemlerin hiçbiri bu sorunun üstesinden gelmek için THz-bandının doğal özelliklerinden faydalanmamıştır. Ayrıca, önceki teknikler tek tip olmayan kapsama bölgesine dayalı uyarlanabilir bir PRI'yi dikkate almamıştır.

30

Bu buluşta, tek tip olmayan kapsama alanında belirli bir yöndeki maksimum kapsama mesafesine dayalı olarak PRI'yi uyarlama kavramı önerilmektedir. PRI'yı uyarlamalı olarak seçerek, kapsama bölgesi içindeki menzil belirsizliğine karşı sistem bağıışıklığından ödün vermeden her yönde mümkün olan maksimum Doppler çözünürlüğünü elde etmek

mümkündür. Ancak bu, hedefin belirli bir yönde maksimum kapsama mesafesinin ötesine geçmesi durumunda menzil belirsizliği sorununun azaltılmasını sağlamamaktadır. Bu nedenle, kapsama bölgesi dışındaki nesneler nedeniyle ortaya çıkabilecek menzil belirsizliği sorununu azaltmak için THz bandındaki moleküler soğurma fenomeninden yararlanmaktayız.

5

THz bantlarında, bazı frekanslar su buharı ve Oksijen molekülleri gibi atmosferik içeriklerin doğal rezonans frekansları ile aynı hizadadır. Rezonans frekanslarında uyarıldıklarında, bu moleküller sinyalden önemli miktarda enerji emerek bu belirli frekanslarda yüksek yol kaybına yol açmaktadır. Bu yol kaybı miktarı aynı zamanda verici ile hedef arasındaki mesafenin bir fonksiyonudur çünkü sinyal yolu içindeki emici moleküllerin sayısı mesafe ile birlikte artmaktadır. Bu nedenle, bu belirli frekanslarda iletilen bir RF sinyalinin yayılma menzilleri oldukça sınırlıdır.

10

THz'deki moleküler soğurmanın frekansa ve mesafeye bağlı bu özelliğinden yararlanarak, THz radarının kapsama alanını sınırlamak için belirli bir yöndeki maksimum kapsama mesafesine dayalı olarak bir taşıyıcı frekansını akıllıca uyarlamaktayız ve bu nedenle bu kapsama bölgesinin ötesindeki herhangi bir nesne, önemli moleküler soğurma nedeniyle radar problama sinyalini alamayacaktır. Bu nedenle, radarın maksimum kesin menzili dışında hareket eden herhangi bir nesne, problama sinyalini yansıtamayacak ve menzil belirsizliği yaratacaktır. Bu nedenle, gönderim sinyalini uyarlamadan veya herhangi bir dönüşüm/sinyal işleme tekniği kullanmadan, taşıyıcı frekansın uygun şekilde seçilmesiyle THz bandında menzil belirsizliği sorunu çözülebilmektedir.

15

20

THz bandındaki belirli frekanslarda, moleküler emilim önemlidir ve güvenilir iletişimin mümkün olmadığı daha büyük yol kaybı zirvelerine yol açmaktadır. Bu moleküler soğurma tepeleri, sinyal ilerledikçe mesafeye göre de değişmektedir. Bu buluşta, bir taşıyıcı frekansı tahmin ediyoruz ve THz radarının kapsama alanını sınırlamaktayız ve bu nedenle bu kapsama bölgesinin ötesindeki herhangi bir nesne, önemli moleküler emilim nedeniyle radar problama sinyalini alamayacaktır. Bu nedenle, radarın maksimum kesin menzili dışında hareket eden herhangi bir nesne, problama sinyalini yansıtamayacak ve menzil belirsizliği yaratacaktır. Bu nedenle, gönderim sinyalini uyarlamadan veya herhangi bir dönüşüm/sinyal işleme tekniği kullanmadan, taşıyıcı frekansın uygun şekilde seçilmesiyle THz bandında menzil belirsizliği sorunu çözülebilmektedir.

