

ÖZET

IRS TABANLI BİR KONUM TABANLI GÜVENLİ İLETİŞİM YÖNTEMİ

- 5 Mevcut buluş, IRS tabanlı bir konum tabanlı güvenli iletişime yönelik yeni bir yöntem ile ilgilidir. Buluşun yönteminde IRS ile yansıtılan sinyalin kontrollü çok yollu bileşenlerinden faydalanılarak, güvenli iletişim bu bileşenlerin fazlarının devrişimi aracılığıyla sağlanmaktadır, böylece yalnızca amaçlanan alıcıda yapıcı olarak ekleme yapmaktadırlar.

İSTEMLER

1. IRS (Intelligent reflecting surface (akıllı yansıtma yüzeyi)) tabanlı bir konum tabanlı güvenli iletişime yönelik bir yöntem olup, söz konusu yöntemin aşağıdaki adımları içermesi ile karakterize edilmektedir;

- Yansıtılan sinyali alıcıya doğru odaklamak üzere ayar dizisi-1 uzamsal filtreleme
- Gerçek zamanda değişmek üzere, bir faz süresinde verilen bir çiftte bir bölüm rastgele bir fazı seçecek ve diğeri kullanıcı konumundaki etkisini kaldırmak üzere birini seçecek, sıradaki faz süresinde bir diğere çift rastgele seçilecek ve aynı prosedür uygulanacak şekilde bölümlerin çiftler halinde gruplandırılması ile elde edilmesi ile karakterize edilen ayar dizisi-2 uzamsal filtreleme

Burada yansıtılan çok yollu bileşenlerin fazları, bölümlere karşılık gelen fiziksel bileşenlerin doğrusal bir kombinasyonu olan alıcı tarafındaki çözülen çok yollu bileşenin verilen bir kabul edilen güç eşiğinin üzerinde şiddete sahip olması ve fazının verilen bir sabit değere ekleme yapması amacıyla seçilmelidir.

TARİFNAME

IRS TABANLI BİR KONUM TABANLI GÜVENLİ İLETİŞİM YÖNTEMİ

5 Teknik Alan

Mevcut buluş, IRS tabanlı bir konum tabanlı güvenli iletişime yönelik yeni bir yöntem ile ilgilidir. Buluşun yönteminde IRS ile yansıtılan sinyalin kontrollü çok yollu bileşenlerinden faydalanılarak, güvenli iletişim bu bileşenlerin fazlarının devrişimi aracılığıyla sağlanmaktadır, böylece yalnızca amaçlanan alıcıda yapıcı olarak ekleme yapmaktadırlar.

Önceki Teknik

Güvenli iletişim, kablosuz iletişimde büyük bir problemdir ve bu problemi ele alan farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Bunlardan biri, Yönlü Modülasyon olarak adlandırılmaktadır. Bu tür yaklaşımlarda, amaçlanan alıcı tarafı dışında tüm yönlerde sinyali bozmak üzere uzamsal filtreleme kullanılmaktadır. Bu şema iyi bir güvenlik performansı sunmaktadır, ancak sinyalin tam olarak kontrol edilebildiği tek bağlantı olması nedeniyle verici ve alıcı arasında doğrudan bir bağlantı gerektirmektedir. Yönlü Modülasyondaki başlıca çekince, LoS bağlantısına yönelik ihtiyaçtır; LoS olmayan iletişim durumunda, verilen bir yol üzerinden yayılan sinyal üzerinden tam, gerçek zamanlı kontrolün sağlanması mümkün değildir. Bu problemi çözmek üzere, IRS'nin sözde LoS bağlantısını kullanarak Yönlü Modülasyonu sağlaması önerilmiştir.

