

TARİFNAME

GEÇİKME TABANLI DALGA FORMLARINDA ÇOKLU ERİŞİME YÖNELİK BİR YÖNTEM

5

TEKNİK ALAN

10 Buluş, çok kullanıcı (MU) alt sistemden ana sisteme doğru bağlantı (UL) iletiminde kalan zamanlama uyumsuzluğunu hesaba katan gecikme bölmeli çoklu erişim (DDMA) tabanlı sistemlere yönelik bir yeniden zamanlama mekanizmasına yönelik bir yöntemle ilgilidir.

ÖNCEKİ TEKNİK

15 Pratik UL iletim sistemlerinde, birden fazla kullanıcı ekipmanından (UE) gelen sinyaller, değişen yayılım gecikmeleri nedeniyle baz istasyonuna aynı anda ulaşmamaktadır. Varış sürelerindeki bu farklılık, baz istasyonundaki etkin kanal ile her bir UE için gerçek kanal arasında bir uyumsuzluğa neden olmaktadır ve yüksek girişim düzeylerine yol açabilmektedir. Modern 4G ve 5G sistemlerinde, farklı UE'lerden gelen sinyalleri bir döngüsel önek (CP) süresi içinde ulaşacak şekilde hizalamak için bir Zaman İlerletme (TA) komutu 20 kullanılmaktadır, çünkü tam olarak aynı anda ulaşmaları garanti edilememektedir. Şekil 3, kullanılan ve gerçek değerler arasındaki farkın bir CP süresini aşmaması gibi olası TA değerlerine dayalı olarak hücrenin nasıl nicelleştirildiğini göstermektedir. Şekil 4, CP süresinden daha az bir artık zaman uyumsuzluğu (TM) ile gelen iki OFDM sinyalini göstermektedir. Bu nedenle, bir doğrusal faz kaymasına çevrilmektedir ve frekans alanındaki 25 etkin kanal ile telafi edilmektedir. Ancak, dikey zaman frekans alanı (OTFS) modülasyonu kullananlar gibi DDMA tabanlı sistemlerde bu durum, her UE için gecikme alanı kanalı boyunca ele alınması gereken ek bir kayma olarak ortaya çıkmaktadır.

30 Bu sorunu ele almak için, çoğu çalışma [1]'de olduğu gibi hem kanalın maksimum gecikme yayılımı (MDS) hem de TM için ek bir koruma hesabı kullanmıştır. Ancak bu çözüm SE'de (spektral verimlilik) büyük bir düşüşe neden olmaktadır, çünkü TM, MDS'ye kıyasla çok büyük olabilmektedir ve bu nedenle korumanın çoğu aslında UE'nin kanalına özgü değildir. Diğer çözümler, [2-5] gibi alternatif MA alanlarını araştırmıştır. [2]'de UE'ler uzay alanında çoğullanmış ve varış/kalkış açısı kullanıcılar arasında ayrımı sağlamak için başka bir

serbestlik derecesi olarak kullanılmıştır. [3], [4] dâhil olmak üzere diğer çalışmalar, OTFS kullanıcılarının TF kaynaklarının dikey kısımlarını işgal ettiği zaman-frekans (TF) alanındaki OTFS-MA şemalarını araştırmıştır. [5]'teki yazarlar, TF alanında kullanıcıları serpiştirmenin bit-hata oranı (BER) ve tepe-ortalama-güç oranı (PAPR) açısından avantajını göstermişlerdir.

5 Benzer şekilde, [6] algılama performansını iyileştirmek için kullanıcıları serpiştirmenin geliştirilmiş bir yolunu ele almıştır. Ancak bu teknikler, DDMA tekniklerine kıyasla yüksek karmaşıklıkta algoritmalar ve artan ek yük maliyetiyle beraber karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle, sorun alternatif MA şemaları kullanılarak önlenememektedir, bunun yerine Gecikme alanında çözülmesi gerekmektedir.

Referanslar:

[1] US11894967B2, Hadani ve ark.

