

ÖZET

MIMO SİSTEMLERİNDE FİZİKSEL KATMAN KİMLİK DOĞRULAMASINA YÖNELİK YÖNTEM

5

10 Bir birinci anten dizisi (111) içeren bir birinci iletişim düğümünü (101) ve bir ikinci anten dizisi (112) içeren bir ikinci iletişim düğümünü (102) içeren bir çoklu giriş çoklu çıkış (MIMO) sistemi tarafından gerçekleştirilen bir fiziksel katman kimlik doğrulama (PLA) yöntemi olup, yöntem birinci iletişim birimi ikinci iletişim düğümünü (102) kullanarak yer-uydu bağı iletişimi gerçekleştirdiğinde birinci iletişim birimi gibi davranan saldırgan iletişim düğümlerini (103) tespit etmek için uygundur.

İSTEMLER

1. Bir birinci anten dizisi (111) içeren bir birinci iletişim düğümünü (101) ve bir ikinci anten dizisi (112) içeren bir ikinci iletişim düğümünü (102) içeren bir çoklu giriş çoklu çıkış (MIMO) sistemi tarafından gerçekleştirilen bir fiziksel katman kimlik doğrulama (PLA) yöntemi olup, bu yöntem birinci iletişim birimi ikinci iletişim düğümünü (102) kullanarak yer-uydu bağı iletişimi gerçekleştirdiğinde birinci iletişim birimi gibi davranan saldırgan iletişim düğümlerini (103) tespit etmek için uygundur;
- 5
- 10 aşağıdaki adımları içermesi *ile karakterize edilmektedir*;
- birinci iletişim düğümü (101) tarafından, bir kanal aracılığıyla bir pilot sinyal kullanılarak ikinci iletişim düğümüne (102) erişimin başlatılması;
 - ikinci iletişim düğümü (102) tarafından, bir üst katman kimlik doğrulama yöntemi kullanılarak bir pilot sinyalin alınması;
 - 15 - ikinci iletişim düğümü (102) tarafından, pilot sinyal kullanılarak kanal üzerinde kanal tahmininin gerçekleştirilmesi;
 - ikinci iletişim düğümü (102) tarafından, ikinci iletişim düğümünün (102) ikinci anten dizisi (112) üzerinde birinci iletişim düğümünün (101) bir görünürlük bölgesinin tanımlanması;
 - 20 - ikinci iletişim düğümü (102) tarafından, birinci anten dizisindeki (111) her bir anten elemanı üzerinde ve ikinci anten dizisindeki (112) her bir görünürlük bölgesinde kanalın polarizasyon özelliklerinin ölçülmesi, burada ölçülen polarizasyon özellikleri en az bir polarizasyon açısı içermektedir;
 - polarizasyon özelliklerini kullanarak bir referans polarizasyon imzasının oluşturulması
 - 25 ve birinci iletişim cihazına tahsis edilen polarizasyon sinyalinin depolanması;
 - kanal tahmininden başlayarak adımların tekrarlanması ve bir test polarizasyon imzasının oluşturulması;
 - referans polarizasyon imzası ve test polarizasyon imzasının karşılaştırılması;
 - karşılaştırma bir eşleşme ile sonuçlanırsa, test polarizasyon imzasının oluşturulduğu
 - 30 iletişim düğümünün (100) birinci iletişim düğümü (101) olarak kimliğinin doğrulanması.
2. İstem 1'e göre yöntem olup, **burada** birinci anten dizisi (111) MIMO anten dizisi (100) ve ikinci anten dizisi (112) XL-MIMO anten dizisidir (100).

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

- önceden belirlenmiş bir süre boyunca test polarizasyon imzalarının izlenmesi;
- önceden belirlenmiş zaman geçtikten sonra referans polarizasyon imzasının güncellenmesi.