Yönlü Modülasyon, fiziksel katman güvenliğine yönelik sağlam çözümlerden biridir. Verilen bir yönde alınan sinyalin arzu edilen takımuydu noktasını vermesi ancak diğer yönlerde, gizli dinleyicinin veri sinyallerini tespit edememesi için karıştırılması amacıyla gerçek zamanlı olarak huzme şeklinin değiştirilmesine dayanmaktadır. Ne var ki, alıcı ile bir LoS bağlantısına sahip olma gereksinimine ilişkin başlıca bir çekince mevcuttur. Bir diğer problem ise bu bağlantının güvenli olmayacak olmasıdır. Bu problem literatürde ortamdaki nesneler tarafından yansıtılan çok yollu bileşenlerden faydalanılarak veya aynı kullanıcıya hizmet vermek üzere çoklu baz istasyonları görevlendirilerek ele alınmaktadır. Ortamdaki nesneler güvenilir değildir ve her

zaman tasarımıda yeterli özgürlük derecesini sunacaklarının garantisi bulunmamaktadır. Aynı zamanda, aynı kullanıcıya hizmet vermek üzere çoklu baz istasyonlarının tahsis edilmesi, yüksek uygulama masraflarına neden olmaktadır.

- 5 Önceki teknikte sunulan yöntemler, (i) bir LoS bağlantısına sahip olmayı gerektirmeleri, (ii) LoS bağlantısının güvensiz olması, (iii) çoklu baz istasyonları görevlendiren güvensiz LoS bağlantısı karmaşık çözümlerine gereksinim duyulmasının üstesinden gelmek üzere ve (iv) vericinin bu yöntemleri uygulayabilmek üzere çoklu anten unsurlarına sahip olma zorunluluğu bakımından dezavantajlıdır.

10

Buluşun Amacı

Buluşun yöntemi, yansıtılan çok yollu bileşenleri kodlayarak konum tabanlı güvenli iletişim sağlamak üzere bir kontrollü saçılım olarak IRS'yi kullanmayı amaçlamaktadır.

15

Buluşun Kısa Açıklaması

Buluş IRS (Intelligent reflecting surface (akıllı yansıtma yüzeyi)) tabanlı bir konum tabanlı güvenli iletişime yönelik bir yöntem ile ilgilidir, söz konusu yöntem aşağıdaki adımları içermesi ile karakterize edilmektedir;

20

- Yansıtılan sinyali alıcıya doğru odaklamak üzere ayar dizisi-1 uzamsal filtreleme
- Gerçek zamanda değişmek üzere ayar dizisi-2 uzamsal filtreleme

- 25 Burada yansıtılan çok yollu bileşenlerin fazları, bölümlere karşılık gelen fiziksel bileşenlerin doğrusal bir kombinasyonu olan alıcı tarafındaki çözülen çok yollu bileşenin verilen bir kabul edilen güç eşiğinin üzerinde şiddete sahip olması ve fazının verilen bir sabit değere ekleme yapması amacıyla seçilmelidir.

Yönlü Modülasyon fiziksel katman güvenliğine yönelik sağlam bir şemadır; ne var ki verici ve alıcı arasında bir LoS (Line of Sight (Görüş Alanında Olan)) bağlantısı gerektirmektedir, ve tek unsurlu vericilere yönelik olarak çalışmamaktadır.

5 Buluşun yöntemi, sinyali üzerinde tam kontrole sahip verici ve alıcı arasında bir sözde LoS sağlayarak bu sorunların üstesinden gelmektedir. Aynı zamanda, kanalda IRS’de uzamsal filtreleme ile vericide uzamsal filtrelemenin yerini almaktadır

Buluş aynı zamanda kanalı IRS öncesi ve sonrasında kontrollü bir saçılım kümesi olarak manipüle ederek güvensiz LoS bağlantısı problemini çözmektedir.

10 Aynı zamanda, buluşun yöntemi daha da fazla tasarım esnekliği ile LoS bağlantısının yerini alan bir kontrollü bağlantıya yönelik bir sağlayıcı olarak IRS’yi kullanmaktadır

15 Her şey düşünüldüğünde, buluşun yöntemi ile sağlanan tüm avantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir.

