

ÖZET

ÇOK GİRDİLİ ÇOK ÇIKTILI (MIMO) AĞLARINDA YERELLEŞTİRME VE İLETİŞİM İÇİN IŞIN SEÇİM YÖNTEMİ

5

Buluş, yüksek doğruluk sağlayarak sistem gecikmesini azaltmak için varış zamanı, sinyal gücü ve açığa dayalı MIMO ağlarında yerleştirme ve iletişim için bir ışın seçim yöntemi ile ilgilidir.

ABSTRACT

A METHOD OF BEAM SELECTION FOR LOCALIZATION AND COMMUNICATION IN MIMO NETWORKS

The invention is related to a beam selection method for localization and communication in
5 MIMO networks based on the time of arrivals, signal power strength, and angle to reduce the
system latency with providing high accuracy.

İSTEMLER

1. En az bir ışın çiftini gönderebilen/alabilen anten dizilerine sahip bir alıcı (104) ve bir vericiye (101) sahip çoklu girdi ve çoklu çıktı (MIMO) sistemlerinde kablosuz yerelleştirmeye yönelik bilgisayar uygulamalı bir ışın çifti seçim yöntemi olup, aşağıdakiler karakterize edilmektedir

Sistemin yerelleştirme hizmetlerinin gereksinimlerini karşılamak için gerekli sinyal gücü eşiğinin belirlenmesi,

Belirli bir kanal yolundaki her bir ışın çiftinin varış zamanı, alınan sinyal gücü ve açısının alınması ve tespit edilmesi,

Sinyal gücü gerekli sinyal gücü eşiğinden daha yüksek olan ilk ışın çiftini belirleyene kadar, en düşük varış zamanından en yüksek varış zamanına kadar her bir ışın çiftinin sinyal gücünü gerekli sinyal gücü eşiğiyle karşılaştırılması, burada sinyalin varış zamanı vericiden alıcıya yolculuk süresidir.

2. İstem 1'e göre bir yöntem olup, aşağıdakiler ile karakterize edilmektedir

Vericiden (101) alıcıya (104) eş zamanlı olarak geniş ışınlar (401) ve çok yönlü ışın (402) gönderilmesi ve çok yönlü ışının (402) alıcıya ilk varışının alıcıya varış referans süresi olarak belirlenmesi,

Sinyal gücü gerekli sinyal gücü eşiğinden yüksek olan ilk geniş ışını belirleyene kadar geniş ışınların (401) ve çok yönlü ışının (402) varış zamanları arasındaki farkın en düşük değerinden en yüksek değerine kadar her bir geniş ışının sinyal gücünün gerekli sinyal gücü eşiği ile karşılaştırılması, burada varış zamanı sinyalin vericiden alıcıya yolculuk süresidir,

Geniş ışınların (401) ve daha dar bir ışının (501) eş zamanlı olarak vericiden (101) alıcıya (104) iletilmesi ve iletilen sinyalin alıcı (104) tarafından alınması için alım ışınlarının üretilmesi,

Alım geniş ışınının varış zamanının ve ışın çiftinin varış zamanının belirlenmesi, varış zamanı ile daha dar ışınların (501) ve geniş ışının (402) varış zamanları arasındaki farkın değerinin varış zamanı arasında en düşük zaman farkına sahip ışın çiftinin belirlenmesi

Sinyal gücü gerekli sinyal gücü eşiğinden yüksek olan ilk ışın çiftini belirleyene kadar, en düşük varış zamanından en yüksek varış zamanına kadar ışın çiftinin her bir

sinyal gücünün gerekli sinyal gücü eşiği ile karşılaştırılması, burada varış zamanı sinyalin vericiden alıcıya yolculuk süresidir.

3. Alım ışınının yönlü ışın veya çok yönlü ışın olduğu, İstem 2'ye göre yöntem.

5

4. Geniş ışınlar ve çok yönlü ışının, çok yönlü ışının SSB patlama setinin geniş ışınların SSB patlama setiyle çakıştığı zamanda seri olarak SSB patlama seti olarak iletilmesi ile karakterize edilen, İstem 2'ye göre bir yöntem.

10

5. Geniş ışınların ve daha dar bir ışının, geniş ışının SSB patlama setinin daha dar ışınların SSB patlama setiyle çakıştığı zamanda seri olarak SSB patlama seti olarak iletilmesi ile karakterize edilen, İstem 2 veya 4'e göre bir yöntem.

15

6. İstem 1 ila 5'ten herhangi birine göre seçilen bir ışın çiftinin kullanılması ile karakterize edilen, ışın çiftine sahip çok yollu kanallara sahip bir çoklu anten vericisine (101) ve bir çoklu anten alıcısına (104) sahip çoklu girdi ve çoklu çıktı (MIMO) sistemlerinde bilgisayar uygulamalı bir kablosuz iletişim yöntemi.

20

7. İstem 1 ila 5'ten herhangi birine göre seçilen bir ışın çiftinin kullanılması ile karakterize edilen, ışın çiftine sahip çok yollu kanala sahip bir verici ve bir alıcıya sahip çoklu girdi ve çoklu çıktı (MIMO) sistemlerinde bilgisayar uygulamalı bir yerelleştirme yöntemi.

25

8. İstem 6 veya 7'ye göre yöntemin adımlarını gerçekleştirmek için araçlar içeren bir veri işleme cihazı.

30

9. Program bir veri işleme cihazı tarafından yürütüldüğünde, veri işleme cihazının İstem 6 veya 7'ye göre yöntemin adımlarını gerçekleştirmesini sağlayan talimatları içeren bir bilgisayar programı.

10. Bir bilgisayar tarafından yürütüldüğünde bilgisayarın İstem 6 veya 7'ye göre yöntemin adımlarını gerçekleştirmesini sağlayan talimatları içeren bilgisayar tarafından okunabilir bir ortam.

11. En az bir ışın çiftini gönderebilen/alabilen anten dizilerine sahip bir alıcı (104) ve bir vericiye (101) sahip çoklu girdi ve çoklu çıktı (MIMO) sistemlerinde iletişime yönelik bilgisayar uygulamalı bir ışın çifti seçim yöntemi olup, aşağıdakiler ile karakterize edilmektedir

Geniş ışınların (401) ve daha dar ışınların (501) eş zamanlı olarak iletilmesi,
Sistemin iletişim hizmetlerinin gereksinimlerini karşılamak için gerekli sinyal gücü eşliğinin belirlenmesi,

Belirli bir kanal yolundaki her bir ışın çiftinin varış zamanı, alınan sinyal gücü ve açısının alınması ve tespit edilmesi,

Mutlak değeri önceden belirlenmiş eşikten daha düşük olan ilk ışın çifti belirlenene kadar, geniş ışınların (401) ve daha dar ışınların (501) varış zamanları arasındaki farkın mutlak değerinin önceden belirlenmiş eşikle karşılaştırılması, burada varış zamanı sinyalin vericiden alıcıya yolculuk süresidir,

burada eşik, geniş ışınların (401) ve daha dar ışınların (501) varış zamanları arasındaki fark değerinden büyükse ve alıcı (104) bu sonucu vericiye (101) geri bildirirse, verici (110) bir sonraki ışının indeksini $B_{Tx,N-n_n}$ olarak seçmektedir, burada N toplam verici (101) sayısıdır ve n_n karşılaştırılan ışının indeksidir ve eğer eşik geniş ışınların (401) ve daha dar ışınların (501) varış zamanları arasındaki fark değerinden büyükse ve alıcı (104) bu sonucu vericiye (101) geri bildirmezse, verici (110) bir sonraki ışının indeksini $B_{Tx, \frac{N_n}{2}+x}$ olarak aralıklı bir sırada seçmektedir, burada x, 0 ve $\frac{N_n}{2}$ arasında bir tamsayıdır ve N_n karşılaştırılan ışının indeksidir.

12. İstem 11'e göre seçilen bir ışın çiftinin kullanılması ile karakterize edilen, ışın çiftine sahip çok yollu kanallara sahip çoklu anten vericisi ve çoklu anten alıcısına sahip çoklu girdili ve çoklu çıktılı (MIMO) sistemlerde bilgisayar uygulamalı bir iletişim yöntemi.

13. İstem 12'ye göre yöntemin adımlarını gerçekleştirmeye yönelik araçlar içeren bir veri işleme cihazı.

14. Program bir veri işleme cihazı tarafından yürütüldüğünde, veri işleme cihazının İstem 12'ye göre yöntemin adımlarını gerçekleştirmesini sağlayan talimatları içeren bir bilgisayar programı.

5 **15.** Bir bilgisayar tarafından yürütüldüğünde, bilgisayarın İstem 12'ye göre yöntemin adımlarını gerçekleştirmesini sağlayan talimatları içeren bilgisayar tarafından okunabilir bir ortam.

CLAIMS

1. A computer implemented beam pair selection method for wireless localization in multiple-input and multiple-output (MIMO) systems having a transmitter (101) and a receiver (104) with antenna arrays having that is capable to transmit/receive at least pair of beams, characterized by

Determining required signal power threshold to satisfy requirements of localization services of the system,

Receiving and detecting the time of arrival, received signal power, and angle of each beam pair at a given channel path,

Comparing each signal power of pair of beams from the lowest time of arrivals to the highest time of arrivals with the required signal power threshold, until determine the first pair of beams of which signal power is higher than the required signal power threshold wherein the time of arrival is signal travel time from the transmitter to the receiver.

