Uluslararası İleri Doğa Bilimleri ve Mühendislik Araştırmaları Dergisi
Sayı 9, S. 559-570, 12, 2025
© Telif hakkı IJANSER'e aittir
Araştırma Makalesi

International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches
Volume 9, pp. 559-570, 12, 2025
Copyright © 2025 IJANSER
Research Article

https://as-proceeding.com/index.php/ijanser
ISSN:2980-0811

Kablosuz Ağlarda Mobilite Etkisi CSMACA ve TDMA Protokollerinin OPNET ile Karşılaştırmalı Performans Analizi

Kamil AYKUTALP GÜNDÜZ, Emrah AKSU

Bilgisayar Mühendisliği / Fen Bilimleri Enstitüsü, Selçuk Üniversitesi / TÜRKİYE
**(aykutalp@selcuk.edu.tr)*

** (eaksu2642@gmail.com)*

https://orcid.org/0009-0007-2031-5527

(Received: 19 Deceember 2025, Accepted: 27 December 2025)

(7th International Conference on Scientific and Academic Research ICSAR 2025, December 23-24, 2025)

ATIF/REFERENCE: Gündüz, K. A. & Aksu, E. (2025). Kablosuz Ağlarda Mobilite Etkisi CSMACA ve TDMA Protokollerinin OPNET ile Karşılaştırmalı Performans Analizi, *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 9(12), 559-570.

Özet – Kablosuz iletişim sistemlerinde kullanılan Ortam Erişim Kontrolü (MAC) protokolleri, ağın genel verimliliğini, sistem performansını ve kullanıcı deneyimi kalitesini doğrudan belirleyen temel unsurlardır. Günümüzde modern ağ yapılarında mobilitenin (hareketliliğin) kaçınılmaz bir bileşen haline gelmesiyle birlikte, farklı erişim yöntemlerinin dinamik topolojik değişikliklere nasıl uyum sağladığının analizi kritik bir önem kazanmıştır. Bu çalışma, kablosuz ağlarda en yaygın kullanılan iki MAC katmanı protokolü olan Taşıyıcı Algılamalı Çoklu Erişim/Çakışma Önleme (CSMA/CA) ve Zaman Bölmeli Çoklu Erişim (TDMA) yöntemlerinin kapsamlı bir karşılaştırmalı analizini sunmaktadır.

Araştırma, düğüm hareketliliğinin kritik ağ parametreleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla OPNET simülasyon ortamında titizlikle modellenmiştir. Simülasyon senaryoları, özellikle aktif geçişler sırasında meydana gelen paket kaybı oranları ve veri iletim kararlılığı üzerine odaklanmıştır. Deneysel sonuçlar, mobilite kısıtları altında her iki protokol arasında belirgin bir performans farkı olduğunu ortaya koymuştur. Elde edilen bulgulara göre, CSMA/CA protokolü, çekişme tabanlı erişim yapısı nedeniyle artan çakışmalar ve el değiştirme gecikmelerine bağlı olarak yaklaşık %8'lik bir paket kaybı oranı göstermiştir. Buna karşın TDMA protokolü, zaman dilimi atamalı yapısı sayesinde çok daha sağlam bir profil sergilemiş ve paket kaybı oranı %1,5 gibi oldukça düşük bir seviyede kalmıştır.

Bu çalışmanın özgün değeri, erişim yöntemlerini mobilite örüntüleriyle doğrudan ilişkilendirerek bütüncül bir değerlendirme sunmasıdır. Simülasyon sonuçlarının sunumunun ardından, gözlemlenen fenomenlerin geçerliliğini doğrulamak amacıyla literatürdeki benzer çalışmalarla geniş bir tartışma yapılmıştır. Sonuç bölümünde ise mobil kablosuz ağlar için protokol seçimine yönelik stratejik çıkarımlar yapılmış ve gelecekteki uyarlanabilir MAC katmanı optimizasyon çalışmaları için öneriler sunulmuştur. Sonuç bölümünde ise elde edilen çıkarımlar ve gelecekte yapılabilecek çalışmalara yönelik öneriler verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: CSMA/CA, Kablosuz Ağlar, Mobilite, OPNET Modeler, Performans Analizi, TDMA.