5

TARİFNAME

MIMO SİSTEMLERİNDE FİZİKSEL KATMAN KİMLİK DOĞRULAMASINA YÖNELİK YÖNTEM

5

TEKNİK ALAN

Buluş, bir birinci anten dizisi içeren bir birinci iletişim düğümünü ve bir ikinci anten dizisi içeren bir ikinci iletişim düğümünü içeren bir çoklu giriş çoklu çıkış (MIMO) sistemi tarafından gerçekleştirilen bir fiziksel katman kimlik doğrulama (PLA) yöntemi ile ilgili olup; 10 yöntem, birinci iletişim birimi ikinci iletişim düğümünü kullanarak yer-uydu bağı iletişimi gerçekleştirdiğinde birinci iletişim birimi gibi davranan saldırgan iletişim düğümlerini tespit etmek için uygundur.

15 ÖNCEKİ TEKNİK

MIMO (Çoklu Giriş Çoklu Çıkış) sistemleri, veri iletim hızlarını, güvenilirliği ve spektral verimliliği arttırmak için birden fazla verici ve alıcı anten kullanan kablosuz iletişim 20 çerçevelerini ifade etmektedir. MIMO sistemlerinde Fiziksel Katman Kimlik Doğrulaması (PLA), yalnızca kriptografik yöntemlere dayanmadan cihazların kimliğini doğrulamak ve iletişimi güvence altına almak için uzamsal ve zamansal özellikler gibi kablosuz kanalın benzersiz fiziksel özelliklerinden yararlanmaktadır.

Önceki teknikte, MIMO ağlarında PLA öncelikle kanal dürtü yanıtı (CIR) [1], kanal frekans 25 yanıtı (CFR) [2], alınan sinyal gücü (RSS) ve varış açısı (AoA)/çıkış açısı (AoD) ve yol kazancı [3] dahil olmak üzere MIMO kanalının açu uzayı temsili gibi uzamsal ve zamansal özelliklere dayanıyordu. Bu özellikler tipik olarak kimlik doğrulama için kanala özgü imzalar oluşturmak için kullanılmaktadır. Genellikle, CIR ve RSS yöntemleri, zengin çok yollu saçılmanın güçlü uzamsal çeşitlilik sağladığı ve her kullanıcı için farklı kanal özellikleri 30 sağladığı ortamlarda uygulanırken, açu uzayı gösterimi zayıf çok yollu saçılma ortamlarında uygulanmaktadır. Bu, meşru kullanıcıları yetkisiz olanlardan ayırt ederek kimlik doğrulamayı mümkün kılmaktadır.

CIR, kanal özellikleri içindeki farklı zaman gecikmeleri ve yollara dayanarak meşru kullanıcıları ayırt etmeye yardımcı olan benzersiz çok yollu imzalar sunmaktadır. Öte yandan RSS'nin ölçülmesi ve uygulanması kolaydır, bu da onu bol yansımali ortamlar için hesaplama açısından verimli hale getirmektedir. Kentsel ve kapalı ortamlar gibi yoğun ortamlarda RSS, kimlik doğrulama için faydalı olan benzersiz sinyal varyasyonları sağlayabilmektedir. Bununla birlikte, hem CIR hem de RSS, seyrek MIMO ortamlarında önemli sınırlamalarla karşı karşıyadır; burada azaltılmış yol sayısı çok yollu çeşitliliği sınırlandırmaktadır ve kimlik doğrulama imzalarını daha az güvenilir hale getirmektedir. RSS değerleri özellikle çevresel değişikliklere karşı hassastır; küçük hareketler veya dalgalanmalar ölçümleri etkilemektedir ve mobil veya dinamik senaryolarda güvenilirliği azaltmaktadır. Ayrıca milimetre dalga gibi daha yüksek frekanslarda, sınırlı saçılma etkileri hem CIR hem de RSS imzalarını zayıflatarak yüksek frekanslı, seyrek MIMO kanallarında sağlam kimlik doğrulama için daha az etkili hale getirmektedir.