2. A method according to Claim 1, characterized by

Transmitting wide beams (401) and omnidirectional beam (402) simultaneously from the transmitter (101) to the receiver (104) and determining the first arrival of the omnidirectional beam (402) to the receiver as the reference time of arrival at the receiver,

Comparing each signal power of wide beams from the lowest value that difference between time of arrivals of the wide beams (401) and the omnidirectional beam (402) to the highest value with the required signal power threshold, until determine the first wide beam of which signal power is higher than the required signal power threshold, wherein the time of arrival is signal travel time from the transmitter to the receiver,

Transmitting the wide beams (401) and a narrower beam (501) simultaneously from the transmitter (101) to the receiver (104) and generating receive beams to receive the transmitted signal by the receiver (104),

Determining arrival time of the wide beam which is received receive beam and arrival time of the pair of beams,

determine the pair of beams has lowest time difference between its arrival time and arrival time of the value that difference between time of arrivals of the narrower beams (501) and the wide beam (402)

Comparing each signal power of the pair of beams from the lowest time of arrivals to the highest time of arrivals with the required signal power threshold, until determine the first pair beam of which signal power is higher than the required signal power threshold, wherein the time of arrival is signal travel time from the transmitter to the receiver.

3. A method according to Claim 2, wherein receive beam is directional beam or omnidirectional beam.
4. A method according to Claim 2, characterized by wide beams and omnidirectional beam is transmitted as SSB burst set are transmitted serially in the time where SSB burst set of omnidirectional beam overlaps SSB burst set of the wide beams.
5. A method according to Claim 2 or 4, characterized by the wide beams and a narrower beam is transmitted as SSB burst set are transmitted serially in the time where SSB burst set of wide beam overlaps SSB burst set of the narrower beams.
6. A computer implemented wireless communication method in multiple-input and multiple-output (MIMO) systems having a multiple antenna transmitter (101) and a multiple antenna receiver (104) with multipath channels having pair of beams characterized by use of a pair of beams selected according to any of Claim 1-5.
7. A computer implemented localization method in multiple-input and multiple-output (MIMO) systems having a transmitter and a receiver with multipath channel having pair of beams characterized by use of a pair of beams selected according to any of Claim 1-5.
8. A data processing device comprising means for carrying out the steps of the method of Claim 6 or 7.

9. A computer program comprising instructions which, when the program is executed by a data processing device, cause the data processing device to carry out the steps of the method of Claim 6 or 7.

5 10. A computer-readable medium comprising instructions which, when executed by a computer, cause the computer to carry out the steps of the method of Claim 6 or 7.

11. A computer implemented beam pair selection method for communication in multiple-input and multiple-output (MIMO) systems having a transmitter (101) and a receiver (104) with antenna arrays having that is capable to transmit/receive at least pair of beams, characterized by

Transmitting wide beams (401) and narrower beams (501) simultaneously,

Determining required signal power threshold to satisfy requirements of communication services of the system,

15 Receiving and detecting the time of arrival, received signal power, and angle of each beam pair at a given channel path,

Comparing absolute value of difference between time of arrivals of wide beams (401) and narrower beams (501) with predetermined threshold, until determine the first pair of beams of which the absolute value is lower than the predetermined threshold wherein the time of arrival is signal travel time from the transmitter to the receiver,

20 wherein if the threshold is larger than value of difference between time of arrivals of wide beams (401) and narrower beams (501) and the receiver (104) feedback this result to transmitter (101), the transmitter (110) chooses the index of the next beam as $B_{Tx, N-n_n}$ where N number of total transmitter (101) and n_n is the index of the compared beam and if the threshold is larger than value of difference between time of arrivals of wide beams (401) and narrower beams (501) and the receiver (104) doesn't

25 feedback this result to transmitter (101), transmitter (110) chooses the index of the next beam in an interleaved order as $B_{Tx, \frac{N_n}{2}+x}$ where x is an integer between 0 and $\frac{N_n}{2}$ and N_n is the index of the compared beam.

30 12. A computer implemented communication method in multiple-input and multiple-output (MIMO) systems having a multiple antenna transmitter and a multiple antenna

receiver with multiplepath channels having pair of beams characterized by use of a pair of beams selected according to any of Claim 11.

5 **13.** A data processing device comprising means for carrying out the steps of the method of Claim 12.

14. A computer program comprising instructions which, when the program is executed by a data processing device, cause the data processing device to carry out the steps of the method of Claim 12.

10 **15.** A computer-readable medium comprising instructions which, when executed by a computer, cause the computer to carry out the steps of the method of Claim 12.

TARİFNAME

ÇOK GİRDİLİ ÇOK ÇIKTILI (MIMO) AĞLARINDA YERELLEŞTİRME VE İLETİŞİM İÇİN IŞIN SEÇİM YÖNTEMİ

5

Teknik Alan

Buluş, çok girdili çok çıktılı (MIMO) ağlarında yerleştirme ve iletişim için bir ışın seçim yöntemi ile ilgilidir.

10

Önceki Teknik

Kablosuz ağlarda yerleştirme işlemi varış zamanı, varış açısı ve sinyal güç seviyesi gibi parametrelere dayanmaktadır. Yerleştirmede daha yüksek doğruluk elde etmek, özellikle daha yüksek frekanslarda çalışırken belirgindir. İletişim için 5G standardında mmWave spektrumunun benimsenmesiyle birlikte, ışın oluşturma teknikleri bu spektrumda iletişimi kolaylaştırmada önemli bir araç haline gelmektedir. Sinyal gücü seviyesine dayalı ışın seçim yöntemleri iletişim için literatürde kapsamlı bir şekilde araştırılmış olsa da, bu yöntemler özellikle görüş hattı olmayan (NLOS) kanallarda yerleştirme için en iyi performansı göstermeyebilmektedir.

20

Sinyal gücünün kritik bir faktör olduğu iletişim senaryolarının aksine, etkili yerleştirme için en önemli parametre olmayabilmektedir. Yalnızca sinyal gücü seviyesine dayanan geleneksel ışın seçim yöntemleri, özellikle NLOS kanallarında yerleştirme amaçları için uygun olmayabilmektedir. Örnek olarak, bir NLOS kanalında iki ışın seçeneğinin olduğu bir senaryoyu ele alalım. İlk ışın, alıcıda ikinci ışına kıyasla daha yüksek bir sinyal gücü seviyesi sergilemektedir ve bu da onu iletişim için tercih edilen seçenek haline getirmektedir. Ancak bu durum onu yerleştirme için en iyi ışın haline getirmemektedir. Varış zamanı ve varış açısı gibi parametreleri içeren yerleştirmenin doğruluğu, sinyal gücünün ötesindeki faktörlerden etkilenmektedir.

30

Buradaki temel zorluk, varış açısı ve varış zamanı gibi parametreleri dikkate alarak, özellikle yerleştirme için ışınların nasıl seçileceğini belirlemektir. Bu sorun, özellikle karmaşık

NLOS kanal senaryolarında, iletişim için en uygun ışının doğru yerleştirme gereksinimleriyle uyumlu olmayabileceğini kabul ederek, ışın seçimine yönelik incelikli bir yaklaşım ihtiyacını ele almaktadır.

- 5 Işın yönetimi, 5G çok girdili çok çıktılı (MIMO) sistemleri ve ötesi için ana teknik yeniliklerden biridir. İyi bir bağlantı için en uygun ışın çiftini oluşturmak ve korumak için bir dizi PHY ve MAC katmanı prosedürüdür [1]. IEEE 802.11ad standardında tanımlandığı gibi çeşitli yönleri ve bileşenleri içermektedir [2,3,4]: ışın taraması ve ölçümü, ışın belirleme, ışın raporlama, ışın kurtarma ve ışın değiştirme. Genel olarak, ışın oluşturma tabanlı ilk erişim, aktif durumlarda ışın oluşturma eğitimi ve ilgili esnek çerçeve yapısı tasarımları için ışın oluşturma yönetim mekanizması [5]'te sunulmuştur; burada baz istasyonu olası bir bağlantı için ışınları tararken, kullanıcı tarafı ışınları almaktadır ve sembol, alt çerçeve, zamanlama ışın dizilerini ve karşılık gelen alım ışını oluşturma ağırlıklarını elde etmek için alıcı sinyal kalitesini aşan ışınların frekans-zaman kaynağını hesaplamaktadır. Bundan sonra, kullanıcı seçilen ışın kimliğinin (ID) kodunu çözmektedir ve yukarı bağlantı iletim ışını biçimlendirme yoluyla baz istasyonuna (BS) geri beslemektedir.

- Koordineli olmayan ağlarda, daha önce tartışılan ışın yönetimi prosedürlerinin getirdiği gecikme süresini azaltmak için literatürde birçok algoritma geliştirilmiştir. Birkaç saniye süren ışın yönetimi sürecinde düğümler arasındaki en iyi hizalamayı bulmak için uzayı taramak için standartlaştırılmış geleneksel kapsamlı ışın taramasının aksine, [6] en uygun ışını belirlemek için çok yollu kanalda hiyerarşik ışın hizalama algoritması olarak adlandırılan bir öğrenme algoritması geliştirmektedir. [7], dikkatlice seçilmiş hash fonksiyonları kullanarak ışın yönlerini hashleyerek ve daha sonra enerjinin farklı hash fonksiyonları arasında nasıl değiştiğini izleyerek tüm alanı taramaya gerek kalmadan bir verici ve bir alıcı arasındaki ışınların doğru hizalamasını bulmak için bir çevik bağlantılı Agile-Link platformu sunarken, [8] düşük çözünürlüklü faz kaydırıcılarla hızlı ışın hizalaması için bir çerçeve sunmaktadır. Bu çerçeve, kanal ölçümlerini elde etmek için verimli bir anten ağırlık vektörleri kümesi kullanmaktadır ve daha hızlı ışın hizalamasına izin vermektedir. [9], daha az karmaşıklık ek yükü ile hareketliliğe ve kestirim işleme kusurlarına karşı dirençli olan hızlı bağlantı kurma için potansiyel bir yaklaşım olarak konum destekli bir ışın hizalaması sunmaktadır. Bu, ön seçim kararının baz istasyonu (BS) ve kullanıcı (UE) arasındaki merkezi olmayan koordinasyona yeniden düzenlendiği hem baz istasyonu (BS) hem de kullanıcı (UE)

düğümleeri için olasılıksal bir konum bilgisi ayarına dayanarak yapılmaktadır. Bu yöntem her iki düğümdeki karmaşıklık yükünü azaltmasına rağmen, bağlantının tamamlanması için geri bildirimin hala gerekli olduğu kullanıcı (UE) tarafında hala büyük işlemlerin yapılmasını sağlamaktadır. [10] sistemdeki geri bildirim ek yükünü en aza indirmek için ışın tabanlı raporlamanın azaltılmış bir seviyesi olan grup tabanlı raporlamayı sunmaktadır. Geleneksel ışın tabanlı raporlamanın aksine, grup tabanlı raporlamadaki raporlama tablosu, temsili ışın için referans sinyali alınan gücü (RSRP)'yi ve yalnızca iletim döngüsünü azaltan gruptaki her ek ışın için diferansiyel referans sinyali alınan gücü (RSRP) değerini içermektedir. Temsili ışın, gruptaki diğer ışınlara kıyasla maksimum ölçüm değerine sahip olan ışını ya da gruptaki ışınların ortalamasını ifade etmektedir.