25

30

Önerilen buluşun avantajları şu şekilde gibi özetlenebilmektedir: Kapsama alanı içinde yöne bağlı geliştirilmiş Doppler çözünürlüğü; belirlenen kapsama alanı içinde ya da dışında yer alabilen hedef(ler)den kaynaklanan menzil belirsizliğinin azaltılması; gönderilen sinyalde ve/veya radar sinyal işlemede herhangi bir değişiklik gerekmediğinden karmaşıklığın azaltılması. Algılama parametrelerinin (menzil ve Doppler) doğruluğunun iyileştirilmesi; düşük SNR senaryolarında menzil belirsizliğini azaltarak eşevreli bütünleşme kazancının iyileştirilmesi. Önerilen şema, hedeflenen kapsama alanının tekdüze olmadığı pratik senaryolara en iyi şekilde uymaktadır.

10 ŞEKİLLERİN KISA AÇIKLAMASI

Şekil 1, radarı, maksimum kesin menzilin içinde olan bir hedefi ve hareketli ve belirsizlik menzilinin dışında olan başka bir hedefi gösteren bir çizimdir.

15 Şekil 2, hedef kapsama alanı içindeyken yani $d_{hedef}(\theta) < d_{maks}(\theta)$ iken menzil tahminini göstermektedir.

Şekil 3, algılama hedefi kapsama alanının dışında olduğunda, yani $d_{hedef}(\theta) > d_{maks}(\theta)$ olduğunda menzil tahminini göstermektedir.

20

Şekil 4 ve Şekil 5, algılama hedefi kapsama alanı içindeyken ve parazit bir nesne kapsama alanı dışındayken önerilen yöntemle menzil tahminini göstermektedir.

ŞEKİLDE VERİLEN REFERANS NUMARALARI

25

100 Radar

200 Hedef

300 Algılama Sinyali

310 Yansıyan Sinyal

30

320 Maksimum kesin menzil

321 Birinci maksimum kesin menzil

322 İkinci maksimum kesin menzil

330 Hedef menzil

340 Kapsama alanı

410 Birinci yön

420 İkinci yön

BULUŞUN DETAYLI AÇIKLAMASI

5

Bu detaylı açıklamada, konunun daha anlaşılır kılınması amacıyla herhangi bir kısıtlayıcı etki oluşturmadan sadece örneklere atıfta bulunularak konu açıklanmıştır.

10 Şekil 1'e atıfta bulunarak, buluş, monostatik algılama gerçekleştirebilen bir radar (100) ve bunun bir yöntemidir. Söz konusu radar (100), Terahertz (THz) bandında bir algılama sinyali (300) göndermeye uygun gönderme araçlarına ve THz bandında yansıyan sinyalleri (310) almak için alıcı araçlara sahiptir. Başka bir deyişle, radar (100) bir algılama alıcı-vericisidir. Alıcı araçlar ve gönderici araçlar tekli veya çoklu antenler içermektedir. Radar (100), gönderici antene sinyal sağlayan ve alıcı araçlardan alınan sinyalleri işleyen bileşenler 15 içermektedir. Monostatik algılama radarları (100) teknikte iyi bilinmektedir, bu nedenle burada daha fazla teknik ayrıntı açıklanmamıştır. Radar (100) bir baz istasyonunda, yol kenarı ünitesinde (RSU), düğüm-B'de, gNode-B'de uygulanabilmektedir.

20 Radar (100) bir dizi darbe halinde bir algılama sinyali (300) göndermektedir ve hedeften (200) yansıyan sinyallere (310) dayanarak hedefin (200) menzilini belirlemektedir. Radar (100) bir kapsama alanına (340) sahiptir. Kapsama alanı (340) radarın (100) maksimum kesin menzili (320) ile tanımlanmaktadır. Bu buluşta, radar (100), Şekil 1'de gösterildiği gibi düzgün olmayan maksimum kesin menzillere (320) sahiptir. Başka bir deyişle, radar (100) ile hedef (200) arasındaki yöne bağlı olarak radar (100) farklı maksimum kesin menzillere (340) 25 sahiptir. Örneğin, Şekil 1'de, bir birinci yöndeki (410) birinci maksimum kesin menzil (321), bir ikinci yöndeki (420) ikinci maksimum kesin menzilden daha büyüktür.