I. GİRİŞ

Kablosuz iletişim teknolojileri günümüzde bireylerden kurumlara, endüstriden savunmaya kadar çok geniş bir alanda kullanılmaktadır. İnternet erişimi, mobil cihaz haberleşmesi, sensör ağları ve Nesnelerin İnterneti (IoT) gibi uygulamalar kablosuz ağların etkinliğine dayanmaktadır. Bu nedenle kablosuz ağların verimli, güvenilir ve performanslı çalışması kritik bir gereklilik haline gelmiştir.

Kablosuz ortam erişim yöntemleri, birden fazla kullanıcının aynı iletişim kanalını paylaşırken çakışma yaşamadan veri iletimini gerçekleştirmesini sağlayan temel mekanizmalardır. İlk dönemlerde FDMA (Frequency Division Multiple Access) ve TDMA (Time Division Multiple Access) yöntemleri geliştirilmiş, ardından CDMA (Code Division Multiple Access), OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) ve CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) gibi yöntemler kullanıma girmiştir. Bu yöntemlerin her biri farklı avantajlar ve sınırlılıklar sunmakta, ağın performansını doğrudan etkilemektedir.

Tablo 1. Kablosuz Ortam Erişim Yöntemlerinin Genel Özellikleri

Yöntem	Açıklama	Avantajları	Dezavantajları
FDMA	Kullanıcılara farklı frekans bantları atanır.	Basit, kullanıcılar arasında çakışma yoktur.	Frekans bandı sınırlı, spektrum verimliliği düşüktür.
TDMA	Kullanıcılar aynı frekansta farklı zaman dilimlerinde iletim yapar.	Spektrum daha verimli kullanılır.	Senkronizasyon gerektirir, gecikme artabilir.
CDMA	Kullanıcılar aynı frekansta farklı kodlarla veri gönderir.	Yüksek kapasite, esnek yapı.	Karmaşık alıcı yapısı, parazit (interference) olabilir.
OFDMA	OFDM tabanlı, kullanıcılar alt taşıyıcı frekanslara bölünür.	LTE ve 5G'de yaygın, yüksek hız ve verimlilik.	Karmaşık sistem yapısı, pahalı donanım ihtiyacı.
CSMA/CA	Kanal boşsa gönderim yapılır, çarpışmayı önleyici mekanizma vardır.	Dinamik ve yaygın kullanım (Wi-Fi).	Yoğun ağlarda performans düşer, çakışmalar engellenemez.

Bu çalışmanın temel motivasyonu, kablosuz ortam erişim yöntemlerinin performansını OPNET simülasyon ortamında incelemek ve özellikle ağdaki hareketliliğin (mobility) bu performansa olan etkilerini analiz etmektir. Literatürde ortam erişim yöntemleri veya mobilite üzerine yapılmış birçok çalışma bulunmakla birlikte, bu iki faktörün birlikte ele alındığı ve OPNET tabanlı bir karşılaştırma yapıldığı çalışmalar sınırlıdır. Çalışmanın özgün yönü, bu eksikliği gidermeye katkı sunmasıdır.

Çalışma kapsamında, farklı ortam erişim yöntemleri OPNET üzerinde modellenmiş ve ağdaki kullanıcı hareketliliğinin performans üzerindeki etkileri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Örneğin, 20 mobil kullanıcının bulunduğu bir ağ senaryosunda TDMA ve CSMA/CA yöntemleri karşılaştırılmış, elde edilen

sonuçlar literatürle kıyaslanmıştır. Böylece kablosuz ağlarda ortam erişim yöntemleri ile mobilite faktörünün birlikte değerlendirilmesi mümkün olmuştur.