Seyrek kanal tasarımında, seyrek statik sistem tasarımında verimli PLA şemaları için literatürde az sayıda çalışma bulunmaktadır. Dolayısıyla 5G iletişim ağlarındaki çoklu anten kanal gösteriminin özellikleri, hüzmeye deseni [4] ve açıl alanındaki kanal seyrekliği [3] [5] [6] [7] [8] gibi benzersiz özelliklerinden yararlanarak daha iyi bir PLA tasarımı için de kullanılabilir. Bu, birçok ayırt edilebilir yolun olduğu senaryolarda etkilidir. Bu yöntemler, sınırlı çok yollu koşullar altında uzamsal özelliklerden yararlanarak PLA'yı geliştirirken, polarizasyon gibi kullanılabilir ek özellikleri hala kaçırmaktadır. Bazı araştırmalar polarizasyonu bir güvenlik özelliği olarak araştırmış olsa da [9][10], bu çalışmalar tipik olarak sadece zengin saçılma koşulları için uygun olan dizi boyunca tek tip polarizasyon varsaymaktadır. Genellikle XL-MIMO dizilerinde mevcut olan yakın alan etkilerine ve kanal durağanlığına odaklanmazlar ve hem TDD hem de FDD iletimini tutarlı bir şekilde desteklemezler, bu da farklı ağ mimarileri arasında uyarlabilirliklerini sınırlandırmaktadır. Bu buluş, seyrek ve XL-MIMO ortamlarına özel olarak uyarlanmış benzersiz polarizasyon özelliklerinden yararlanarak bu sınırlamaların üstesinden gelmektedir ve yüksek frekanslı ve karmaşık MIMO ağları için güvenli PLA'daki kritik bir boşluğu doldurmaktadır.

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

Referanslar:

- [1] J. K. Tugnait ve H. Kim, “A channel-based hypothesis testing approach to enhance user authentication in wireless networks,” in Proc. Int. Conf. Commun. Syst. Netw. (COMSNETS), Bangalore, Hindistan, 2010, s. 1–9.
- [2] L. Xiao, L. Greenstein, N. Mandayam, ve W. Trappe, “Fingerprints in the ether: Using the physical layer for wireless authentication,” in Proc. Int. Conf. Commun. (ICC), Glasgow, B.K., 2007, s. 4646–4651.
- [3]. J. Tang, A. Xu, Y. Jiang, Y. Zhang, H. Wen, ve T. Zhang, “MmWave MIMO physical layer authentication by using channel sparsity,” in Proc. IEEE Int. Conf. Artif. Intell. Inf. Syst. (ICAIS), Mar. 2020, s. 221–224.
- [4] S. Balakrishnan, S. Gupta, A. Bhuyan, P. Wang, D. Koutsonikolas, ve Z. Sun, “Physical layer identification based on spatial–temporal beam features for millimeter-wave wireless networks,” IEEE Trans. Inf. Forensics Security, cilt. 15, s. 1831–1845, 2020
- [5] Jie Tang Hong Wen Huanhuan Song. “Physical layer authentication for 5G/6G millimeter wave communications by using channel sparsity “IET Commun, Ocak 2022.
- [6] L. Afeef, H. M. Furqan, ve H. Arslan, “Physical Layer Authentication Scheme in BeamSpace MIMO Systems” IEEE Communication letters, cilt. 26, no. 7, Temmuz 2022.
- [7] L. Afeef, H. M. Furqan, ve H. Arslan, “Enhanced physical layer authentication framework in MIMO systems” Nisan 28, 2022, Türk Patent (EPATS), Başvuru No: 2022/007102.
- [8] L. Afeef, H. M. Furqan, A. Bendaimi, ve H. Arslan, “ Sparse Domains Exploitation for Physical Layer Authentication” Kasım. 13, 2023, Avrupa Patenti, Başvuru No: 23209427.6
- [9] Sun, D., Zhang, Q., Wei, D. ve Zhang, M., 2020. A secure constellation design for polarized modulation in wireless communications. IEEE Access, 8, s.130588-130597.
- [10] Henarejos, P. ve Pérez-Neira, A.I., 2023. Polarization-Based Security: Safeguarding Wireless Communications at the Physical Layer. arXiv preprint arXiv:2307.07244.

BULUŞUN KISA AÇIKLAMASI

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

Buluşun bir amacı, seyrek kanal koşullarına sahip kablosuz ağlarda güvenilir PLA elde etmektir.

Buluşun bir diğer amacı, seyrek ağ koşullarında ve XL-MIMO’da sahteciliğe karşı direncin artırılmasıdır.