[2] G. Surabhi, R. Augustine, ve A. Chockalingam, “Multiple access in the delay-doppler domain using OTFS modulation. inf theory. 2019; 1902.03415: 1–9. doi: 10.48550,” arXiv, 1902.

[3] M. Li, S. Zhang, F. Gao, P. Fan, ve O. A. Dobre, “A new path division multiple access for the massive MIMO-OTFS networks,” IEEE journal on selected areas in communications, cilt 39, no. 4, ss. 903–918, 2020.

[4] V. Khammammetti ve S. K. Mohammed, “OTFS-based multiple-access in high doppler and delay spread wireless channels,” IEEE Wireless Commun. Lett, cilt 8, no. 2, ss. 528–531, 2018.

[5] R. M. Augustine and A. Chockalingam, “Interleaved time-frequency multiple access using OTFS modulation,” 2019 IEEE 90th vehicular technology conference (VTC2019-Fall). IEEE, 2019, ss. 1–5.

[6] A. Correas-Serrano, N. Petrov, M. Gonzalez-Huici, and A. Yarovoy, “MIMO OTFS with arbitrary time-frequency allocation for joint radar and communications,” IEEE Transactions on Radar Systems, 2023.

Buluş, yukarıda belirtilen tekniğin bilinen durumundaki teknik sorunlara teknik çözümler sunmaktadır.

BULUŞUN KISA AÇIKLAMASI

Buluşun amacı, baz istasyonunda (BS) alınan sinyallerin kaynakları mümkün olan en iyi şekilde kullanması, spektral verimliliği (SE) en üst düzeye çıkarması ve TA komutları için doğru yayılma gecikmesi raporlama ihtiyacını ortadan kaldırması için her UE'de bir yeniden planlama mekanizmasına yönelik bir yöntem sunmaktır.

- 5 Buluş, dalga biçiminin ağda uygulanmasına yönelik önemli bir adım olan çok kullanıcı bir sistemde değişen alım süreleri sorununa yönelik olarak tasarlanmıştır.

10 Bu uygulamada ele alınan sorun, çok kullanıcı (MU) bir sistemde UL zaman uyumsuzluğu (TM) varlığında spektral verimliliği (SE) en üst düzeye çıkarırken çok kullanıcı paraziti (MUI) azaltmakla ilgilidir. Önerilen yöntem minimum koruma kullanabilmekte ve mümkün olan en yüksek SE'ye ulaşabilmektedir ve MUI sorunlarından kaçınabilmektedir.

Buluş aşağıdaki noktalarda benzersiz avantajlar sağlamaktadır:

- 15 1- Karmaşık tahsis ve eşitleme şemaları gerektirmediği için son derece düşük karmaşıktır.
- 2- TM'ye dayalı olarak tahsis edilen korumalarda ek yük ve değişiklik gerektirmemektedir.
- 3- Yalnızca iletimden önce UE tarafında bir yeniden zamanlama adımı içermektedir.
- 20 4- Bu adım, zaman alanına dönüşüm ve iletimden önce dairesel bir kaydırma matrisi ile çarpmayı içermektedir.
- 5- Gerisi geleneksel sistemlerde olduğu gibi yapılmaktadır ve bu nedenle standartlarla çok uyumludur.

25 **Şekillerin Açıklaması**

Şekil 1. Buluşun bir yapılandırmasında kaynakların her bir UE tarafından işgal edildiği iki OTFS UE için bir DDMA örneğini göstermektedir.

Şekil 2. Söz konusu yöntemin uygulanması için bir örnek gösteren bir akış şemasıdır.

30 **Şekil 3.** Farklı konumlardaki UE'lerin en yakın nicelendirilmiş mesafeye dayalı olarak nasıl farklı değerlerle TA gerçekleştirdiğini göstermektedir.

Şekil 4. Bir CP süresi içinde gelen iki OFDM sinyalinin frekans alanı kanalında ek bir faza sahip olduğunu göstermektedir. Aşağıda verilen formül, zaman uyumsuzluğunun m örnekle frekans alanı sinyali $S[k]$ üzerindeki etkisini göstermektedir, burada etki doğrusal faz

kayması $e^{-j2\pi km/N}$ ile temsil edilmektedir.