İletişim için ışın seçimi sinyal güç seviyesine veya referans sinyali alınan gücüne (RSRP) göre yapılmaktadır. Yerelleştirme için, alıcının yönü biliniyorsa, ışın geleneksel olarak bilinen yönde seçilmektedir. İletişimde olduğu gibi yerelleştirme için de sinyal gücü seviyesine dayalı ışın seçimi yapılmaktadır. Bu yaklaşım sadece sinyal güç seviyesi ile yerelleştirme yöntemleri için uygundur. Ancak varış açısı ve varış zamanı parametreleri ile yerelleştirme için iyi değildir. Dolayısıyla IEEE 802.11ay daha iyi bir yerelleştirme doğruluğu için bir ilk yol ışın oluşturma eğitim yöntemi kullanır [11,12]. 5G gibi yeni kablosuz standartlarda yerelleştirmenin esas olarak varış açısı ve varış zamanı parametrelerine dayalı olarak yapıldığı göz önünde bulundurulmalıdır.

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

Buluşun Amaçları

Mevcut buluşun ana amacı, konum belirleme hassasiyetini arttırmak ve iletişim süreçlerinde minimum karmaşıklıkla hızlı ışın arama ve hizalamayı kolaylaştırmaktır. Bu çift amaçlı yenilik, konum belirlemede doğruluğu artırırken aynı zamanda ışın hizalama verimliliğini optimize ederek daha hızlı ve daha az karmaşık bir iletişim sistemi sağlamayı amaçlamaktadır.

Buluşun bir diğer amacı, özellikle verici ve alıcı arasında eş zamansız iletim içeren senaryolarda cihazın konumunun daha kesin bir şekilde belirlenmesini sağlamaktır. Bu özellik, özellikle nokta hassasiyetinin gerekli olduğu uygulamalarda değerlidir.

- 5 Buluşun bir diğer amacı da iletişim senaryolarında hızlı ışın arama ve hizalama ihtiyacını gidermektir. Bu sadece daha hızlı iletişim süreçlerine katkıda bulunmakla kalmamaktadır, aynı zamanda ağın genel verimliliğini de artırmaktadır.

Buluşun Şekillerinin Açıklaması

10

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

Şekil 1. Sistemin şematik bir görünümü.

15

Şekil 2. Tek bir ışın iletimi için kanal dürtü yanıtının büyüklük-gecikme grafiği.

Şekil 3. Işınlara seçilmesi için mevcut yöntemin bir akış şeması.

Şekil 4a. Şematik bir görünüm olup, geniş ışın seçimi için çok yönlü ve geniş ışınlar olmak üzere iki ışın iletimi ile sistemi göstermektedir.

20

Şekil 4b. Zaman alanında çok yönlü ve geniş bir sinyalin SBB patlama setlerinin grafiksel bir gösterimi.

Şekil 4c. Çok yönlü ve geniş ışınlar için kanal dürtü yanıtının çoklu büyüklük-gecikme grafiği.

Şekil 5. Şematik bir görünüm olup, vericinin dar ışın seçimi için alıcıya geniş ve dar bir sinyal ilettiğini göstermektedir.

25

Şekil 5a. Geniş ve dar ışınlar için kanal dürtü yanıtı.

Şekil 6. Işın seçimi için mevcut yöntemin bir akış şeması.

Şekil 7. Işın arama için mevcut yöntemin bir akış şeması.

Referans Numaraları

30

Buluş konusunun daha iyi anlaşılabilmesi için şekillerde verilen parça ve bileşenlere atıfta bulunulmuştur.

- 101. Verici
- 102. İletim ışını
- 103. Alma ışını
- 104. Alıcı
- 5 201. Çok yönlü bileşenler
- 401. İletim geniş ışını
- 402. Çok yönlü ışın
- 403. Çok yönlü ışın için senkronizasyon sinyal bloğu (SSB) patlama seti
- 404. Geniş ışın için senkronizasyon sinyal bloğu (SSB) patlama seti
- 10 405. Çok yönlü ışının varış zamanı
- 406. Geniş ışının varış zamanı
- 501. Dar ışın
- 502. İletim dar ışını için varış zamanı

15 Buluşun Ayrıntılı Açıklaması

Buluş, MIMO ağlarında yerelleştirme ve iletişim için bir ışın seçim yöntemiyle ilgilidir.

Buluşa yönelik sistem modeli Şekil 1’de açıklanmaktadır. Sistem modeli mmWave kanalı için çoklu girdili çoklu çıktı (MIMO) verici (Tx) (101), iletim ışını (102), alım ışını (103) ve MIMO alıcıdan (Rx) (104) oluşmaktadır. Verici ve alıcının toplam ışın sayısı ve ışın indeksleri sırasıyla (N, M) ve (n, m) ile gösterilmektedir. Bu sistem modelinde, verici (101) ve alıcı (104) arasındaki kablosuz kanal her bir ışın çifti seçimi $(B_{Tx,n}, B_{Rx,m})$ için farklıdır, buradan $n = 1, 2, \dots, N$ ve $m = 1, 2, \dots, M$. Dolayısıyla $(B_{Tx,n}, B_{Rx,m})$ ışın çifti için yol kayıpları ve çok yönlü bileşenler farklıdır. Geleneksel iletişim sistemlerinde ışın seçimi, alınan sinyal gücü göstergesi (RSSI) değerine göre yapılmaktadır. Baz istasyonu, vericideki zaman alanında seri olarak her bir ışıandan bir referans sinyali iletmektedir. Daha sonra alıcı belirli bir süre içinde her bir ışın için sinyal gücünü ölçmektedir. Daha sonra alıcı sinyal gücü ölçüm sonuçlarını vericiye bildirmektedir. Böylece sinyal, en iyi sinyal kalitesini sağlayan ışın çiftinden iletilmektedir.

Bir kablosuz kanalın kanal dürtü yanıtı Şekil 2’de gösterilmektedir. Şekil çözülebilir K çok yönlü bileşeni (201) içermektedir. x ekseni ve y ekseni çözülebilir çok yönlü bileşenlerin (201)

gecikmelerini ve büyüklüklerini temsil etmektedir. Şekilden de görüldüğü üzere, çok yollu bileşenler alıcıya (104) farklı gecikme ve sinyal gücü ile ulaşmaktadır. İletişim için, alıcı (104) kanal eşitlemesi için tüm çok yollu bileşenleri (201) tahmin etmelidir. Öte yandan, kablosuz ağda yerelleştirme için, sinyalin alıcıya (104) varış zamanını tahmin etmek için ilk çok yollu bileşen (τ_1) dikkate alınmaktadır. Ayrıca birinci çok yollu bileşen (τ_1), iletilen sinyalin geçtiği en kısa yolun varış zamanını göstermektedir. Verici (101) ve alıcı (104) arasındaki en kısa yol normalde vericiden alıcıya giden doğrudan yoldur ve bu, varış zamanı ve varış açısı parametreleri dikkate alındığında yerelleştirmede iyi bir doğruluk sağlamaktadır. Bu durumda kanal görüş hattı (LOS) yoluna sahiptir. Ancak bu durum özellikle mmWave kanallar için her zaman geçerli değildir. Dolayısıyla blokajlar nedeniyle, çok yollu bileşenler LOS olmayan (NLOS) yollardan gelmektedir. Bu senaryoda, alıcı (104) doğrudan yoldan bir sinyal almamaktadır ve bu da varış zamanı ve varış açısı parametreleri dikkate alındığında yerelleştirmedeki doğruluğu azaltmaktadır. Alıcı (104) açısal çözünürlüğe sahipse ve çoklu yollar farklı açılardan geliyorsa, çoklu yolların açıları alıcıda tahmin edilebilmektedir.