- Yukarıda belirtilen ve aşağıdaki ayrıntılı açıklamadan ortaya çıkacak olan tüm amaçlara ulaşmak için, mevcut buluş, bir birinci anten dizisi içeren bir birinci iletişim düğümünü ve bir ikinci anten dizisi içeren bir ikinci iletişim düğümünü içeren bir çoklu giriş çoklu çıkış (MIMO) sistemi tarafından gerçekleştirilen bir fiziksel katman kimlik doğrulama (PLA) yöntemi ile ilgili olup; yöntem, birinci iletişim birimi ikinci iletişim düğümünü kullanarak yer-uydu bağı iletişimi gerçekleştirdiğinde birinci iletişim birimi gibi davranan saldırgan iletişim düğümlerini tespit etmek için uygundur. Buna göre, aşağıdaki adımları içermektedir:
- birinci iletişim düğümü tarafından, bir kanal aracılığıyla bir pilot sinyal kullanılarak ikinci iletişim düğümüne erişimin başlatılması;
 - ikinci iletişim düğümü tarafından, bir üst katman kimlik doğrulama yöntemi kullanılarak bir pilot sinyalin alınması;
 - ikinci iletişim düğümü tarafından, pilot sinyal kullanılarak kanal üzerinde kanal tahmininin gerçekleştirilmesi;
 - ikinci iletişim düğümü tarafından, ikinci iletişim düğümünün ikinci anten dizisi üzerinde birinci iletişim düğümünün bir görünürlük bölgesinin tanımlanması;
 - ikinci iletişim düğümü tarafından, birinci anten dizisindeki her bir anten elemanı üzerinde ve ikinci anten dizisindeki her bir görünürlük bölgesinde kanalın polarizasyon özelliklerinin ölçülmesi, burada ölçülen polarizasyon özellikleri en az bir polarizasyon açısı içermektedir;
 - polarizasyon özelliklerini kullanarak bir referans polarizasyon imzasının oluşturulması ve birinci iletişim cihazına tahsis edilen polarizasyon sinyalinin depolanması;
 - kanal tahmininden başlayarak adımların tekrarlanması ve bir test polarizasyon imzasının oluşturulması;
 - referans polarizasyon imzası ve test polarizasyon imzasının karşılaştırılması;
 - karşılaştırma bir eşleşme ile sonuçlanırsa, test polarizasyon imzasının oluşturulduğu iletişim düğümünün birinci iletişim düğümü olarak kimliğinin doğrulanması. Dolayısıyla uzamsal veya zamansal özelliklere dayanan standart PLA (Fiziksel Katman Kimlik Doğrulama) teknikleri, seyrek MIMO ortamlarında sahtekarlığa karşı savunmasız olabilmektedir veya gerçek zamanlı uygulamalarda gecikme gereksinimleriyle mücadele edebilmektedir. Bu buluş, cihazlar arasında sabit ancak benzersiz bir özellik olan polarizasyonu kullanarak, özellikle yüksek frekanslı, büyük ölçekli dağıtımlarda fiziksel

katman güvenliğini güçlendirir ve standart yöntemlerin yetersiz kaldığı yerlerde güvenli ve verimli kimlik doğrulama sağlamaktadır.

5 Buluşun olası bir yapılandırması, birinci anten dizisinin MIMO anten dizisi ve ikinci anten dizisinin XL-MIMO anten dizisi olması ile karakterize edilmektedir.

Buluşun bir diğer olası yapılandırması aşağıdaki adımları içermesi ile karakterize edilmektedir;

- önceden belirlenmiş bir süre boyunca test polarizasyon imzalarının izlenmesi;
- 10 - önceden belirlenmiş zaman geçtikten sonra referans polarizasyon imzasının güncellenmesi.

ŞEKİLLERİN KISA AÇIKLAMASI

15 Şekil 1, sistemin üst şematik görünümünü gösteren bir çizimdir.

Şekil 2, yöntemin akış şemasıdır.

ŞEKİLDE VERİLEN REFERANS NUMARALARI

20

100 İletişim düğümü

101 Birinci iletişim düğümü

102 İkinci iletişim düğümü

103 Saldırgan iletişim düğümü

25

110 Anten dizisi

111 Birinci anten dizisi

112 İkinci anten dizisi

BULUŞUN AYRINTILI AÇIKLAMASI

30

Bu ayrıntılı açıklamada konu, herhangi bir kısıtlayıcı etki oluşturmada sadece konunun daha anlaşılır olması amacıyla örneklere atıfta bulunularak açıklanmıştır.