1. Buluşun yöntemi, kanal koşuluna bakılmaksızın alıcıya güvenilir, dengeli ve güvenli bir çok yollu bileşen sağlamaktadır (fiziksel bileşenlerin kombinasyonu).
2. Yönlü Modülasyon uzamsal filtrelemeye yönelik vericide çoklu unsurları gerektirmektedir, ancak buluşun yöntemi IRS ile kanal üzerinde bir kontrol derecesi olması nedeniyle bu tür bir gereksinime sahip değildir.
3. Tasarımda ek karmaşıklık olmadan güvenli iletişim sağlamaktadır.
4. IRS’nin yeterince büyük boyutu ile, buluşun yöntemi alt dalga boyu uyum mesafesinde güvenli iletişim sağlamaktadır. Örneğin mmDalga’da, kullanıcının etrafındaki sistem açığı bölgesi alt milimetrelerde boyutlara sahip olacaktır.
5. Buluşun yöntemi büyük IRS veya iki ayrı IRS kullanarak güvensiz LoS bağlantısı problemini çözmektedir.
6. Buluşun yöntemi bir LoS bağlantısı gerektirmemektedir.
7. Buluşun yöntemi sistem birimlerine yönelik herhangi bir gereksinime sahip değildir Verici ve alıcıda tek unsurlu antenler için sağlam bir şekilde çalışabilmekte iken gizli dinleyici herhangi sayıda unsura sahip olabilmektedir. Aynı zamanda, IRS kodlamaya yeterli sayıda

çok yollu bileşene sahip olmak üzere yeterince büyük olduğu müddete gizli dinleyici verici ve alıcı arasındaki kanalı bilse dahi sistem çalışmaktadır.

8. Buluşun yöntemi IRS'ye yönelik çalışma alanında herhangi bir kısıtlamaya sahip değildir.

5 Şekillerin Açıklaması

Şekil 1: Buluş sahipleri tarafından değerlendirilen senaryo

101: Verici

10

102: Alıcı

103: Gizli dinleyici

15

104: IRS

A: Bir çok yollu bileşen

B: Yıkıcı olarak ekleme yapan çok yollu bileşenler

20

C: Yapıcı olarak ekleme yapan çok yollu bileşenler

D: Alıcı ile mesafeye dayalı bölümlendirme

25

D1: Unsur

D2: Bölüm

Şekil 2: IRS'de farklı faz değişim hızları olabileceğini tasvir eden şema

30

A: Kanal uyum zamanı (tek kareli süre)

B: Sembol süresi

C: Zaman

5

D: IRS Faz süresi

201: Durum 1

10 Burada 1. durumda, sembol hızı ile karşılaştırıldığında IRS'nin fazlarını daha yüksek hızda değiştirebileceği gösterilmiştir. Bu durumda IRS daha aktiftir ve tüketiciler daha fazla güç tüketmektedir ve nihayetinde, daha güvenli iletim sunacaktır.

202: Durum 2

15

2. durumda, sembol hızı ile karşılaştırıldığında IRS'nin fazlarını daha yavaş bir hızda değiştirebileceği gösterilmektedir.

Buluşun Detaylı Açıklaması

20

Buluş IRS tabanlı bir konum tabanlı güvenli iletişime yönelik bir yöntem ile ilgilidir, söz konusu yöntem aşağıdaki adımları içermektedir;

- Yansıtılan sinyali alıcıya doğru odaklamak üzere ayar dizisi-1 uzamsal filtreleme
- Gerçek zamanda değişmek üzere ayar dizisi-2 uzamsal filtreleme

25

Burada yansıtılan çok yollu bileşenlerin fazları, bölümlere karşılık gelen fiziksel bileşenlerin doğrusal bir kombinasyonu olan alıcı tarafındaki çözülen çok yollu bileşenin verilen bir kabul edilen güç eşiğinin üzerinde şiddete sahip olması ve fazının verilen bir sabit değere ekleme yapması amacıyla seçilmelidir.

30

İşburada buluş sahipleri, bir bölümler setinin fazlarını rastgele olarak değiştirdiği, bu sırada bir diğer setin buna göre kendini ayarladığı ‘‘çok yollu bileşenlerin seçimini’’ tanımlamak istemektedir. Aynı zamanda fazlarını rastgele olarak değiştirenlerin ve kendilerinininkini buna göre ayarlayanların setlerinin bir ‘‘IRS faz süresinden’’ değerine de rastgele olarak değiştiğinden bahsedilmelidir.

Buluşun yönteminde, dizi-1 tam çerçeve iletimi esnasında kullanıcıya doğru odaklanmış huzmeleri almak üzere ayarlanmaktadır, ancak dizi-2 uzamsal filtreleme, fazların kullanıcı konumu hariç tüm konumlarda rastgele olarak değişmesi amacıyla bir ‘‘IRS faz süresinden’’ değerine ayarlanmaktadır.