Buluşun akış şeması Şekil 3'te verilmiştir. İlk olarak, sistem modelinde N iletim ve M alım ışını bulunmaktadır. Her bir ($\mathcal{B}_{Tx,n}, \mathcal{B}_{Rx,m}$) ışın çifti için kanal farklı varış zamanlarına, varış açılarına ve sinyal güçlerine sahiptir; bu parametreler ($\mathcal{B}_{Tx,n}, \mathcal{B}_{Rx,m}$) ışın çifti üzerindeki k 'inci çok yollu bileşen (201) için sırasıyla $\tau_{n,m,k}$, $\theta_{n,m,k}$ ve $P_{n,m,k}$ ile gösterilmektedir. Alıcıda (104), her bir k değeri için, $\tau_{n,m,k}$, $\theta_{n,m,k}$, ve $P_{n,m,k}$ parametreleri elde edilmektedir, burada $k = 1, 2, \dots, K$ (301). Dar ışın oluşturmali mmWave kanalı düz sönmlemeli kanal (tek kademeli kanal) olduğu için ve ilk çok yollu bileşen genellikle en güçlü ve alıcıya ilk kez gelen bileşen olduğu için, k indeksi 1 olarak alınabilmektedir ve $\tau_{n,m}$, $\theta_{n,m}$ ve $P_{n,m}$ olarak bırakılabilmektedir. Eğer alıcı çok yönlü sinyal alıyorsa, bunlar τ_n , θ_n ve P_n olarak da gösterilebilmektedir. Burada bu parametreler sırasıyla ($\mathcal{B}_{Tx,n}, \mathcal{B}_{Rx,m}$) ışın çifti üzerindeki ilk çok yollu bileşenlerin varış zamanını, varış açısını ve sinyal gücünü temsil etmektedir. Alıcıda, meşru çok yollu bileşenleri tespit etmek için bir güç eşik değerine ihtiyaç vardır. Bir çok yollu bileşenin sinyal gücü bu eşik değerinden düşükse, gürültü olarak kabul edilmektedir. Aksi takdirde, alıcıda meşru çok yollu olarak kabul edilmektedir. Daha sonra, alıcı (104) minimum varış zamanını veren ışın çiftini bulmaktadır. Bu aşağıdaki şekilde elde edilebilmektedir

$$(\hat{n}, \hat{m}) = \min_{n,m} (|\tau_R - \tau_{n,m}|)$$

burada τ_R verici ve alıcı arasındaki iletimin başlangıcı için referans süredir. Bu, eş zamanlı bir iletimde uygulanabilmektedir; ancak pratikte eş zamanlı bir iletim sağlamak maliyetli ve karmaşık bir süreçtir.

5

Ancak bu sadece alıcıya gelen ilk yola sahip ışını seçmektedir. Sinyalin gücü varış zamanı kestiriminin doğruluğunu etkilediğinden veya ışın hem yerleştirme hem de iletişim için ortaklaşa hizmet edebileceğinden, ışın çifti seçimi, ilk varış zamanına ve sinyal gücüne birlikte dayalı olarak yapılmalıdır.

10

$$P_{n,m} > P_T \text{ 'ye göre } (\hat{n}, \hat{m}) = \min_{n,m} (\tau_R - \tau_{n,m})$$

burada P_T yerleştirme ve/veya iletişim hizmetlerinin (302) gereksinimlerini karşılamak için gerekli sinyal gücüdür. Örneğin bir ışın çiftinin sinyal gücü P_T gücünden daha küçükse ve minimum varış zamanına sahipse, bir sonraki ışındaki sinyal gücü ikinci minimum varış zamanına sahip olduğu yerde ölçülmektedir. Bu, $P_{n,m} > P_T$ karşılanana kadar devam etmektedir. Dolayısıyla bu, $P_{n,m} > P_T$ gereksinimlerini karşılayanın yanı sıra minimum varış zamanını veren ışın çiftini sağlamaktadır. Daha sonra alıcının (104) tespit edilen ışın indeksini ($\hat{n}$) vericiye (303) bildirmesi gerekmektedir. Son olarak, verici (101) konum belirleme için referans sinyali veya geniş ışın için ayarlanan senkronizasyon sinyal bloğu (SSB) patlama setinde (404) iletişim için veri sinyali göndermektedir.

15

20

25

30

Buluş, ışın çiftini varış zamanına göre seçmektedir. Ancak bu, alıcıda (104) bir referans varış zamanı gerektirmektedir ve ışın arama sistemde yüksek hesaplama karmaşıklığına ve gecikmeye neden olmaktadır. Referans varış zamanı, mükemmel zaman senkronizasyonuna sahip değilse gereklidir. Nitekim bu durum pratikte verici ve alıcının mükemmel olmayan zaman senkronizasyonu nedeniyle saat hatalarına sahip olması durumunda geçerlidir. Bir referans varış zamanı sağlamak ve ışın seçimi için düşük karmaşıklık sağlamak için iki adımlı bir yöntem önerilmiştir. İlk adım Şekil 4'te, ikinci adım Şekil 5'te ve tüm yöntemin akış şeması Şekil 6'da açıklanmıştır. Şekil 4, MIMO verici (101), iletim geniş ışını (401), verici çok yönlü ışın (402), MIMO alıcı (104), çok yönlü ışın (403) için bir SSB patlama seti içinde geniş bir ışın için senkronizasyon sinyal bloğu (SSB), çok yönlü ışın için bir SSB patlama seti

içinde çok yönlü ışın için SSB (403), çok yönlü ışının varış zamanı (405) ve geniş ışının varış zamanını (406) içermektedir. Şekil 5, MIMO vericisi (101), seçilen geniş ışın (501) içindeki dar ışının iletimi, iletim geniş ışını (401), alım ışını (103), MIMO alıcısı (104), geniş ışının varış zamanı (406) ve seçilen geniş ışın içindeki dar ışının iletimi için varış zamanını (502) içermektedir.

İlk adımda, verici (104) aynı zaman kaynakları üzerinden eş zamanlı olarak (601) geniş ışın (401) ve çok yönlü ışın (402) üretmektedir; çok yönlü ışın (402) her zaman geniş ışıandan (401) daha geniştir ve alıcı sinyalleri çok yönlü olarak almaktadır. Ortogonal kaynak tahsisi (yani ortogonal kod veya ortogonal frekans tahsisi) kullanılması nedeniyle alıcının bu iki ışını ayırabileceği varsayılmaktadır. Zaman alanında iki eş zamanlı ışın iletimi için vericide (101) en az iki radyo frekansı (RF) zincirine ihtiyaç vardır. Çok yönlü iletim, alıcıya (104) ulaşmak için tüm olası yollardan geçmektedir; dolayısıyla minimum ilk varış zamanı, çok yönlü ışıandan τ_o olarak elde edilmektedir. Çok yönlü ışın için yeterli güç kullanılırsa, geniş ve dar ışınların ilk varış zamanı τ_o 'dan daha küçük olamamaktadır. Çünkü çok yönlü ışın, güvenilir bir iletim için her zaman çok yönlü ışıandan daha dar olan dar ışına kıyasla daha fazla güç gerektirmektedir. Bu varsayımla, τ_o gecikme değeri, geniş ışınların alıcıya ilk varış zamanını değerlendirmek için referans gecikme olarak kullanılmaktadır. Geniş ışınların (401) ilk varış zamanı τ_{n_w} ile gösterilmektedir; burada $n_w = 1, 2, \dots, N_w$ ve N_w iletim geniş ışınlarının (401) toplam sayısıdır. Bir SSB patlama seti içindeki çok yönlü ışın (403) için SSB sinyalleri Şekil 4'te görüldüğü gibi zaman alanında seri olarak iletilmektedir. Geniş ışın (404) için SSB patlama seti, zaman alanında bir SSB patlama seti içindeki çok yönlü ışın (403) için SSB sinyalleri ile üst üste bindirilerek iletilmektedir. Dolayısıyla her bir geniş ışının n_w SSB zaman aralığı için çok yönlü ışının varış zamanı (405) ve geniş ışının n_w varış zamanı (406) tahmin edilmektedir. Daha sonra, geniş ışın seçimi alıcıda aşağıdaki şekilde yapılmaktadır

$$(R_{n_w}) = \min_{n_w} (\tau_o - \tau_{n_w})$$

Bir ışın için gerekli bir sinyal gücü varsa, geniş ışın seçimi aşağıdaki şekilde yapılabilir

$$R_{n_w} > R_T \text{ ye göre } (R_{n_w}) = \min_{n_w} (\tau_o - \tau_{n_w})$$

burada R_{n_w} alıcıda n_w -inci geniş ışın (602) üzerinde ölçülen sinyal gücüdür. Daha sonra alıcı (104) seçilen geniş ışın $\hat{n}_w$ indeksini vericiye (101) bildirmektedir.

- 5 İkinci adımda, verici (101) geniş ışını $\hat{n}_w$ (401) ve dar ışını n_n (501) eş zamanlı olarak üretmektedir; burada $n_n = 1, 2, \dots, N_n$ ve N_n bir iletim geniş ışını (603) içindeki iletim dar ışınlarının toplam sayısıdır. İlk adımda olduğu gibi, bir SSB patlama seti içindeki dar ışınlar (501) için SSB sinyalleri zaman içinde seri olarak iletilmektedir ve geniş ışın $\hat{n}_w$ (401) için SSB sinyali zaman alanında bir SSB patlama seti içindeki dar ışınların (501) SSB
- 10 sinyalleriyle üst üste bindirilerek iletilmektedir. Burada alıcı (104) da iletilen sinyali almak için M alım dar ışını (103) üretmektedir. Bu durumda geniş ışının $\hat{n}_w$ sinyali $\tau_{\hat{n}_w}$ ilk varış (406) gecikmesi ile çok yönlü alım ışını tarafından alınmaktadır. Öte yandan, ilk varışlar (502) $\tau_{n_n, m}$ ile gösterilmektedir; burada $(S_{Tx, n_n}, S_{Rx, m})$ ışın çifti alıcıda (104) farklı ilk varışlara (502) sahiptir. Alıcıda ışın çifti seçimi aşağıdaki şekilde yapılmaktadır

15

$$(\hat{n}_n, m) = \arg \min_{n_n, m} (\tau_{\hat{n}_w} - \tau_{n_n, m})$$

Bir ışın için gerekli bir sinyal gücü varsa, ışın çifti seçimi aşağıdaki şekilde yapılabilir

20

$$R_{n_n, m} > R_f \text{ 'ye göre } (\hat{n}_n, m) = \arg \min_{n_n, m} (\tau_{\hat{n}_w} - \tau_{n_n, m})$$

burada $R_{n_n, m}$ ışın çifti için alıcıda ölçülen sinyal gücüdür $(S_{Tx, n_n}, S_{Rx, m})$. Daha sonra alıcı (104) seçilen dar ışın $\hat{n}_n$ indeksini vericiye (101) bildirmektedir.