Buluş, çoklu giriş çoklu çıkış (MIMO) sistemi ile gerçekleştirilen bir fiziksel katman kimlik doğrulama (PLA) yöntemidir. Şekil 1'e atıfta bulunarak, sistem birinci anten dizisi (111) içeren bir birinci iletişim düğümü (101) ve ikinci anten dizisi (112) içeren bir ikinci iletişim düğümü (102) ve bir saldırgan iletişim düğümü (103) içermektedir. Teknikte iyi bilindiği üzere PLA, kablosuz iletişim sistemlerindeki cihazların kimlik doğrulamasını fiziksel katmanda gerçekleştiren bir güvenlik tekniğidir.

MIMO, veri aktarımı için birden fazla anteni aynı anda (hem verici hem de alıcıda) kullanan kablosuz iletişim için bir anten teknolojisidir. Bu, kablosuz menzili ve bant genişliğini arttırmaktadır, paraziti en aza indirmektedir.

Birinci iletişim düğümü (101) meşru bir iletim düğümüdür. Birinci iletişim düğümü (101) bir baz istasyonu, bir kullanıcı ekipmanı, IOT cihazı vb. olabilmektedir. Birinci anten dizisi (111) MIMO anten dizisidir (110). Birinci anten MIMO anten dizisi (100) teknikte iyi bilinmektedir ve kablosuz iletişimde veri hızlarını, güvenilirliği ve spektral verimliliği arttırmak için MIMO sistemlerinde kullanılan bir antendir.

İkinci iletişim düğümü (102) meşru bir alıcı düğümüdür. İkinci iletişim düğümü (102) bir baz istasyonu, bir kullanıcı ekipmanı vb. olabilmektedir. İkinci anten dizisi (112) XL-MIMO anten dizisidir (100). XL-MIMO anten dizisi (112) teknikte iyi bilinmektedir ve yüzlerce veya binlerce antenle son derece büyük MIMO konfigürasyonuna sahip olabilmektedir, burada yakın alan yayılma etkileri durağan olmama durumu yaratmaktadır, bu da her anten elemanının polarizasyon fazı da dahil olmak üzere biraz farklı kanal özellikleri yaşamasına neden olmaktadır.

Saldırgan iletişim düğümü (103), bir iletişim sistemine müdahale etmek veya onu yönlendirici veya sinyal bozucu gibi kötü niyetli bir amaç için kullanmak üzere tasarlanmış bir cihazdır.

Şekil 2'de yöntemin bir yapılandırması verilmiştir. Yöntem, birinci iletişim birimi ikinci iletişim düğümünü (102) kullanarak yer-uydu bağı iletişimi gerçekleştirdiğinde birinci iletişim birimi gibi davranan saldırgan iletişim düğümlerini (103) tespit etmek için uygundur.

Birinci iletişim düğümü (101) meşru verici olarak bir kanal üzerinden pilot sinyal kullanarak ikinci iletişim düğümüne (102) erişim başlatırken, ikinci iletişim düğümü (102) birinci

iletişim dğđmđnđn (101) kimliğini doğrulamakla gđrevli meşru alıcı olarak hizmet vermektedir. Saldırgan, ikinci iletişim dğđmđne (102) iletim yaparak birinci iletişim dğđmđnđn (101) pilot sinyalinini taklit etmeyi amaçlamaktadır.

- 5 Birinci iletişim dğđmđnden (101) ikinci iletişim dğđmđne (102) bir pilot sinyal alınmaktadır ve üst katman kimlik doğrulama yöntemi kullanılarak birinci iletişim dğđmđnđn (101) kimliği doğrulanmaktadır. Kimlik doğrulama, iletişim kuran varlıkların meşruiyetini doğrulamaktadır. Bir kablosuz sistemin, bir iletimin alıcı ucundaki bir ağ dğđmđnđn kimliğini doğrularak meşru ve kötü niyetli kullanıcılar arasında nasıl ayırım
- 10 yapabileceğini açıklamaktadır.