BULUŞUN AYRINTILI AÇIKLAMASI

5 Buluşun yöntemi, 5G ve 6G aday dalga biçimlerine dayalı çok kullanıcıli alt sistemden ana sisteme doğru bağlantı (MU UL) sistemlerini kolaylaştırmak için tasarlanmıştır. OFDM'nin sınırlamalarının üstesinden gelmek için hazırlanan bu dalga biçimleri önemli başarılar elde etmiştir. Ancak, geleceğin kablosuz teknolojilerine zemin hazırlamak için MU iletişimini mümkün kılmak ve bununla ilgili zorlukları çözmek çok önemlidir. Bu buluş, bu dalga
10 biçimlerini gelecekteki ağların temeli olarak benimsemenin mümkün olmayacağı çok önemli bir sorunu ele almaktadır.

Bu yöntemde, bir grup UE'ye kanalın maksimum gecikme yayılımına (MDS) ve farklı kullanıcıların genel yayılma gecikmesine dayalı olarak gecikme boyunca kaynak tahsis
15 edilmektedir. Her bir UE'de, baz istasyonunda (BS) alınan sinyallerin kaynakları mümkün olan en iyi şekilde kullanması, spektral verimliliği (SE) en üst düzeye çıkarması ve doğru yayılma gecikmesi ölçümü ihtiyacını ortadan kaldırması için bir yeniden planlama mekanizması gerçekleştirilmektedir. Bu şekilde, gecikme alanındaki koruma yalnızca her kullanıcının gerçek kanalını göz önünde bulundurmaktadır ve böylece spektral verimliliği en
20 üst düzeye çıkarmaktadır.

Buluş, DDMA için kullanıcıların farklı yayılma gecikmelerini dikkate alan bir teknik içermektedir. Aynı TF kaynaklarını işgal eden bir grup kullanıcı gecikme alanında programlanmaktadır. Başka bir alan boyunca çizelgeleme engellenmemektedir. Bu buluşta,
25 diğer etki alanı boyunca aynı kaynakları işgal eden ancak gecikme boyunca dikey kaynakları işgal eden UE'leri düşünmekteyiz. MU-parazitini (MUI) en aza indirmek için bir koruma kullanılmalıdır. Bu korumayı tahsis etmek için BS'de yayılma gecikmesini içeren kanal tahmini gerçekleştirilmektedir. Gecikme kaynakları bu tahminlere göre atanmaktadır. Çizelgeleme, iletim için gereken minimum korumayı kullanarak spektral verimliliği en üst
30 düzeye çıkaracak şekilde gerçekleştirilmektedir. Buluşa ait söz konusu yöntem aşağıdaki adımları içermektedir:

- UE'ler, yayılma gecikmesinin her kullanıcı için BS tarafından elde edildiği RACH'ı (rastgele erişim) gerçekleştirmektedir,