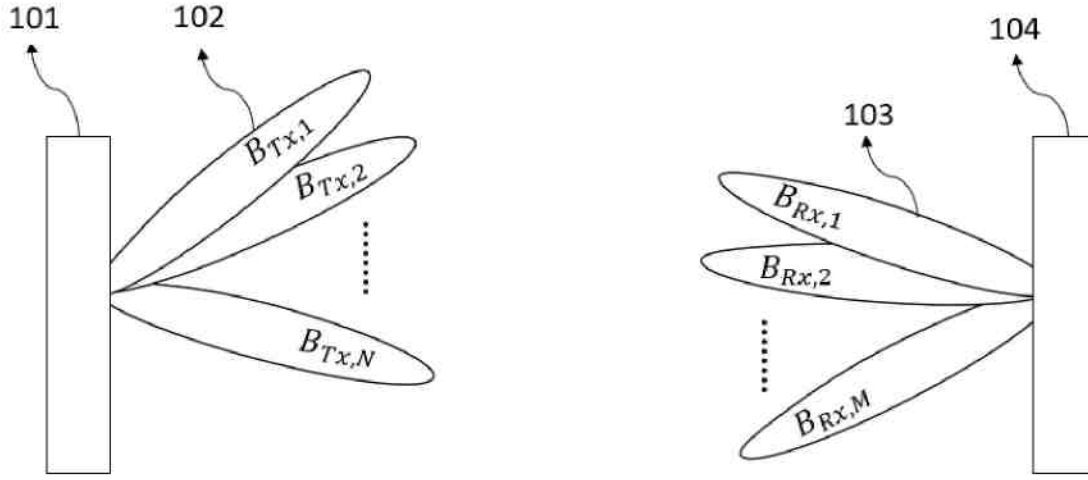
- 25 Buluş, sinyal gücü gereksinimi ile birlikte ışınların ilk varış zamanlarını kullanarak bir ışın seçim mekanizması sağlamaktadır. Işınlar seçildikten sonra, alınan sinyale (605) iletişim ve yerleştirme için geleneksel prosedürler uygulanmaktadır. Burada buluş, geniş ve dar ışınların varış zamanlarının farkını kullanarak iletişim için düşük karmaşıklıkla yerleştirme parametrelerinin doğruluğunu ve hızlı ışın seçimini artırmaktadır. Geleneksel ışın eğitimi
- 30 yöntemlerinde her bir ışın aranmaktadır ve en iyi RSSI değerine sahip ışın seçilmektedir. Dolayısıyla bu bir gecikme yaratmaktadır ve yüksek hesaplama karmaşıklığına neden olmaktadır. Buluş ile iletişim için ışın seçimi daha hızlı ve az karmaşık bir şekilde

yapılabilmektedir. Bunun için Şekil 7’de yöntem verilmiştir. İlk olarak, verici (101) Şekil 5’teki gibi eş zamanlı olarak geniş ve dar bir ışın göndermektedir. Alıcı (104) geniş ve dar ışınlar için sırasıyla $t_{n,w}$ ve $t_{n,n}$ ’nin ilk varış zamanlarını bulmaktadır. Burada geniş ışın iletimi çok yönlü veya sektörlü bir iletim olabilmektedir ve geniş iletim ışını n_w bu yöntemden önce belirlenmektedir. Ayrıca ilk çoklu yol genellikle verici (101) ve alıcı (104) arasındaki en güçlü yoldur. Bu özellikle LOS kanallar için doğrudur. Dolayısıyla alıcı (104) ilk varış zamanlarının farkının mutlak değerini $|t_{n,w} - t_{n,n}|$ (702) olarak elde etmektedir. $|t_{n,w} - t_{n,n}|$ ’yi değerlendirmek için t_{thr} gibi pozitif bir eşik değeri olduğunu varsayalım. $|t_{n,w} - t_{n,n}| \geq t_{thr}$ ise, iletim dar ışın ($B_{T_{X,N}}$) aramaya devam etmektedir. Alıcı (104) bu sonucu geri bildirebilmektedir ve verici (101) bu sonuca göre ışın eğitimi için ışın indeksini seçmektedir. Geleneksel olarak, verici iletim ışınlarını $B_{T_{X,1}}, B_{T_{X,2}}, \dots, B_{T_{X,N}}$ şeklinde bir sırayla göndermektedir. Ancak $|t_{n,w} - t_{n,n}|$ vericide biliniyorsa, iletim ışını indeksi daha iyi bir şekilde sıralanabilmektedir. Örneğin $B_{T_{X,N}}$ ışını iletiliyorsa ve $|t_{n,w} - t_{n,n}|$ büyükse, iletim ışını indeksini $B_{T_{X,N}+1}$ yerine $B_{T_{X,N}-n}$ olarak seçmektedir. Ancak $|t_{n,w} - t_{n,n}|$ için geri besleme sinyali yoksa, verici (104) iletim ışınlarını $B_{T_{X,1}}, B_{T_{X,\frac{N}{2}+1}}, B_{T_{X,2}}, B_{T_{X,\frac{N}{2}+2}}, \dots, B_{T_{X,\frac{N}{2}}}, B_{T_{X,N}}$ olarak aralıklı bir sırada göndermektedir. Bu örnekler, $|t_{n,w} - t_{n,n}|$ ’nin ışın indeksi seçimi için ışın sıralamasında nasıl kullanılabileceğini göstermektedir. Bu mutlak fark kullanılarak farklı bir ışın sıralama yöntemi geliştirilebilmektedir. Eğer $|t_{n,w} - t_{n,n}| < t_{thr}$, iletim dar ışını ($B_{T_{X,N}}$) araması alıcıda (704) sonlandırılmaktadır. Daha sonra alıcı $B_{T_{X,N}}$ iletim ışını bildirirken $|t_{n,w} - t_{n,n}| < t_{thr}$. Dolayısıyla tüm iletim dar ışınları aranmamaktadır ve eğer bir ışın $|t_{n,w} - t_{n,n}| < t_{thr}$ denklemini sağlıyorsa, ışın eğitimi için ışın araması sonlandırılmaktadır. Bu şekilde, iletişim için hızlı bir ışın seçimi elde edilmektedir. Buluştaki alıcı, özellikle LOS kanalı için ışın aramasının ne zaman sonlandırılması gerektiğini bilebilmektedir.

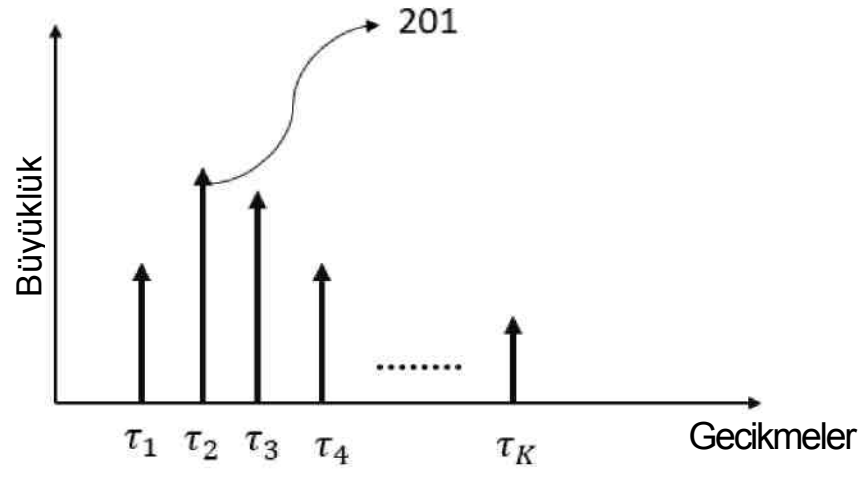
Bu yöntem kablosuz algılama için kullanılabilmektedir ve MIMO teknolojisine sahip iletişim ağları, mevcut ışın arama yaklaşımlarına kıyasla düşük sinyalleşme ek yükü ile daha iyi ışın arama, ışın hizalama ve daha yüksek yerelleştirme doğruluğu sağlamak için mevcut buluştan yararlanabilmektedir. Bununla birlikte, 3GPP tabanlı hücreli ve IEEE 802.11 tabanlı Wi-Fi ağları gibi standartlar veya herhangi bir kablosuz ağ buluşla özellikle ilgilidir. Ayrıca mevcut buluşta açıklanan yöntem, örneğin yukarıda belirtilen standartlardan herhangi birini destekleyebilen herhangi bir cihaz, sistem veya ağ üzerinde uygulanabilmektedir. Uzun Vadeli Evrim (LTE), LTE-advanced, AMPS, 5G Yeni Radyo (NR) veya bir kablosuz ağ içinde iletişim kurmak ve algılamak için kullanılan diğer bilinen sinyaller.