Birinci iletişim dğđmđ (101) ve ikinci iletişim dğđmđ (102) arasındaki kanal, alınan pilot sinyal kullanılarak ikinci iletişim dğđmđ (102) tarafından tahmin edilmektedir.

- 15 Yöntemde, geleneksel VR tanımlama yaklaşımları kullanılarak, varsa ikinci iletişim dğđmđnđn (102) XL-MIMO anten dizisindeki (112) birinci iletişim dğđmđnđn (101) görđnđrlük bölgeleri belirlenmektedir. Geleneksel VR tanımlama yaklaşımları enerji algılama, konum tabanlı veya hüzme tarama, güç ve hüzme alanı tabanlı olabilmektedir.

- 20 İkinci iletişim dğđmđ (102) tarafından, birinci anten dizisindeki (111) her bir anten elemanı üzerinde ve ikinci anten dizisindeki (112) her bir görđnđrlük bölgesinde kanalın polarizasyon özellikleri ölçđlmektedir.

Yöntemde, verici ve alıcı arasındaki kablosuz kanalın polarizasyon özellikleri ölçđlmektedir.

- 25 Polarizasyon özelliği bir polarizasyon açısını içermektedir. Özellikle polarizasyon açısı (elektromanyetik dalganın elektrik alanının yönü), yayılma ortamının iletilen sinyale uyguladığı ayırt edici imzayı yakalamak için ölçđlmektedir. Bir elektromanyetik dalganın elektrik alan vektörünün yönelim açısı, genellikle bir referans eksenine göre ölçđlmektedir. Cihazın yönüne ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir. Bu ölçđm MIMO
- 30 dizisindeki her anten elemanında ve XL-MIMO dizisindeki her görđnđrlük bölgesinde yapılmaktadır.

Daha sonra ayıklanan polarizasyon özellikleri kullanılarak her kullanıcı veya cihaz için bir referans polarizasyon imzası oluşturulmaktadır. Bu imza, benzersiz polarizasyon özelliklerine

dayanarak belirli kullanıcı veya cihazı tanımlayan bir “parmak izi” görevi görmektedir. Bu adım, her kullanıcı için kimlik doğrulama için saklanan bir referansla karşılaştırılabilen benzersiz, tanımlanabilir bir model sağlamaktadır. İmza hem statik hem de dinamik polarizasyon özelliklerini kapsamaktadır, böylece hem seyrek MIMO hem de XL MIMO sistemlerinde oldukça ayırt edici ve kopyalanması zor olmasını sağlamaktadır ve oluşturulan imza ikinci iletişim düğümünün (102) veritabanında saklanmaktadır.