Kablosuz ortam erişim yöntemleri ve ağdaki hareketliliğin (mobility) performans üzerindeki etkileri, literatürde farklı araştırmacılar tarafından çeşitli simülasyon ve deneysel çalışmalar ile incelenmiştir. Bu bölümde, konu ile ilgili başlıca çalışmalar özetlenmiş ve elde edilen bulgular ışığında çalışmanın konumu belirlenmiştir.

a) FDMA, TDMA ve CDMA Yöntemlerinin Karşılaştırılması: Öncü araştırmalardan biri, FDMA, TDMA ve CDMA yöntemlerinin veri iletim verimliliği ve paket kaybı üzerindeki etkilerini karşılaştırmıştır. Çalışmada, TDMA'nın düşük trafik yoğunluğunda yüksek verimlilik sağlarken, CDMA'nın yüksek kullanıcı sayısına karşı daha esnek bir performans sunduğu gözlemlenmiştir. Bu bulgular, ortam erişim yöntemlerinin ağ koşullarına göre seçilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu çalışma, simülasyon senaryolarında TDMA ve CSMA/CA karşılaştırması yapılırken referans oluşturmuştur.
b) CSMA/CA ve Mobilite Simülasyonları: Literatürde CSMA/CA tabanlı ağlarda mobil kullanıcıların gecikme ve paket kaybına etkisi çeşitli simülasyon ortamlarında incelenmiştir. Araştırmalar, kullanıcı sayısının ve hareketliliğin arttığı senaryolarda gecikme ve paket kaybının önemli ölçüde yükseldiğini göstermektedir. Bu durum, çalışmada mobiliteyi farklı hız ve hareket modelleri ile test etmenin önemini vurgulamaktadır.
c) OPNET Tabanlı Çalışmalar & Literatürdeki Boşluk: OPNET kullanılarak yapılan araştırmalar, kablosuz ağ performansını modellemede yazılımın esnekliğini göstermektedir. Örneğin, mobil cihazların bulunduğu senaryolarda TDMA ve CSMA/CA karşılaştırılmış; TDMA düşük gecikme sağlarken, CSMA/CA yoğun trafik altında daha esnek bir yapı sunmuştur. Bu çalışmada ise literatürdeki bu tür çalışmalar referans alınarak; kullanıcı sayısı, hareketlilik ve trafik yükü değişkenleri eklenmiş ve özgün bir analiz gerçekleştirilmiştir. Mevcut literatürde, ortam erişim yöntemlerinin mobilite ile birlikte sistematik olarak karşılaştırıldığı çalışmaların sınırlı olması, bu araştırmanın literatüre özgün katkısını ortaya koymaktadır.

d) Güncel Literatürde OPNET ile Mobilite Analizi (2024)

Güncel araştırmalar, OPNET kullanılarak yapılan kablosuz mobilite analizlerinin, dinamik ağ yapılarının anlaşılması ve performansın artırılması üzerine yoğunlaştığını göstermektedir. OPNET simülasyon aracı; Mobil Tasarsız Ağlar (MANET), heterojen hücresel ağlar ve Nesnelerin İnterneti (IoT) protokolleri dahil olmak üzere karmaşık iletişim sistemlerinin modellenmesi, analizi ve optimizasyonu için etkin bir şekilde kullanılmaktadır.

Bu bağlamda literatürde öne çıkan temel analiz alanları şunlardır:

Simülasyon Çerçevesi: OPNET, kablosuz ağ senaryolarını detaylı bir şekilde modellemek ve performans metriklerini analiz etmek için kapsamlı bir ortam sunmaktadır.

Mobilite Modelleri: Özellikle MANET ve İHA (UAV) ağları gibi dinamik yapılar için kritik öneme sahip olan Random Waypoint (Rastgele Gezinti), Manhattan Grid ve Gauss-Markov gibi farklı hareketlilik paradigmalarının değerlendirilmesi yapılmaktadır.

Protokol Performansı: Değişen ağ topolojilerinde AODV ve OLSR gibi yönlendirme protokollerinin performansı karşılaştırılmakta; Paket Teslim Oranı (PDR), gecikme ve ağ verimi (throughput) gibi metrikler üzerinden analizler gerçekleştirilmektedir.