REFERANSLAR

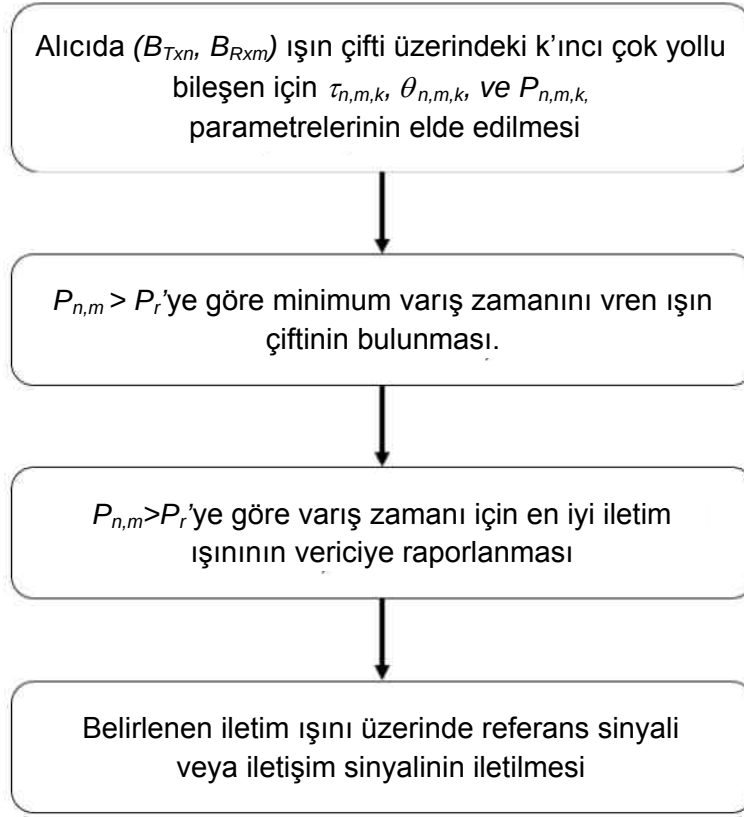
- [1] Understanding 5G Beam Management, white paper, 2021, MathWorks.
- 5 [2] Giordani, M., Polese, M., Roy, A., Castor, D. ve Zorzi, M., 2018. A tutorial on beam management for 3GPP NR at mmWave frequencies. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 21(1), s.173-196.
- [3] 3GPP, Beam Failure Detection and Beam Recovery Actions, document Tdoc RAN1#88-Bis, R1-1705893, Ericsson, Spokane, WA, USA, Nis. 2017.
- 10 [4] NR and NG-RAN Overall Description—Release 15, 3GPP Standard TS 38.300, 2018.
- [5] Zhang vd., “Beamforming sweeping and training in a flexible frame structure for new radio,” Tem. 25, 2019, ABD Patenti 0229789A1.
- [6] Wu, W., Cheng, N., Zhang, N., Yang, P., Zhuang, W. ve Shen, X., 2019. Fast mmwave beam alignment via correlated bandit learning. *IEEE Transactions on Wireless*
- 15 *Communications*, 18(12), s.5894-5908.
- [7] Abari, O., Hassanieh, H., Rodriguez, M. ve Katabi, D., 2016, Kasım. Millimeter wave communications: From point-to-point links to agile network connections. In *Proceedings of the 15th ACM Workshop on Hot Topics in Networks* (s. 169-175).
- [8] Myers, N.J., Mezghani, A. ve Heath, R.W., 2019. FALP: Fast beam alignment in
- 20 mmWave systems with low-resolution phase shifters. *IEEE Transactions on Communications*, 67(12), s.8739-8753.
- [9] Maschietti, F., Gesbert, D., de Kerret, P. ve Wymeersch, H., 2017, Aralık. Robust location-aided beam alignment in millimeter wave massive MIMO. In *GLOBECOM 2017-2017 IEEE global communications conference* (s. 1-6). IEEE.
- 25 [10] Xi vd., “Group-based beam management,” Eyl. 8, 2022, ABD Patenti 0286192A1.
- [11] Enhanced Throughput for Operation in License-exempt Bands Above 45 GHz, IEEE P802.11ay/D1.0, Kas. 2017.
- [12] Kasher, A. vd., “First path BF text,” IEEE 802.11-17/1436r1, 2017.