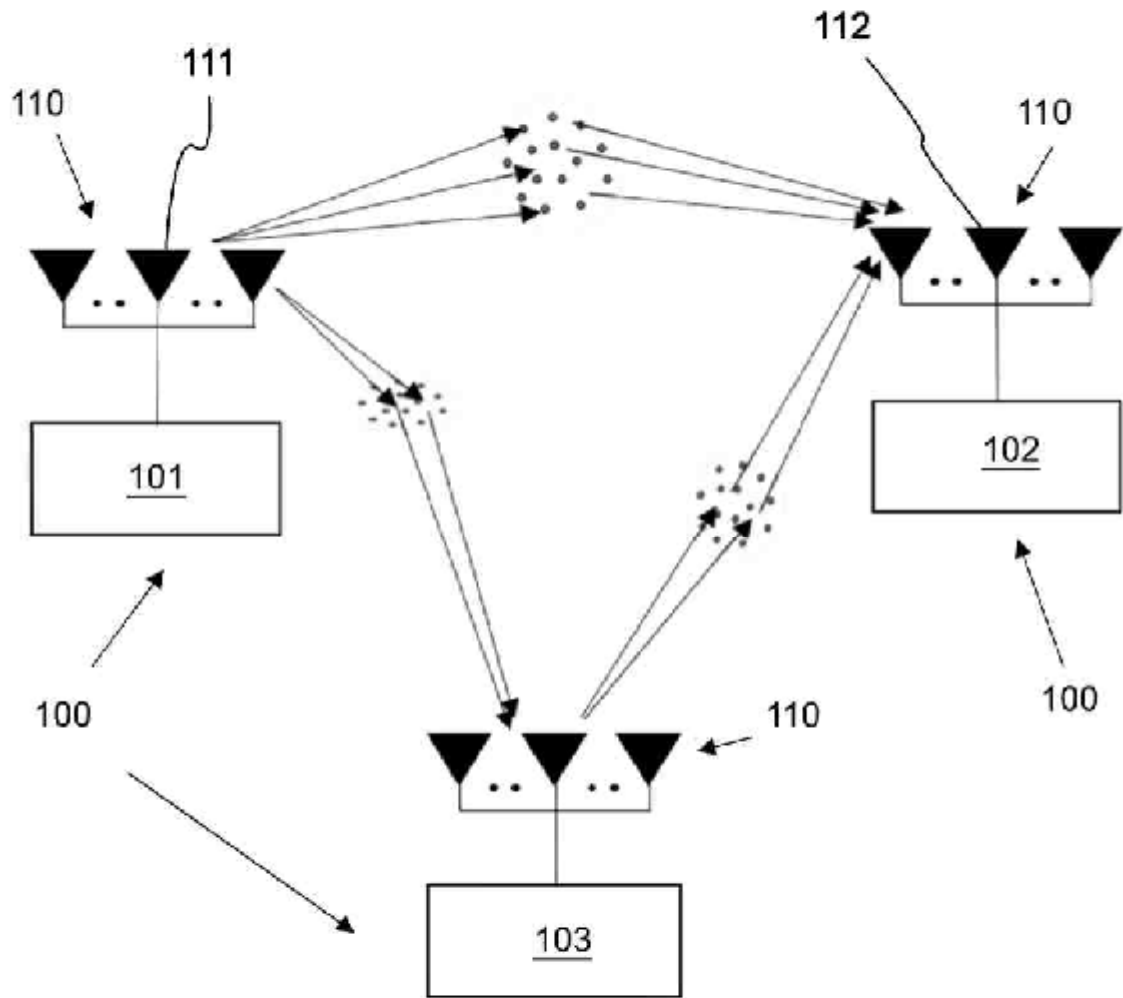
İkinci iletişim düğümündeki (102) bilinmeyen düğümden bir pilot sinyal alınmaktadır ve kanal tahmin edilmektedir. Kanal tahmininden başlayarak adımlar tekrarlanmaktadır ve bir test polarizasyon imzası oluşturulmaktadır. Test polarizasyon imzaları önceden belirlenmiş bir süre boyunca izlenmektedir ve önceden belirlenmiş bir sürenin ardından referans polarizasyon imzası güncellenmektedir.

Bilinmeyen düğümün üretilen polarizasyon imzası daha sonra meşru cihaz veya kullanıcıyla ilişkili depolanmış bir referans imzayla karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırma, gözlemlenen polarizasyon özelliklerinin kimliği doğrulanmış bir kullanıcınıninkilerle eşleşip eşleşmediğini belirlemektedir. Gözlemlenen polarizasyon imzası referansla yakından uyumluysa kimlik doğrulama başarılı sayılmaktadır. Önemli bir tutarsızlık varsa erişim reddedilmektedir. İmza karşılaştırma adımı, yalnızca doğru, önceden kaydedilmiş polarizasyon özelliklerine sahip cihazlara erişim izni verilmesini sağlayarak sağlam bir güvenlik katmanı eklemektedir.