Buluşun yönteminde ‘‘kabul edilen güç eşiği,’’ sistem gereksinimlerine bağlıdır. Bazı sistemler için bazı verilen eşiklerin üzerinde olmak üzere SNR’ye sahip olmak gerekebilmektedir, böylece buradaki güç eşiği buna göre ayarlanmaktadır.

Buluşun yönteminde verilen bir sabit değere fazın eklenmesi, etkisini kaldırabilmeleri ve takımuydu diyagramını yazmaları (diğer bir deyişle, faz belirsizliğinden kaçınmaları) amacıyla ayarlanan azın verici veya alıcıda bilinmesinin gerektiği duruma atıfta bulunmaktadır.

Yansıtılan sinyali alıcıya doğru odaklamak üzere ayar dizisi-1 uzamsal filtreleme, gizli dinleyicideki sinyal koşuluna bakılmaksızın sinyal-gürültü oranını maksimuma çıkarma teknik faydasına sahiptir.

Verilen bir bölüme yapılan ayar dizisi-2 uzamsal filtreleme tüm unsurları için ortaktır ve amacı, verilen bir konumda yapıcı olarak ekleme yapmaları için yansıtılan MPC’lerin fazlarını ayarlamaktır.

Gerçek zamanda değişmek üzere ayar dizisi-2 uzamsal filtreleme, tüm bölümlerin azlarını sözde rastgele olarak değiştirme teknik etkisine sahiptir ve dolayısıyla çok yollu bileşenler yapıcı olarak ekleme yapmaktadır ve alıcı tarafında doğru takımuyduyu inşa etmektedir, ancak bunu gizli dinleyici tarafında bozmakta ve alınan sinyal kuvvetini düşürmektedir.

İşburada, aynı zamanda farklı hızlarda gerçek zamanlı devrişim olarak da tanımlanabilecek çoklu bileşen devrişimine yönelik dizi-2 uzamsal filtreleme, buluşun yönteminde açıklandığı üzere farklı yollarla yapılabilmektedir. Buluşun tercih edilen bir yapılandırmasında çoklu bileşen devrişimine yönelik dizi-2 uzamsal filtreleme, bir faz süresinde verilen bir çiftte bir bölüm rastgele bir fazı seçecek ve diğeri kullanıcı konumundaki etkisini kaldırmak üzere birini seçecek şekilde bölümlerin çiftler halinde gruplandırılması ile elde edilmektedir. Bu şekilde gizli dinleyici farklı süreler üzerinden faz değışikliklerini tanıyamayacaktır.

- 10 Buluşun yönteminin arkasındaki başlıca fikir, kanal uyum zamanını alıcı için aynı tutmak, ancak kanalı, fazları rastgele değıştirerek gizli dinleyicilere yönelik hızlı sönümlenir hale getirmektir.

- Buluşun yönteminde, IRS'deki az değışikliği hızına bağı olarak sistemin güvenliği değışebilmektedir. Hızlı değışikliklere sahip sistemler daha güvenli iken, yavaş faz değışikliğine sahip sistemlere yönelik olarak çerçeveye yönelik düzgün kodun kullanılması sayesinde daha güvenli hale gelebilirler.

- Buluşun tercih edilen bir yapılandırmasında, değıerlendirilen senaryo dört sistem birimini içıeriyor olarak tanımlanabilmektedir; verici, alıcı, gizli dinleyici, ve IRS. Tüm birimlerin, alıcı haricinde, tek biçimli doğrusal dizilimler olduğı varsayılmaktadır (tek biçimli planya dizilimine uzantı düzdür).

- Senaryoyu güvenlik açısından daha kötü hale getirmek üzere, alıcının hiçbir uzamsal filtreleme olmadan tek unsurlu antenlere sahip olduğı varsayılmaktadır, bu sırada gizli dinleyici çoklu unsurlarla daha sofistikedir. Aynı zamanda, gizli dinleyicinin verici, alıcı ve IRS'nin konumlarını kusursuz olarak bildiğı varsayılmaktadır.