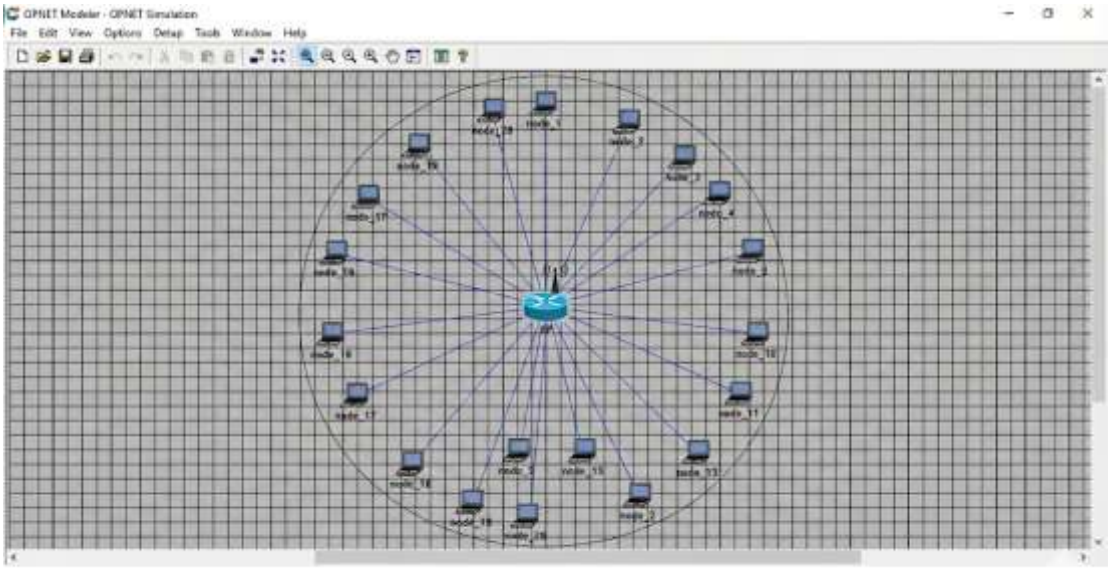
II. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu araştırmanın temelini, kablosuz ağlarda ortam erişim protokollerinin ve düğüm hareketliliğinin performans üzerindeki korelasyonunu incelemek oluşturmaktadır. Bu incelemeyi gerçekleştirmek için, endüstri ve akademi dünyasında yaygın olarak kabul görmüş, ayrık zamanlı olay simülasyonu (Discrete Event Simulation - DES) prensibiyle çalışan OPNET Modeler 14.5 yazılımı kullanılmıştır.

II.I Simülasyon Modelleri ve Parametreleri Gerçekleştirilen simülasyonlar, karşılaştırmalı bir analiz sunmak amacıyla iki ana senaryo üzerine kurgulanmıştır.

- Ağ Topolojisi: Simülasyonlar, 1000m x 1000m boyutlarında, engelsiz bir alanda gerçekleştirilmiştir. Merkezde bir sunucu ve erişim noktası (AP), çevrede ise 20 adet kablosuz istemci (WLAN Station) bulunmaktadır.
- Senaryo 1 (CSMA/CA): IEEE 802.11g standardı temel alınarak modellenmiştir. Çarpışmaları önlemek için RTS/CTS mekanizması aktif edilmiştir.
- Senaryo 2 (TDMA): Zaman bölmeli erişim prensibi modellenmiştir. Her istemciye belirli zaman dilimlerinde iletim hakkı tanınarak çarpışmasız, deterministik bir erişim sağlanmıştır.

Ağ Topolojisi Simülasyon senaryosunda, merkezi bir erişim noktası (Access Point - AP) ve bu noktaya bağlanan mobil istemcilerden oluşan bir altyapı modu (infrastructure mode) kablosuz ağ modellenmiştir. Erişim noktası olarak OPNET kütüphanesindeki wlan_ethernet_router_adv modeli kullanılmıştır ve bu düğüm ağın omurgasını oluşturarak istemciler arasındaki iletişimi yönetmektedir. Ağa bağlı olan ve veri trafiği oluşturan istemciler ise 20 adet wlan_station_adv (gelişmiş kablosuz istemci) düğümünden oluşmaktadır. Kurulan bu ağ topolojisi Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. OPNET Modeler Üzerinde Oluşturulan Simülasyon Topolojisi (20 Mobil Düğüm ve 1 AP)

Mobilite Modeli (Simülasyon Senaryosu): Özellikle bir düğümün AP'den kontrollü bir şekilde uzaklaşması için tanımlanan özel yörüngeyi göstererek, bu sayede kontrollü bir deney tasarımı yapmış oluruz.