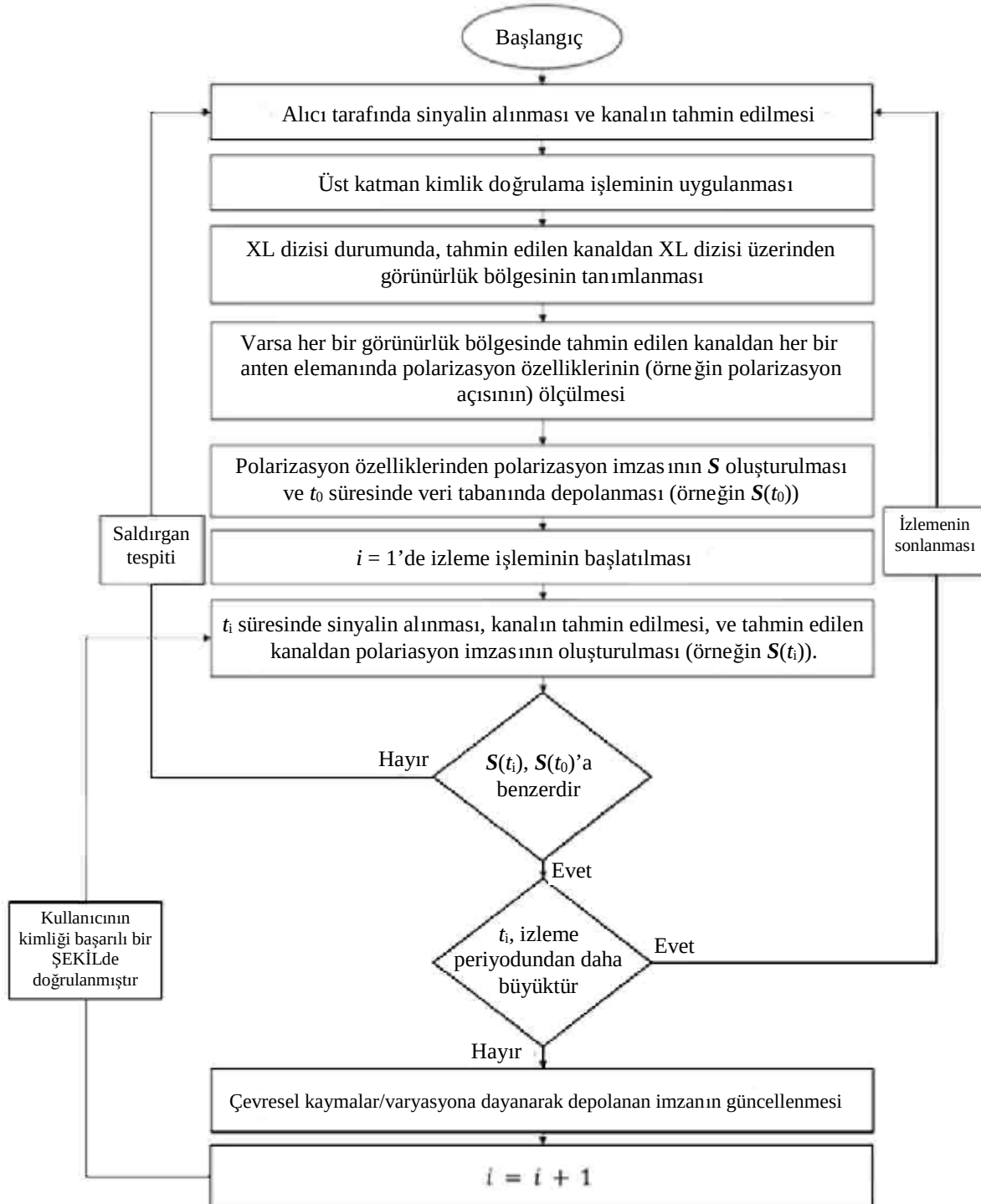
Bu adım, çevresel değişiklikleri veya cihaz hareketini hesaba katmak için polarizasyon imzasının periyodik olarak yeniden ölçülmesini ve güncellenmesini içermektedir. Bu özellik kanalin zaman içinde değiştiği dinamik ortamlarda kullanışlıdır. Bu dinamiklik vericiden, alıcıdan, ortamdaki saçılmalardan veya hepsinden gözlemlenebilmektedir. Bu, yakın alan yayılım etkilerinin dizi üzerinde durağanlığa neden olmayan küçük farklılıklar yaratabileceği ve anten elemanları arasında polarizasyonda benzersiz değişikliklere yol açabileceği XL-MIMO sistemlerinde daha kritik olabilmektedir.

Zaman içinde, ortamdaki veya cihaz yönündeki küçük değişiklikler polarizasyon özelliklerini biraz değiştirebilmektedir. Depolanan polarizasyon imzasında yapılan düzenli güncellemeler kimlik doğrulama doğruluğunun ve sağlamlığının korunmasına yardımcı olmaktadır.

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



ŞEKİL 1



ŞEKİL 2