30 Şekil 2 ve 3, önceki teknik sistemlerde algılama sinyali (300) ve yansıyan sinyalleri (310) göstermektedir. Şekil 2'de hedeften (200) alınan algılama sinyali (300) ve yansıyan sinyal (310) gösterilmektedir, bir darbenin yansıyan sinyali (310) bir sonraki darbe iletilmeden önce alınmaktadır. Böylece hedefin (200) yansıma sinyali iki darbe arasında kalmaktadır.

Şekil 3'te algılama sinyali (300) ve maksimum kesin menzilin (320) dışında kalan hedeften (200) alınan yansıyan sinyal (310) gösterilmektedir. Bir darbenin yansıyan sinyali (310) bir sonraki darbe iletildikten sonra alınmaktadır. Böylece bir kesinlik yaratılmaktadır.

- 5 Söz konusu yöntem, hedefin (200) menzil belirsizliğini azaltmak amacıyla hedef (200) için seçilen belirli bir THz bandını kullanmaktadır. Bu kapsama bölgesinin ötesindeki herhangi bir nesne, önemli moleküler soğurma nedeniyle radar problema sinyalini alamayacağından, maksimum kesin menzilin ötesindeki nesneler sinyali yansıtmamaktadır. Bu nedenle, radarın maksimum kesin menzili dışında hareket eden herhangi bir nesne, sondalama sinyalini
- 10 yansıtamayacak ve menzil belirsizliği yaratacaktır. Dolayısıyla, iletim sinyalini uyarlamadan veya herhangi bir dönüşüm/sinyal işleme tekniği kullanmadan, taşıyıcı frekansı uygun şekilde seçerek THz bandında menzil belirsizliği sorunu çözülebilmektedir.

- 15 Radar bir dizi darbe göndermektedir. Geleneksel bir THz monostatik radar yarı çift yönlü bir darbeleri dalga biçimi gönderir, darbelerin gönderilmesi ve hedef(ler)den gelen yansımaların geri alınması arasında geçiş yapmaktadır. Gönderim süresi boyunca radar alıcısı parazitlenmeyi önlemek için kapatılmaktadır. THz iletim darbesi şu şekilde ifade edilebilmektedir

20
$$x(t) = \sum_{n=0}^N \frac{1}{\tau} x_n(t - n\tau) \quad 0 \leq t \leq N\tau,$$

Burada $\tau = 1/B$ darbe tekrarlama aralığıdır (PRI), N tek bir tutarlı işlem aralığındaki (CPI) PRI sayısıdır. Ek olarak, $x_n(t)$ B bant genişliği ile n 'inci PRI üzerinden iletilen dalga biçimini temsil etmekte ve şu şekilde ifade edilebilmektedir:

25
$$x_n(t) = \begin{cases} \sqrt{P_r} p(t), & 0 \leq t \leq T_p, \\ 0, & T_p < t \leq T, \end{cases} \quad k = 0, \dots, K-1,$$

Burada, $T_p < T$ radar darbe süresini, P_r radar gönderim gücünü ve $p(t)$ normalize edilmiş $\frac{1}{T_p} \int_0^{T_p} |p(t)|^2 dt = 1$ gücüne sahip radar darbesini göstermektedir. Bir CPI içinde hedefle

- 30 etkileşimden sonra alıcıda alınan radar yansıması şu şekilde yazılmaktadır:

$$y(t) = \tilde{\alpha} x(t - \tau_d) e^{j2\pi f_d t - \tau_d} + n(t) \quad 0 \leq t \leq N\tau'$$

Burada $\tilde{\alpha}$, hedef tarafından yansıtılan yolun karmaşık kanal katsayısını göstermektedir. Ayrıca, τ_d , $r = c\tau_d/2$ ilişkisi aracılığıyla hedefin menziline dönüşen iki yönlü yayılma gecikmesini temsil etmektedir, f_d , hedefin hareketinden kaynaklanan Doppler frekans kaymasıdır ve $f_d = \frac{2v_r}{\lambda}$ ile verilmektedir, burada v_r hedefin radyal hızı ve λ THz taşıyıcı frekansının dalga boyudur. Ayrıca, $n(t)$, dairesel simetrik karmaşık Gauss (CSCG) rastgele prosesi olarak varsayılan ve N_n 'nin gürültü güç spektrum yoğunluğu (PSD) olduğu $n(t) \sim \mathcal{CN}(0, N_n)$ 'nin bulunduğu eklemeli beyaz Gauss gürültüsünü (AWGN) ifade etmektedir.