Tasarım itibariyle, IRS'nin vericiye göre konumu bilinmektedir. Örneğın verici, ortamdaki IRS ile birlikte görevlendirilen bir erişim noktası olabilmektedir.

Aynı zamanda, alıcının IRS'ye göre konumunun kanal tahmini ile birlikte bir eğitim oturumundan sonra bilindiği varsayılmaktadır.

Verici ve alıcı arasındaki kanalın seyrek olduğu varsayılmaktadır ve ortamdaki sayılabilir saçıcı sayısı ile temsil edilmektedir:

$$h = h^L + h^S$$

$$= \sum_{i=1}^{N_{LS}} \beta_i \mathbf{a}_T^T(\theta_{TLi}) + \sum_{i=1}^{N_S} \alpha_i \mathbf{a}_T^T(\theta_i)$$

- 10 Kanal iki alt kanala ayrılmaktadır: tip-L kanal ve tip-S kanal. Birincisi, daha sonra tartışıldığı üzere bölümler denilen IRS unsurlarının N_{LS} grupları olan kontrollü saçıcıları temsil etmektedir. İkincisi, kontrol dışında olan ve numaraları N_S olan ortamdaki sıradan saçıcıları temsil etmektedir. Sıradan saçıcılara karşılık gelen kazançlar α_i 'ler ve açılar θ_i 'ler rastgeledir ve her uyum iletimine yönelik tahmin edilmeleri gerekmektedir. Öte yandan, kazançlar β_i 'ler ve açılar θ_{TLi} 'ler bilinen ve bilinen alıcı konumuna yönelik kontrol edilen kontrollü saçıcılara karşılık gelmektedir. $\mathbf{a}_T(\theta)$ vektörü, verilen bir açıda vericinin tepki vektörünü temsil etmektedir. Kontrollü kazançlar IRS tarafındaki uzamsal filtrelemeye bağlıdır; daha azla detay için, lütfen bakınız M. Alayasra ve H. Arslan, "IRS-Enabled Beam-Space Channel," in IEEE Transactions on Wireless Communications, doi: 10.1109/TWC.2021.3124288, işburada bu doküman referans
- 15
- 20 yoluyla dahil edilmiştir.

- IRS, birçok yansıyan unsur ile büyük boyutludur. Özellikle pratik uygulamalarda, iç mekân ortamlara yönelik olarak, diğer sistem birimleri birçok durumda IRS'nin yakın alanında çalışacaktır. Dolayısıyla, sistem modelinde IRS ile doğrudan baş etmek yerine, uzak alan çalışmasını garanti eden daha küçük boyutlu unsurlar bölümlerine ayrılmaktadır. Bu bölümler yukarıda sunulan kanal modelindeki kontrollü saçıcılardır. Bölümlemenin bir örneği olarak, verici ve alıcının IRS merkezinden uzak olan d1 ve d2 mesafelerinde bulunduğu varsayılın, ancak d1<d2 olsun. Bu durumda, d1'e dayanarak, IRS'nin bölümleri d1'i aşmayan uzak alan sınırlarına sahip boyutlara sahip olacak şekilde seçilmektedir.
- 25

IRS tarafından yansıtılan sinyal, IRS tarafından kontrol edilen bir ışınlar veya çok yönlü bileşenler kümesidir. Her bir bölüm iki uzamsal filtreleme dizisine sahiptir; biri unsur seviyesinde ve bir diğeri bölüm seviyesindedir. Bölümün faz profili ilk olarak alınan sinyali verilen bir yönde yönlendirmek üzere tasarlanmaktadır. Bölüm, biri gelen ve diğeri yansıtılan olarak iki huzmeye sahip şekilde görülebilmektedir. Bu iki huzme arasındaki açı, bu açığa düzgün bir şekilde dayanan bölümlerin unsurlarının fazlarının ayarlanması ile ayarlanabilmektedir. Hem verici hem de alıcının bilinen konumlarına dayalı olarak, gelen huzme vericiden gelendir ve yansıtılan huzmeler, yansıtılan sinyalin alıcıya doğru odaklanması amacıyla ayarlanmaktadır. Uzamsal filtrelemenin ikinci dizisi, IRS'nin her bir bölümüne bir anten olarak IRS'nin bir sanal unsuru olarak muamele etmektedir.