- Kanal tahmini, her kullanıcı için maksimum gecikme yayılımının (MDS) ve yayılma gecikmesinin tahmin edildiği çoğullama alanında gerçekleştirilmektedir, burada alanlardan biri M sayıda bölmeye sahip gecikme alanıdır, k-inci UE'nin MDS'sinin d_k olduğu varsayılmaktadır,
- 5 - Kaynak tahsisi:
 - o K UE'ler gecikme alanı boyunca çizelgelenmektedir, ve OTFS için doppler alanı gibi diğer alanda aynı kaynakları kapsamaktadırlar,
 - o k'inci UE, $R_k = n$, $n \in [T_k, T'_k]$ ile verilen bir RE kümesini kapsamaktadır, burada T_k ve T'_k sırasıyla k'inci UE tarafından işgal edilen ilk ve son gecikme indisleridir,
 - o Genellik kaybı olmaksızın, $T_{k+1} = [T_k + 1 + g_k]_M$ olduğu varsayıldığında, burada $g_k, g_k \geq d_k$ kanalının MDS'siyle mücadele etmek için seçilen gecikme korumasıdır, Şekil 1, OTFS kullanan iki UE'nin kaynak tahsisi için bir örnek göstermektedir. Her bir UE için MDS ile mücadele etmek üzere g_1 ve g_2 korumaları seçilmiştir,
- 10
- 15
- Tahsis bilgilerine ek olarak, Zaman İlerletme (TA) komutları UE'lere gönderilmektedir, böylelikle her kullanıcıdan gelen sinyal aynı cp uzunluğu içinde ulaşmaktadır,
- 20
- UE'de tahsis yapıldıktan sonra, k-inci UE'nin çokluma alanındaki sinyalin vektörleştirilmiş versiyonu x_k olsun, UE artık TM λ_k 'yı (k-inci UE için kalan zamanlama hatası λ_k olarak gösterilmektedir) daha doğru bir yerleştirme mekanizması aracılığıyla elde etmektedir. (Burada geleneksel yöntemler yeterlidir (örneğin AI/ML Yerelleştirme veya GNSS mekanizmalarının kullanılması)),
- 25
- Sinyali zaman alanına dönüştürmeden ve bir TA işlemi gerçekleştirmeden önce, UE kaynaklarını gecikme alanında λ_k kullanarak $x'_k = (I_N \otimes \Pi^{(-\lambda_k)}) x_k$ şeklinde yeniden planlamaktadır, burada Π , sütunları dairesel olarak 1 aşağı kaydırılmış $M \times M$ boyutunda kimlik matrisi olarak tanımlanmaktadır. I_N , $N \times N$ boyutunun kimlik matrisidir,
- 30
- Bir TA işlemi gerçekleştirilmesi ve sinyalin UE'ler tarafından bs'ye iletilmesi,
- Her bir UE için bs'de veri çıkarma, geleneksel sistemlerde olduğu gibi gerçekleştirilmektedir.

Yeniden planlama adımı bir UE'den diğerine olası sızıntıları ortadan kaldırdığından, " $T_{k+1} = [T_k + 1 + g_k]_M$, burada $g_k, g_k \geq d_k$ kanalının MDS'siyle mücadele etmek için seçilen gecikme koruyucusudur" adımıyla birlikte, bu, yöntemin mümkün olan minimum korumayı kullanmasını ve böylece spektral verimliliğin en üst düzeye çıkarılmasını sağlamıştır. Şekil 2, önerilen yöntemin uygulanması ile ilgili bir örneği göstermek için bir akış şeması göstermektedir. Görülebileceği gibi, işlemin çoğu UE'de gerçekleştirilmektedir, böylece BS'de alınan sinyal maksimum SE ve minimum MUI ile karşılaşmaktadır.

Buluşun bir yapılandırmasında, buluşun yöntemi yukarıda belirtilen adımlara ek olarak aşağıdaki adımları içermektedir:

- UE'ler BS tarafından konum veya yayılma gecikmesi veya hareketlilik gibi bazı özelliklere göre en az iki grup olacak şekilde önceden belirlenmiş en az bir eşik göre gruplandırılmaktadır. Yayılma gecikmesi için, yayılma gecikmesi değeri için en az bir eşik belirlenmektedir, eşikten daha küçük veya daha yüksek yayılma gecikmelerine sahip UE'ler aynı grupta toplanmaktadır, konum için, mesafe için en az bir eşik ve açı için bir eşik belirlenmektedir, birbirleri arasındaki mesafeleri ve açıları ilgili eşiklerden daha küçük olan UE'ler aynı grupta toplanmaktadır, ayrıca, düşük hareketliliğe sahip UE'ler birlikte gruplandırılabilir.
- Benzer özelliklere sahip bir grup K UE'ye aynı $M \times N$ TF kaynakları tahsis edilmektedir, M frekans bölmelerinin sayısı ve N zaman bölmelerinin sayısıdır, M ayrıca DFT'nin (Ayrık Fourier Dönüşümü) özelliklerinden dolayı gecikme bölmelerinin sayısıdır.

Buluşun Endüstriyel Uygulanabilirliği

Bu buluş, özellikle çoklu erişim çok kullanıcıli sistemleri mümkün kılmak için çok önemli olduğundan, endüstri içinde pratik uygulanabilirlik taşımaktadır. Sonuç olarak, bu uygulama önemli bir ticarileşme potansiyeli sunmaktadır.