10

Radarın bir hedefin menzilini güvenilir bir şekilde algılayabildiği maksimum kesin menzil d_{maks} aşağıdaki modelle verilebilmektedir:

$$d_{maks}(\theta) = \frac{c \tau_{d,maks}(\theta) T_p}{2}$$

15

Bir radarın maksimum kesin menzilinin hedefin (200) hedef yönünün (θ) bir fonksiyonu olarak değiştiği durumlarda, yani d_{maks} belirli bir kapsama alanı (340) içinde hedefin (200) yönüne göre değişmektedir. Ek olarak, $\tau_{d,maks}$ maksimum kapsama mesafesine (maksimum kesin menzil (320)) $d_{maks}(\theta)$ karşılık gelen gidiş-dönüş gecikmesidir. Ancak, radar darbe süresi T_p 'nin PRI τ 'ye kıyasla çok kısa olduğu göz önüne alındığında, maksimum kesin menzil (320) $d_{maks}(\theta) = \frac{c \times \tau_{d,maks}(\theta)}{2}$ olarak yeniden yazılabilmektedir.

20

Söz konusu yöntem aşağıdaki adımları içermektedir:

Hedefin (200) θ yönünün belirlenmesi.

25

Belirlenen yönü (θ) girdi olarak kullanarak kapsama alanının (340) önceden belirlenmiş bir modelinden hedef (200) için maksimum kesin menzilin (320) hesaplanması. Maksimum kesin menzil (320) yukarıda belirtilen modellerden biri kullanılarak hesaplanabilmektedir.

Optimum taşıyıcı frekansı f_{opt} , $d_{hedef}(\theta) \leq d_{maks}(\theta)$ için $PL(f_{opt}, d_{hedef}(\theta))$ yol kaybını en aza indirmeyi amaçlayan ve $d_{hedef}(\theta) > d_{maks}(\theta)$ için $PL(f_{opt}, d_{hedef}(\theta))$ yol kaybını en üst düzeye çıkarmayı amaçlayan bir optimizasyon algoritması kullanılarak tahmin edilmesi; burada d_{hedef} , hedef ile radar arasındaki mesafe ve d_{maks} , θ yönünde maksimum kesin menzildir (320); ve burada yol kaybı formülü

$$PL(f, d) = \left(\frac{4\pi f d_{hedef}(\theta)}{c} \right)^2 e^{k_{abs}(f) d_{hedef}(\theta)}$$

Şeklindedir, Burada, $k_{abs}(f)$ frekansa bağlı moleküler soğurma katsayısı, c ışık hızı; f optimum taşıyıcı frekansdır. Tahmin için teknikte bilinen herhangi bir uygun optimizasyon algoritması kullanılabilir.

Tahmin edilen taşıyıcı frekansı kullanarak algılama sinyalinin (300) iletilmesi.

15 Olası bir yapılandırmada yöntem:

- θ yönü için bir darbe tekrarlama aralığının (PRI) hesaplanması
- hesaplanan PRI kullanılarak algılama sinyalinin (300) iletilmesi adımlarını içermektedir.

PRI aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanabilmektedir:

$$\tau_{PRI}(\theta) = \frac{2d_{maks}(\theta)}{c}$$

burada c ışık hızıdır.

25 Bir başka olası yapılandırmada yöntem, her bir yön için PRI ve optimum taşıyıcı frekansının hesaplanması ve bir sonraki hedef için kullanılmak üzere bir arama tablosuna kaydedilmesi ve arama tablosunun önceden belirlenmiş periyotlarda güncellenmesi adımlarını içerebilmektedir. Böylece, her bir yön için işlem sırasında tüketilen kaynaklar azaltılmaktadır.

Böyle bir arama tablosu aşağıda örnek olarak verilmiştir.