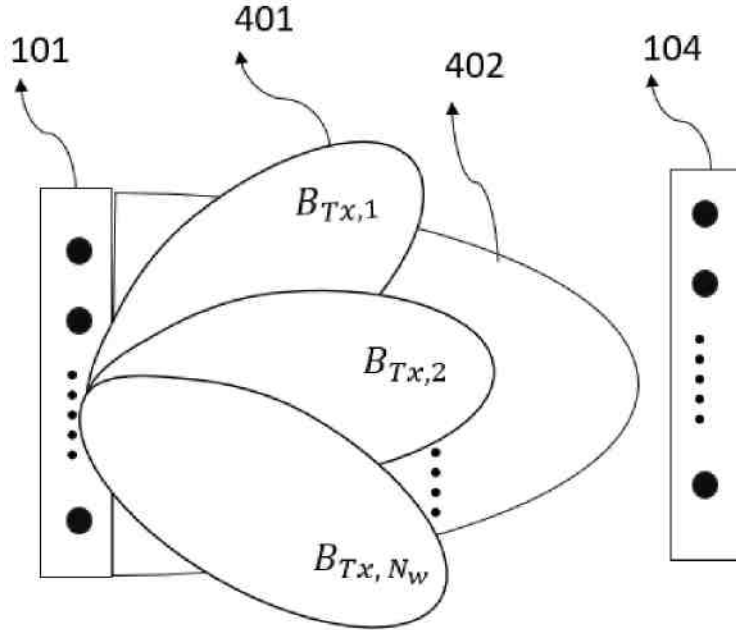
ŞEKİL 1



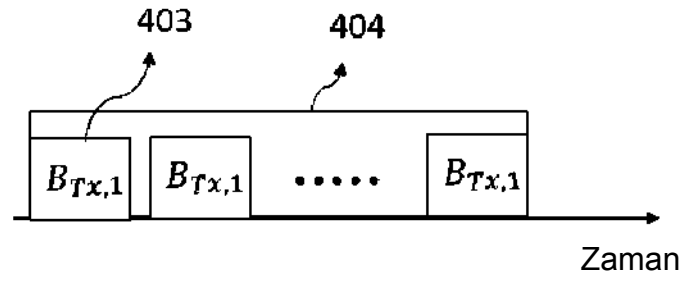
ŞEKİL 2



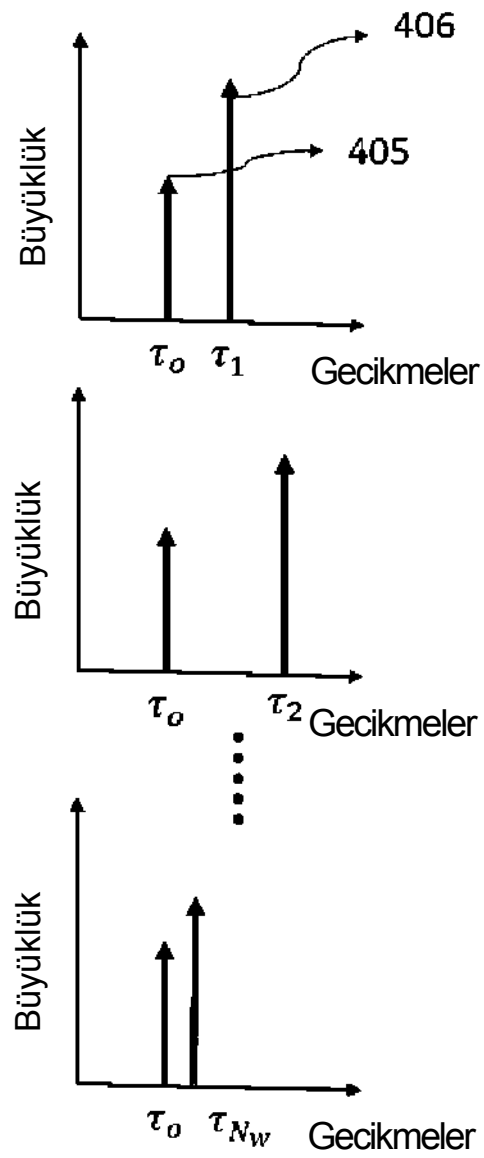
ŞEKİL 3



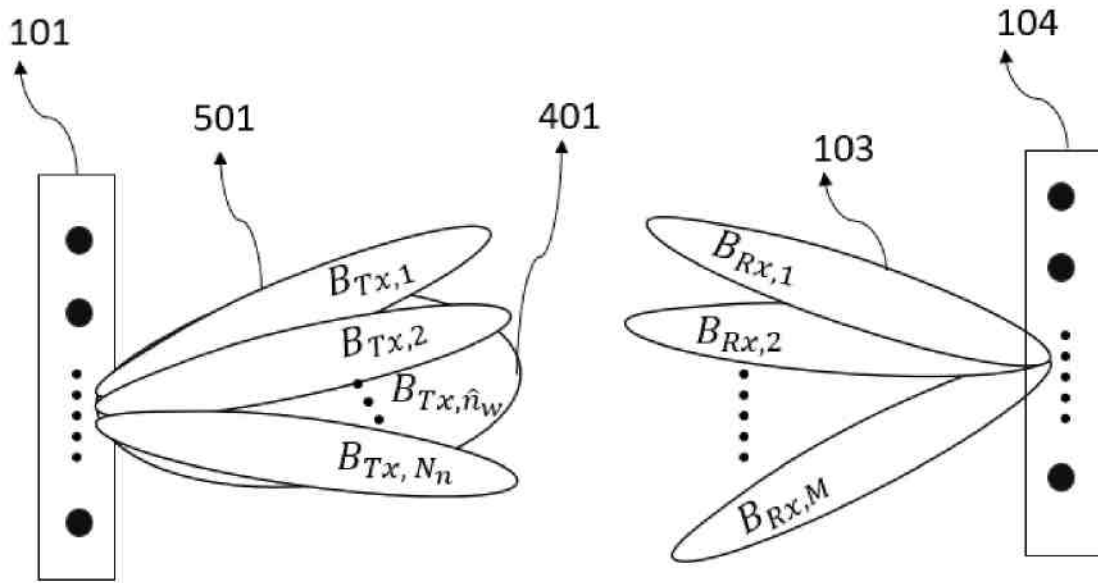
ŞEKİL 4a



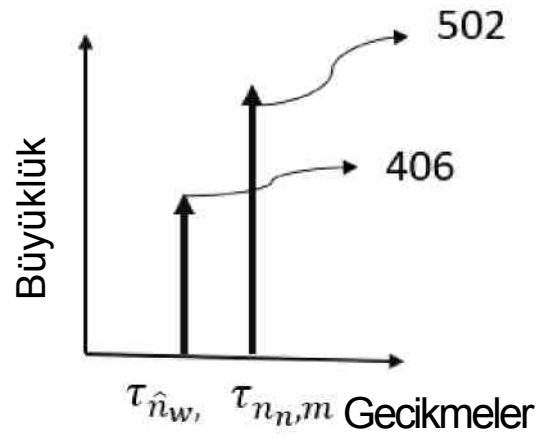
ŞEKİL 4b



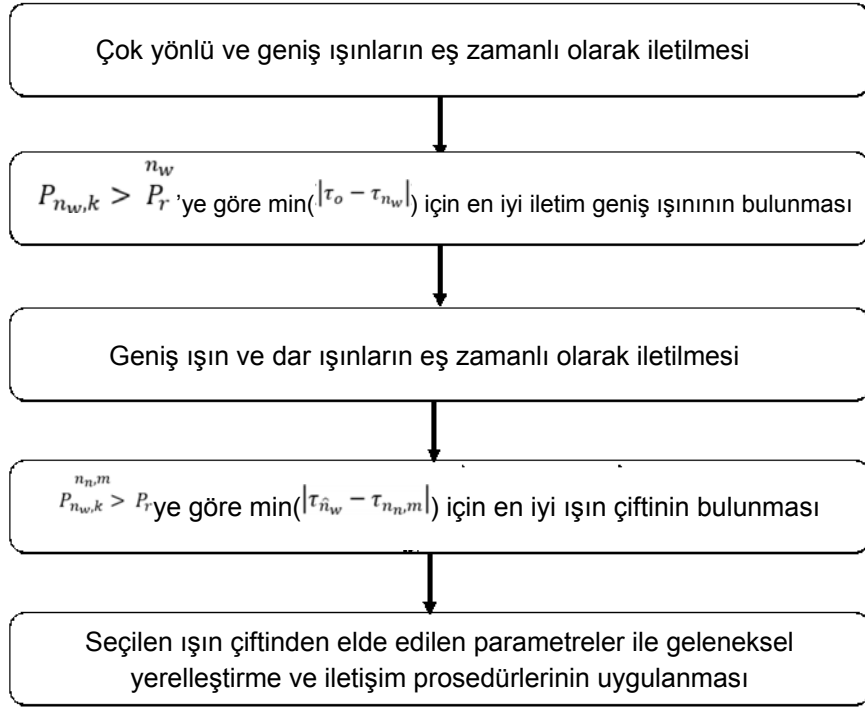
ŞEKİL 4c



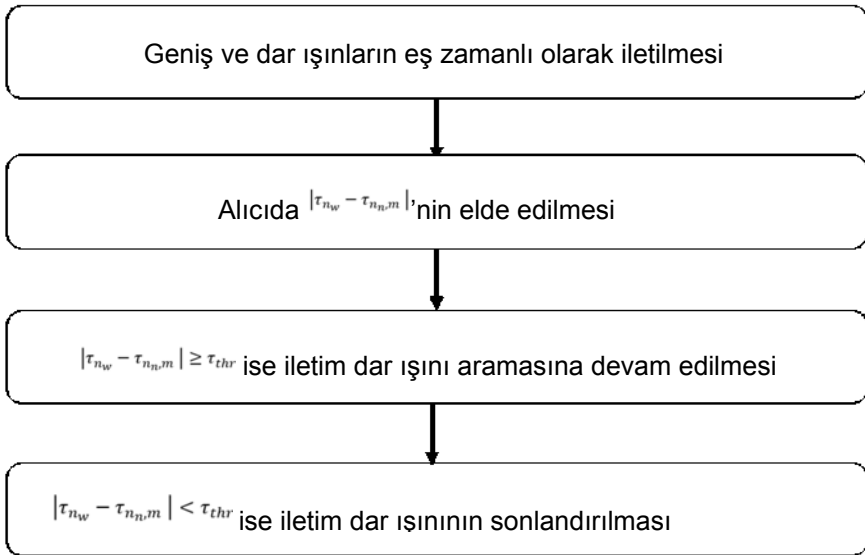
ŞEKİL 5



ŞEKİL 5a



ŞEKİL 6



ŞEKİL 7

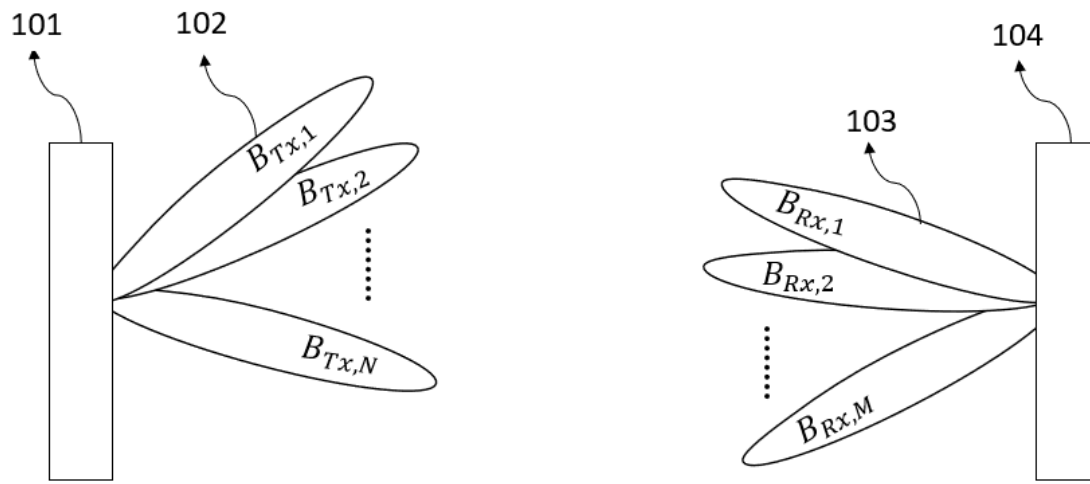


Figure 1