Buna ek olarak, bu buluş gelecekteki 5G ve 6G ağları ve ötesi için dalga formu, Çoklu Erişim (MA) şemaları alanında ilgili ve pratiktir. Özellikle OTFS, OTSM, ODDM, OCDM veya AFDM gibi gecikme alanına dayanan tüm dalga formlarına uygulanabilmektedir.

Buluş yukarıdaki örnek yapılandırmalarla sınırlı değildir ve teknikte uzman bir kişi buluşun yapılandırmalarını kolayca ortaya koyabilmektedir. Bunlar, ekteki istemlerde talep edildiği gibi buluşun kapsamı dahilinde değerlendirilmektedir.

İSTEMLER

1. Çok kullanıcı (MU) alt sistemden ana sisteme doğru bağlantı (UL) iletiminde kalan zamanlama uyumsuzluğunu hesaba katan gecikme bölmeli çoklu erişim (DDMA) tabanlı sistemlere yönelik bir yeniden zamanlama mekanizmasına yönelik bir yöntem olup, aşağıdaki adımları içermesi **ile karakterize edilmektedir**:

- UE'ler, yayılma gecikmesinin her kullanıcı için BS tarafından elde edildiği RACH'ı (rastgele erişim) gerçekleştirmektedir,
- Kanal tahmini, her kullanıcı için maksimum gecikme yayılımının (MDS) ve yayılma gecikmesinin tahmin edildiği çoğullama alanında gerçekleştirilmektedir, burada alanlardan biri M sayıda bölmeye sahip gecikme alanıdır, k -inci UE'nin MDS'sinin d_k olduğu varsayılmaktadır,
- K UE'ler gecikme alanı boyunca çizelgelenmektedir, ve diğer alanda aynı kaynakları kapsamaktadırlar,
- k 'inci UE, $R_k = n$, $n \in [T_k, T'_k]$ ile verilen bir RE kümesini kapsamaktadır, burada T_k ve T'_k sırasıyla k 'inci UE tarafından işgal edilen ilk ve son gecikme indisleridir,
- Genellik kaybı olmaksızın, $T_{k+1} = [T_k + 1 + g_k]_M$ olduğu varsayıldığında, burada g_k , $g_k \geq d_k$ kanalının MDS'siyle mücadele etmek için seçilen gecikme korumasıdır,
- Tahsis bilgisine ek olarak, Zaman İletme (TA) komutları UE'lere gönderilmektedir, böylece her kullanıcıdan gelen sinyal aynı cp uzunluğu içinde ulaşmaktadır, k -inci UE için kalan zamanlama hatası λ_k olarak gösterilmektedir,
- UE'de tahsis yapıldıktan sonra, k -inci UE'nin çoğullama alanındaki sinyalin vektörleştirilmiş versiyonunun x_k olduğu varsayıldığında, UE daha doğru bir yerleştirme mekanizması aracılığıyla kalan TM λ_k 'yi elde etmektedir,
- Sinyali zaman alanına dönüştürmeden ve bir TA işlemi gerçekleştirmeden önce, UE kaynaklarını gecikme alanında λ_k kullanarak $x'_k = (I_N \otimes \Pi^{(-\lambda_k)}) x_k$ şeklinde yeniden planlamaktadır, burada Π , sütunları dairesel olarak 1 aşağı kaydırılmış $M \times M$ boyutunda kimlik matrisi olarak tanımlanmaktadır. I_N , $N \times N$ boyutunun kimlik matrisidir,
- Bir TA işlemi gerçekleştirilmesi ve sinyalin UE'ler tarafından bs'ye iletilmesi,
- Her bir UE için bs'de veri çıkarma, geleneksel sistemlerde olduğu gibi gerçekleştirilmektedir.