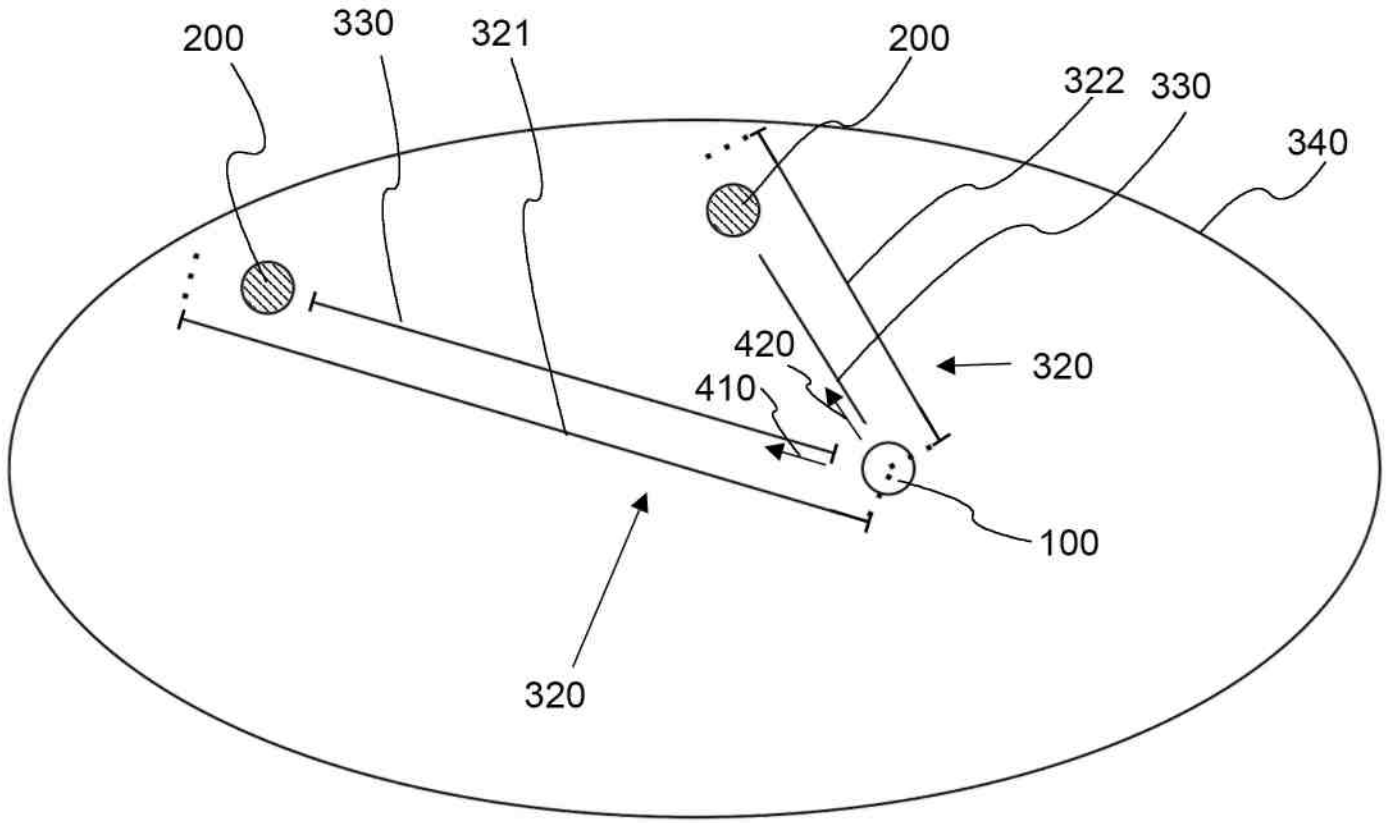
θ	PRI(θ)	$f_{out}(\theta)$
0	$\vdots$	$\vdots$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
2π	$\vdots$	$\vdots$