Buluşun Endüstriyel Uygulanabilirliği

15 Buluşun yöntemi başlıca kablosuz uygulamalara uygulanabilmektedir.

Güvenlik, örneğin WiFi gibi herhangi bir kablosuz iletişim sisteminde elzem bir bileşendir. İletişimi güvenceye almanın bir yolu, ağır uygulama katmanında kriptografi uygulanmasıyla. Ne var ki, fiziksel katman seviyesinde, güvenli iletişim sağlamak üzere kanaldan faydalanılabilmektedir. Fiziksel katmanda yapay gürültü ve uzamsal filtreleme gibi farklı çözümler bulunmaktadır; herkes avantajlara ve dezavantajlara ve işleyen senaryolara sahiptir. Burada, IRS'yi kullanmanın sağlam ve basit bir yolu önerilmektedir. Dolayısıyla buluş, kişisel, endüstriyel, vb. güvenli iletişim gerektiren tüm iletişim sistemlerine uymaktadır.

25 Spesifik olarak, güvenli iletişim pek çok kablosuz uygulamaya yönelik olarak kritiktir. Daha özel olarak, buluşun yöntemi seyrek kanallar ile mmDalga iletişimine uymaktadır.

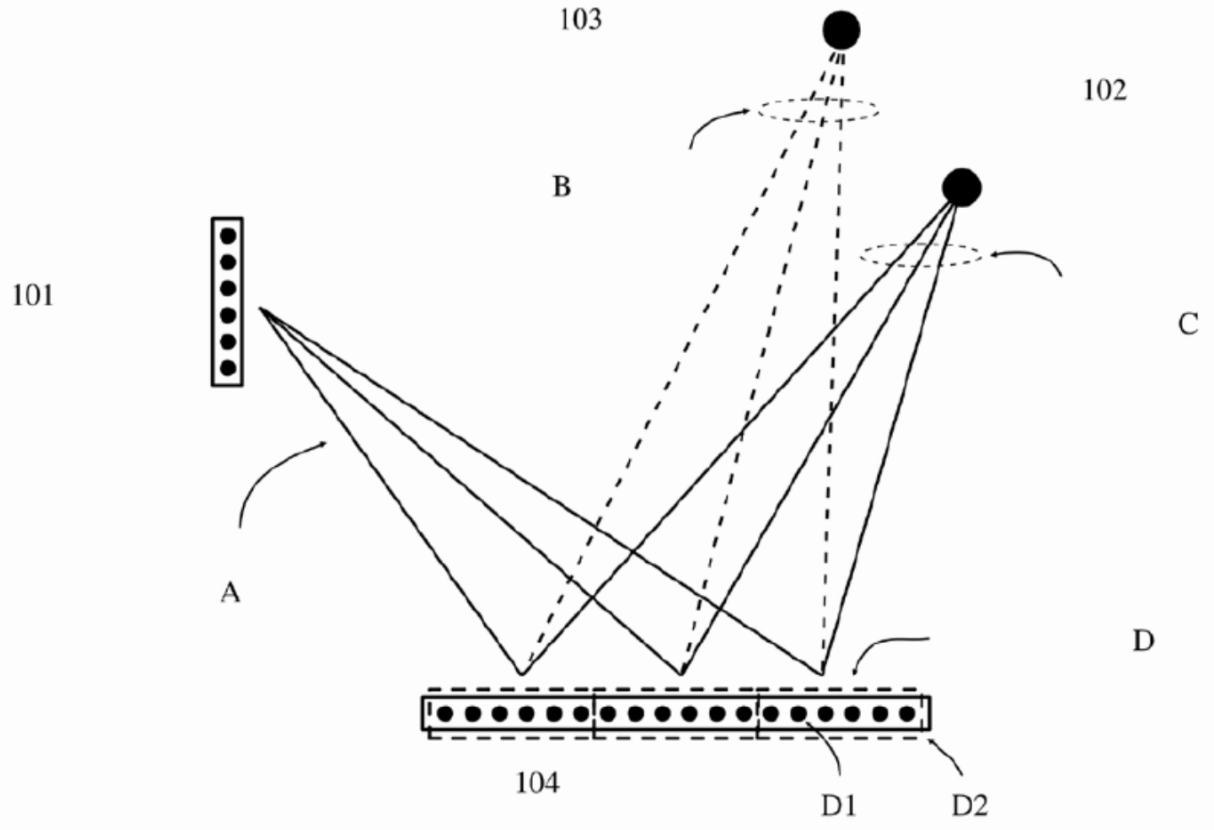
Buluşun yönteminin endüstriyel uygulanabilirliğin bir örneği, araçtan araca haberleşme olabilmektedir, bu iletişim son derece güvenlidir; aksi takdirde kötü amaçlı saldırılar ciddi kazalara sebep olacaktır.