2. İstem 1'e göre yöntem olup, aşağıdaki adımları içermesi **ile karakterize edilmektedir**:

- UE'ler BS tarafından konum veya yayılma gecikmesi veya hareketlilik gibi bazı özelliklere göre en az iki grup olacak şekilde önceden belirlenmiş en az bir eşığe göre gruplandırılmaktadır, yayılma gecikmesi için yayılma gecikmesi değeri için en az bir eşik belirlenmektedir, eşikten daha küçük veya daha yüksek yayılma gecikmelerine sahip UE'ler aynı grupta toplanmaktadır, konum için en az bir mesafe eşığı ve bir açı eşığı belirlenmektedir, birbirleri arasındaki mesafeleri ve açıları ilgili eşiklerden daha küçük olan UE'ler aynı grupta toplanmaktadır, ayrıca düşük hareketliliğe sahip UE'ler birlikte gruplandırılabilirler,
- Benzer özelliklere sahip bir grup K UE'ye aynı $M \times N$ TF kaynakları tahsis edilmektedir, M frekans bölmelerinin sayısı ve N zaman bölmelerinin sayısıdır, M ayrıca DFT'nin (Ayrık Fourier Dönüşümü) özelliklerinden dolayı gecikme bölmelerinin sayısıdır.

ÖZET

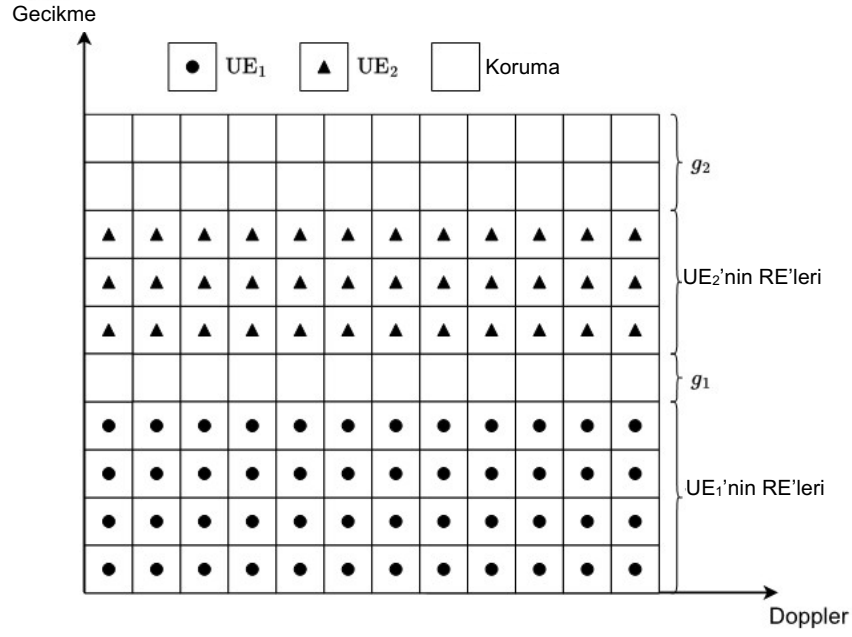
GEÇİKME TABANLI DALGA FORMLARINDA ÇOKLU ERİŞİME YÖNELİK BİR YÖNTEM

5

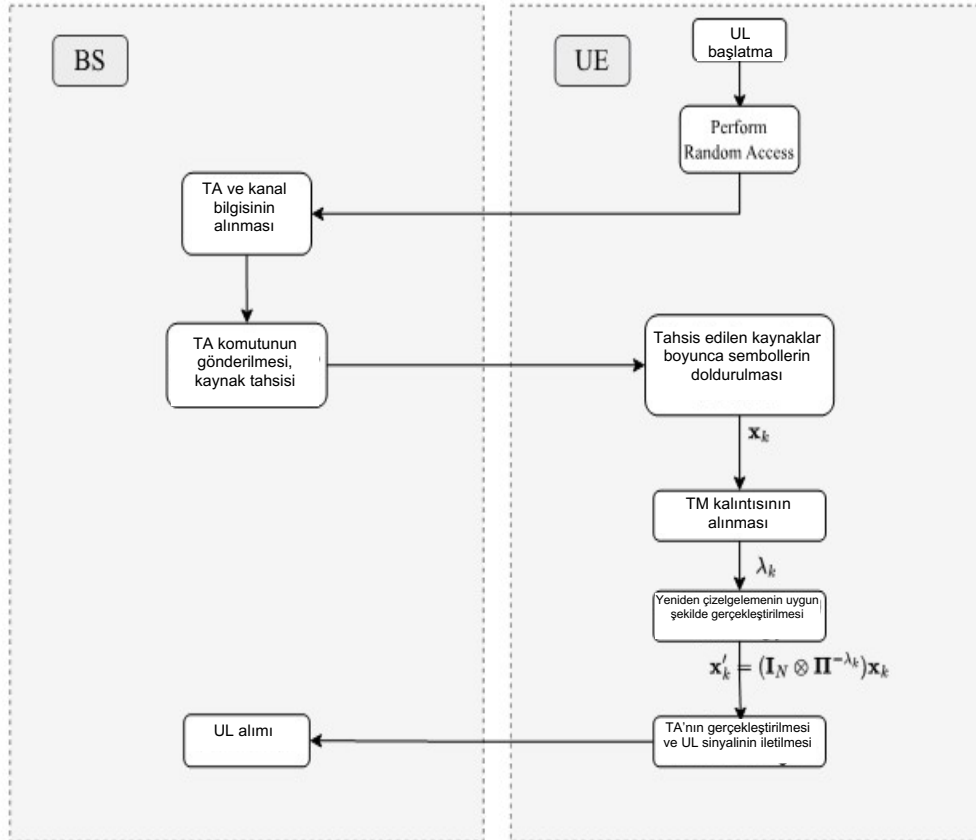
Buluş, çok kullanıcı (MU) alt sistemden ana sisteme doğru bağlantı (UL) iletiminde kalan zamanlama uyumsuzluğunu hesaba katan gecikme bölmeli çoklu erişim (DDMA) tabanlı sistemlere yönelik bir yeniden zamanlama mekanizması için bir yöntemle ilgilidir. Buluş konusu yöntem sayesinde, baz istasyonunda (BS) alınan sinyaller kaynakları mümkün olan en iyi şekilde kullanmakta, spektral verimliliği (SE) en üst düzeye çıkarmakta ve TA komutları için doğru yayılma gecikmesi raporlama ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır.

10

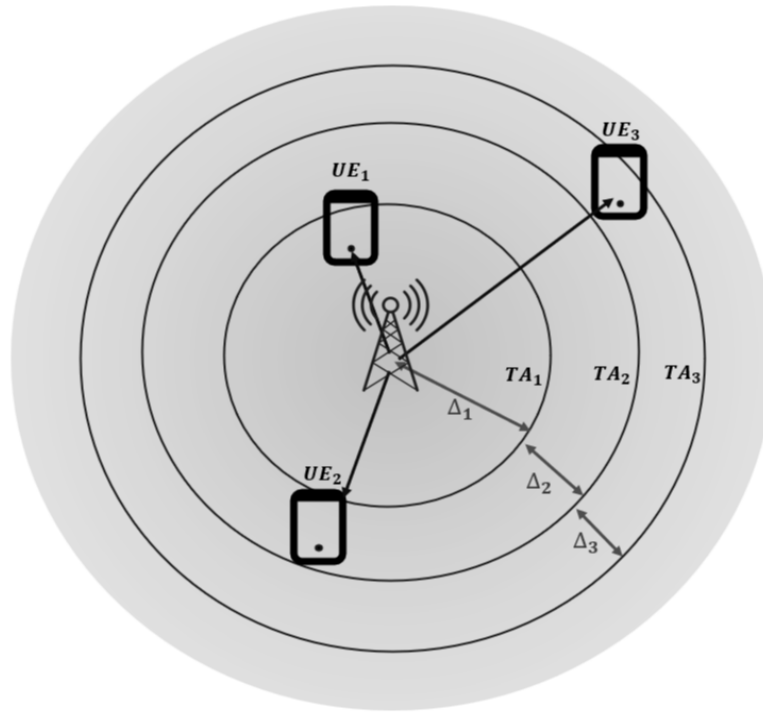
ŞEKİL 1



ŞEKİL 2



ŞEKİL 3



ŞEKİL 4