Tablo 1

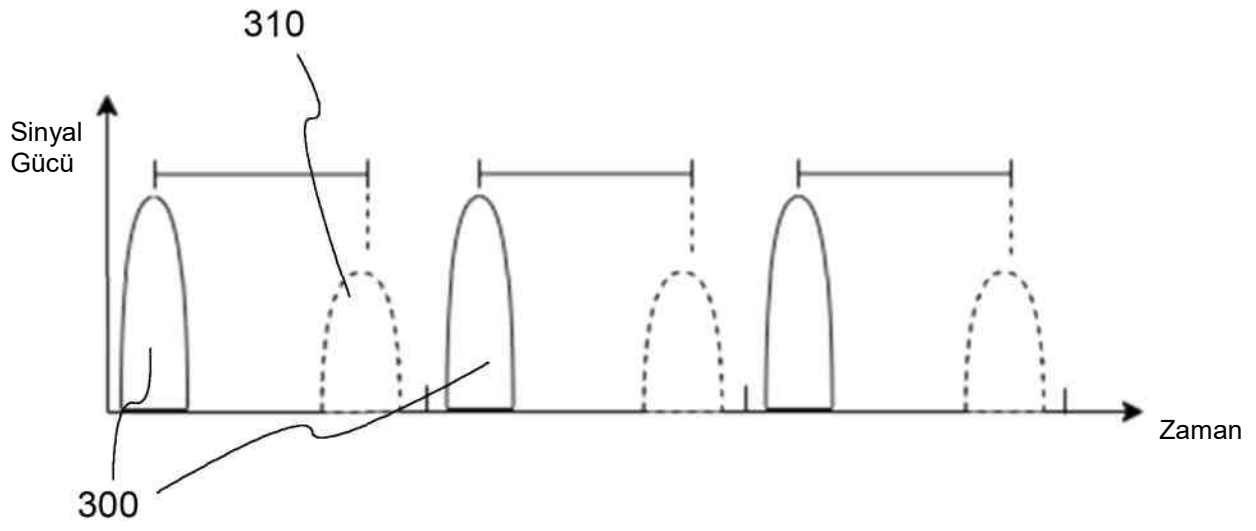
- 5 Şekil 4 ve Şekil 5, algılama hedefi (200) kapsama alanı (340) içindeyken ve bir nesne kapsama alanı dışındayken önerilen yöntemle menzil tahminini göstermektedir. Nesne hedef ile etkileşime girmemektedir.

- 10 Söz konusu yöntem, Entegre Algılama ve İletişim (ISAC) sistemleri gibi herhangi bir THz algılama sistemine uygulanabilmektedir.

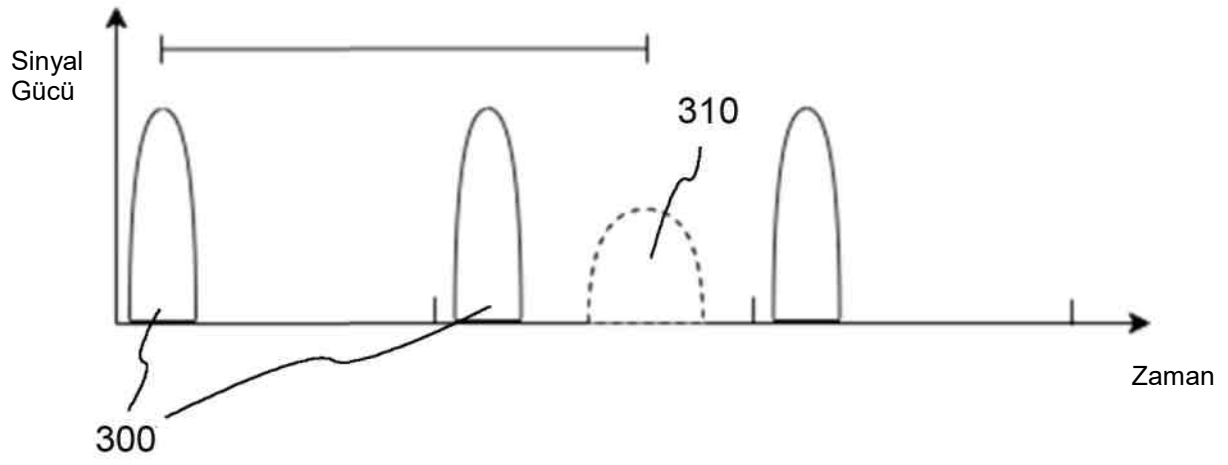
- 15 Buluşun koruma kapsamı ekteki istemlerde belirtilmiştir ve bu ayrıntılı açıklamada örnekleme amacıyla açıklananlarla sınırlandırılmamaktadır. Teknikte uzman bir kişinin, buluşun ana temasından uzaklaşmaksızın yukarıda belirtilen gerçekler ışığında benzer yapılandırmalar sergileyebileceği açıktır.