Bu temel konseptler çevresinde, buluşun konusu ile ilgili olarak birkaç yapılandırmanın geliştirilmesi mümkündür; bu nedenle buluş burada açıklanan örnekler ile sınırlandırılmaz ve buluş esasen istemlerde tanımlandığı gibidir. Buluşun ayrı yapılandırmaları uygun olduğu yerde birleştirilebilir.

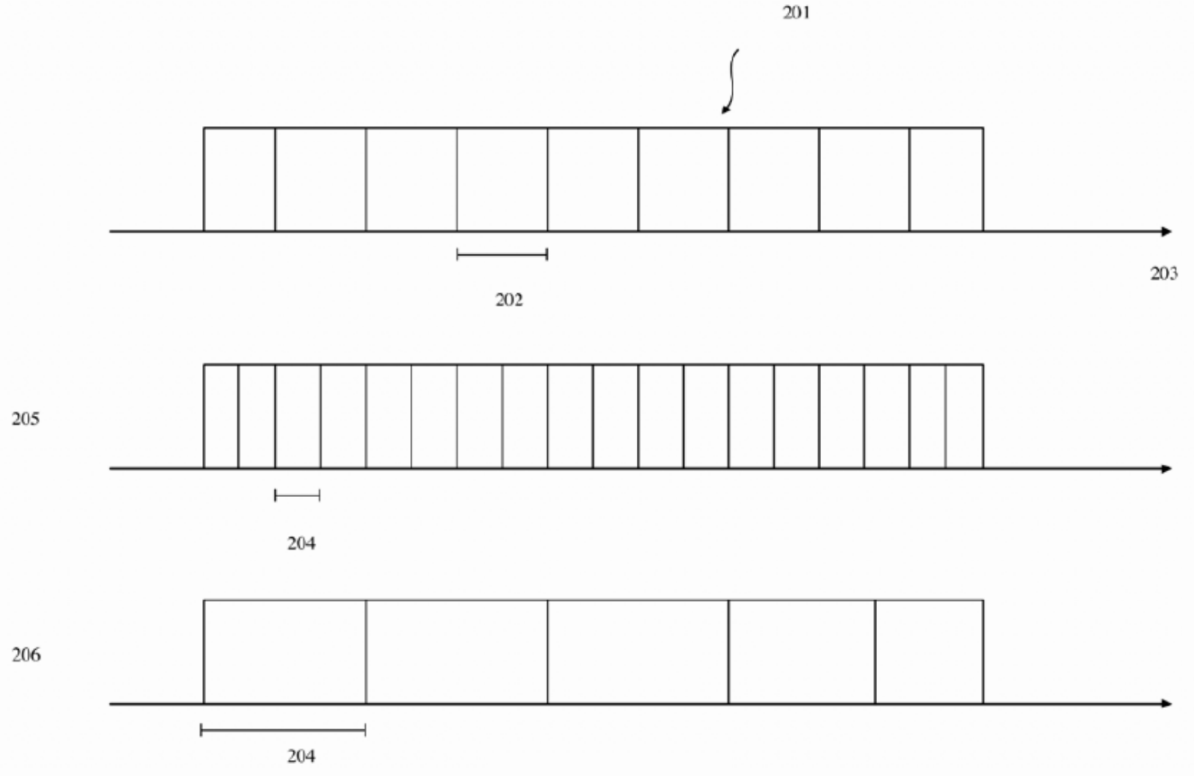
5

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

10



ŞEKİL 1



ŞEKİL 2