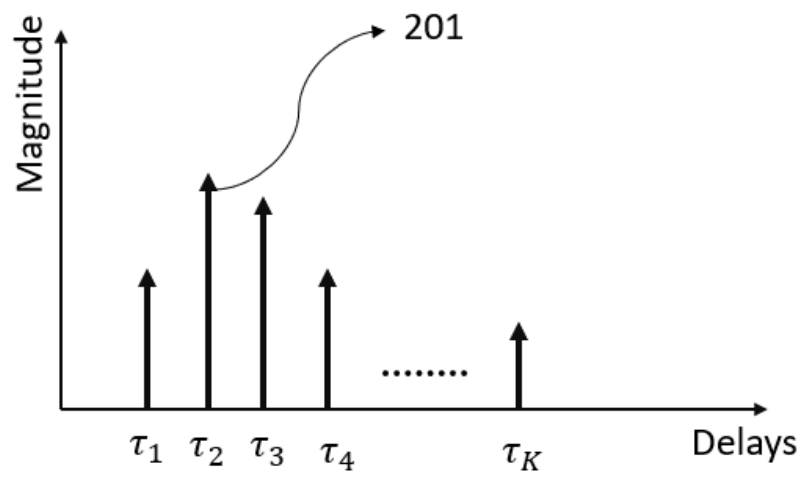


Figure 2

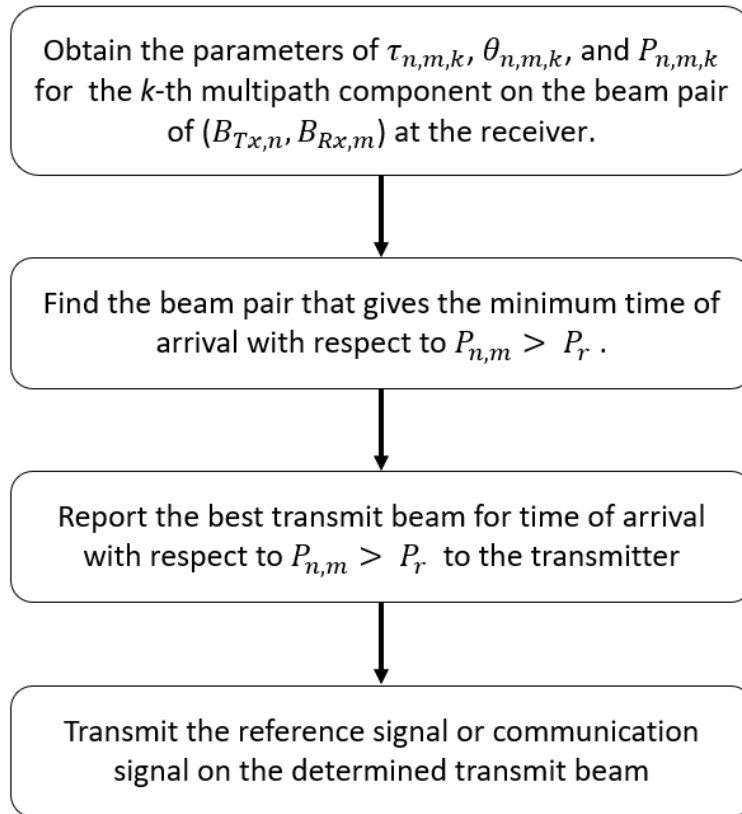


Figure 3

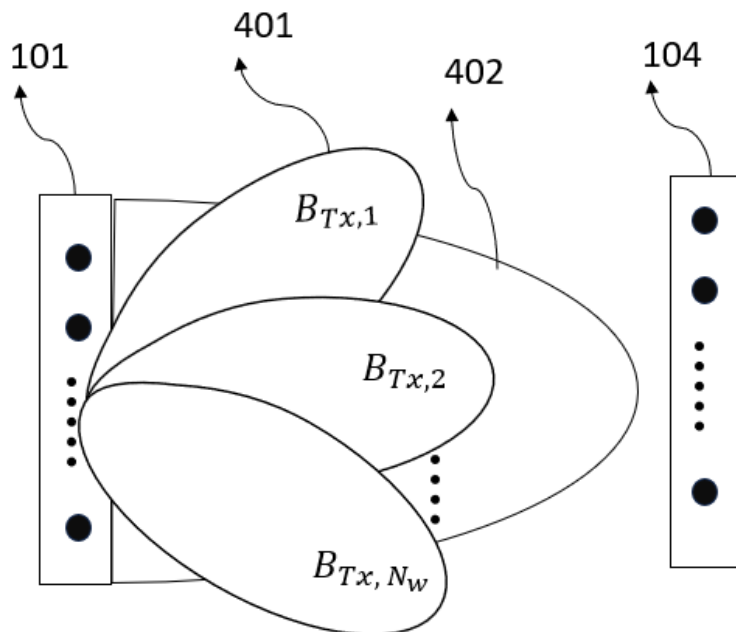


Figure 4a

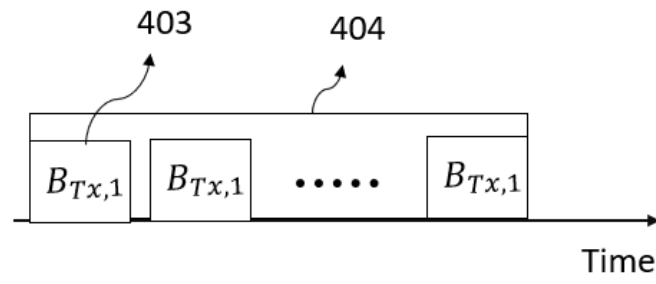


Figure 4b

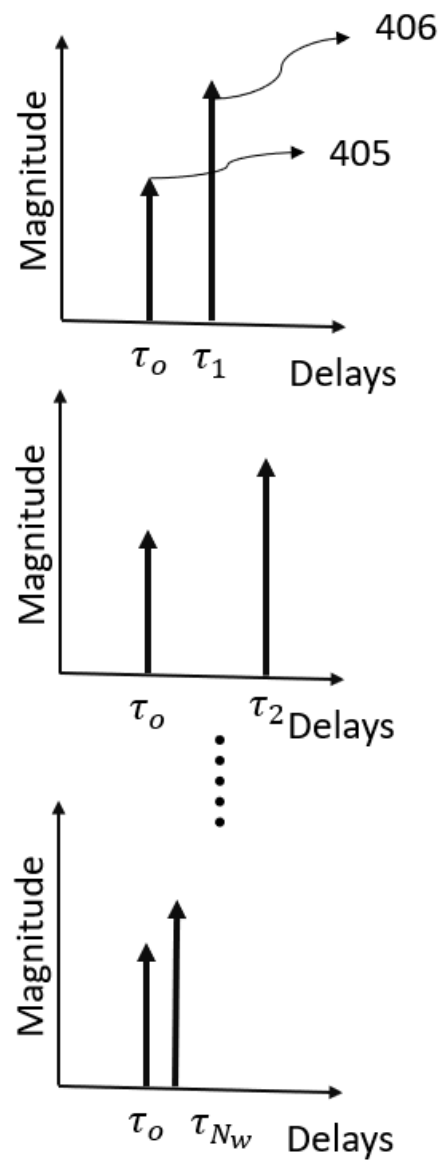


Figure 4c

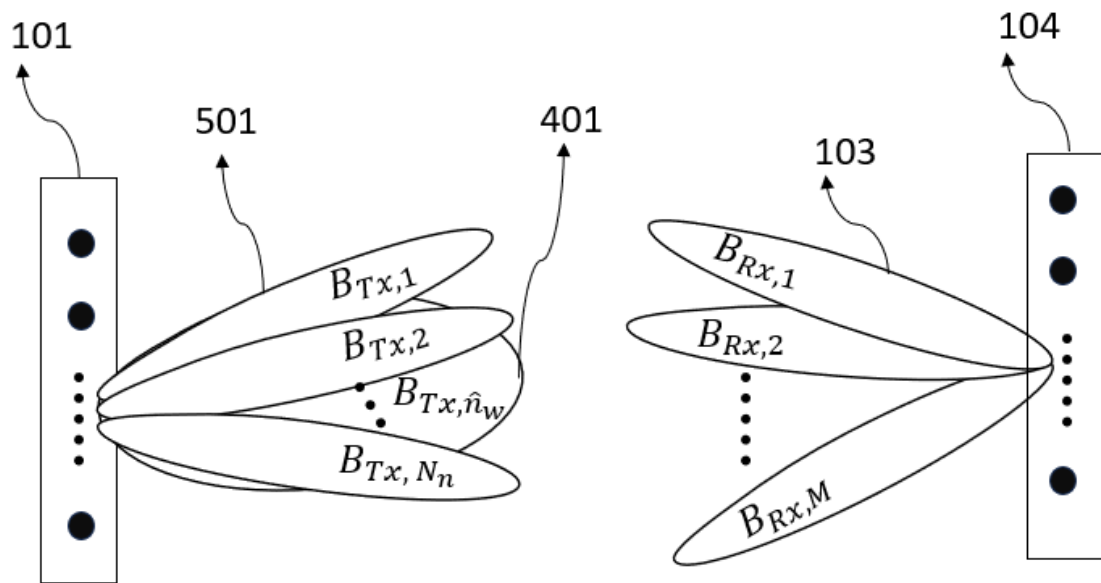


Figure 5

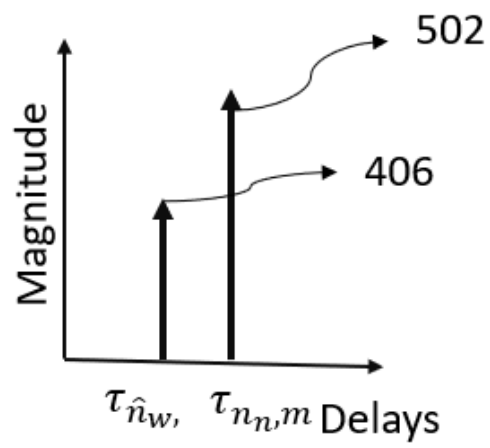


Figure 5a

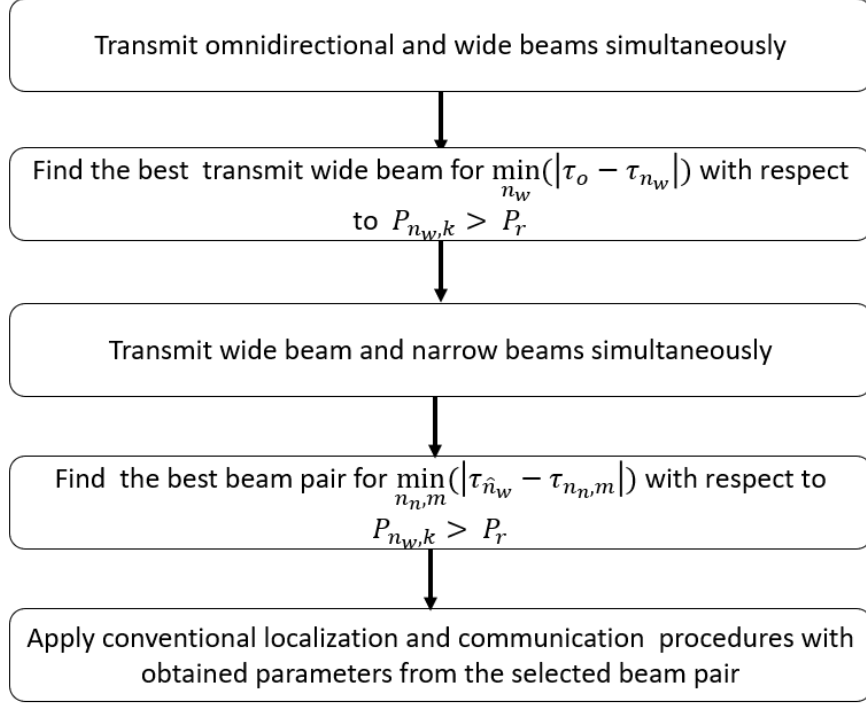


Figure 6

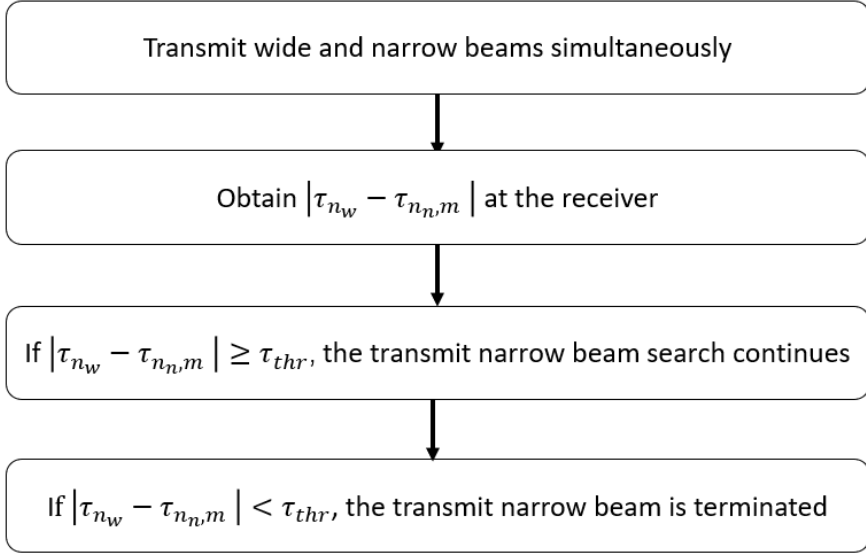


Figure 7