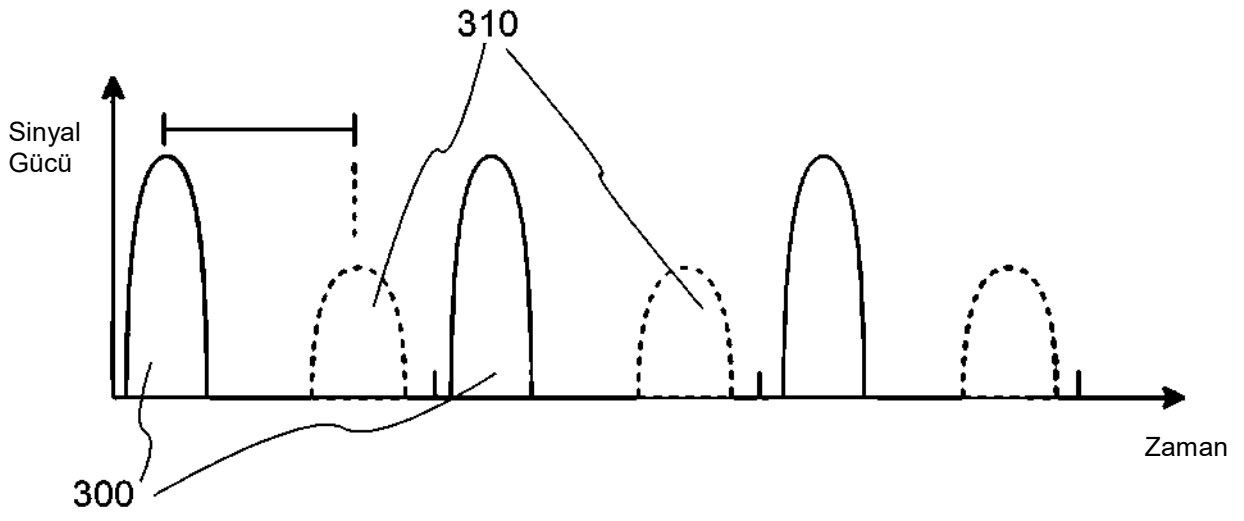
ŞEKİL 1



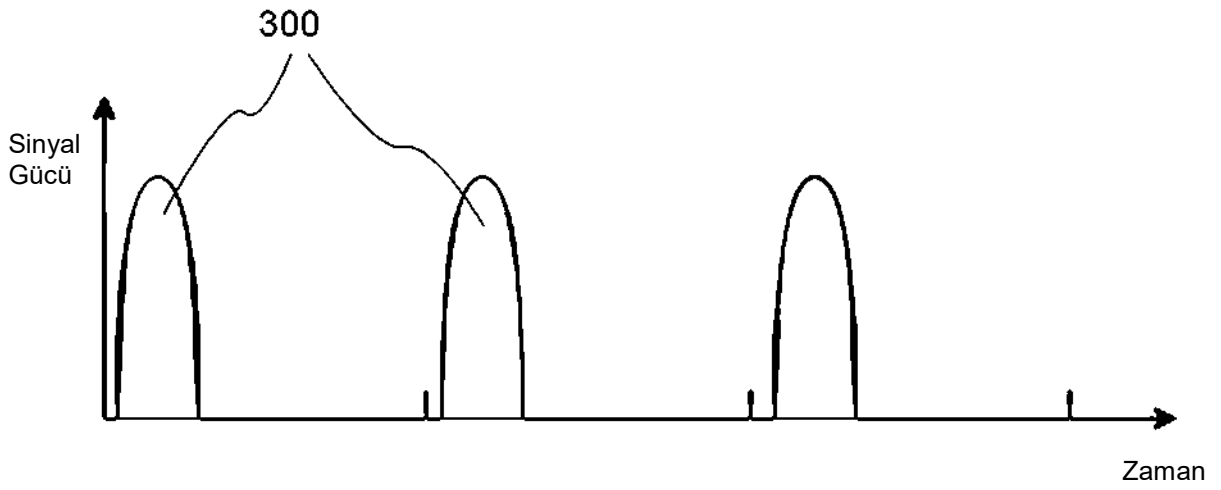
ŞEKİL 2



ŞEKİL 3



ŞEKİL 4



ŞEKİL 5