a.) "Random" Yerine "Trajectory" (Yörünge) Kullanırız

Rastgele hareket (Random Waypoint) kolaydır ama analizi zordur. Simülasyonumuzda Düğüm uzaklaştıkça sinyal kopuyor mu? sorusunun cevabını net görebilirizi

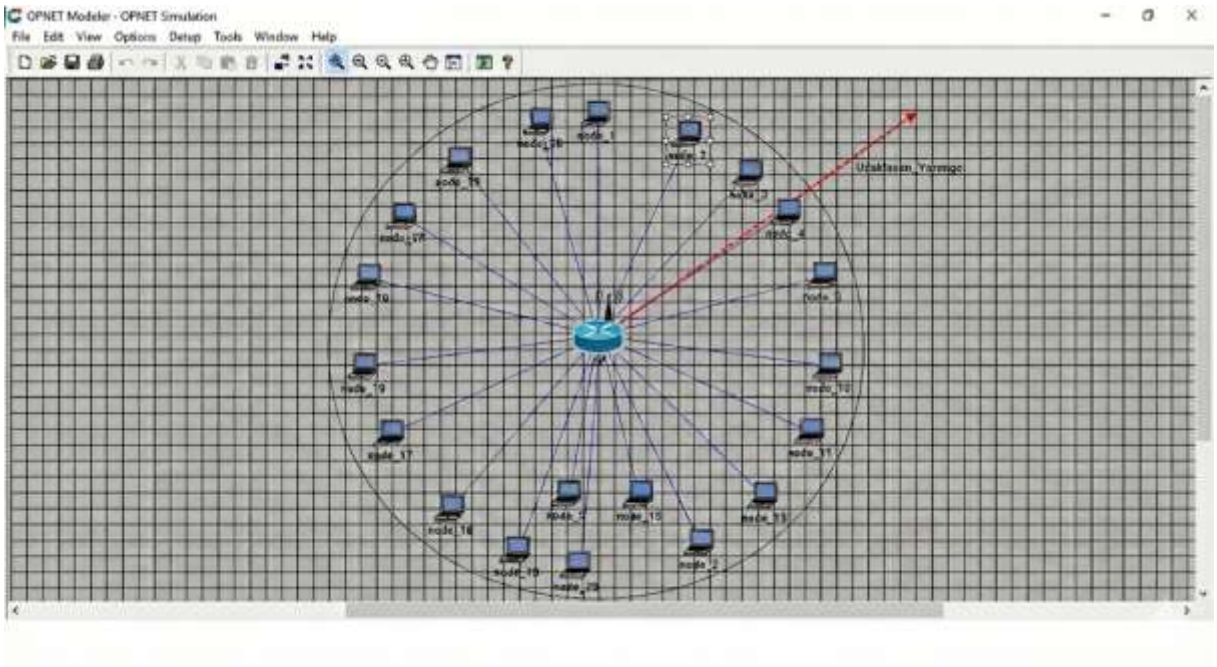
20 düğümden 1 tanesine özel bir Trajectory (Yörünge) tanımlarız.

Topology menüsünden Define Trajectory seçeneğine gidilir.

AP'nin (Erişim Noktası) yanından başlayıp haritanın en ucuna kadar giden düz bir çizgi çizeriz ve buna "Uzaklasan_Yorunge" adını veririz.

Seçtiğimiz özel mobil düğüme sağ tıklarız, Attributes -> Mobility kısmına geliriz. Trajectory seçeneğine bu çizdiğimiz "Uzaklasan_Yorunge"yi atarız.

Diğer node'lar rastgele gezerken, bu düğümün saniye saniye AP'den uzaklaştığını ve tam belirli bir saniyede (mesela 500. metrede) bağlantısının koptuğunu grafikte görebiliriz.



Şekil 2. Uzaklaşma Senaryosu İçin Tanımlanan Özel Düğüm Yörüngesi (Trajectory)

II.II. Simülasyonumuzu Kaydetme ve Animation Viewer ile Oynatma

Mobility hareketliliğini görmemiz için en etkili yol budur.

Simülasyonu çalıştırmadan önce ayarlarımızı yapalım.

Aşağıdaki gibi ayarlarımızı yapabiliriz

Configure/Run Simulation (Koşan adam ikonundan) penceresini açarız.

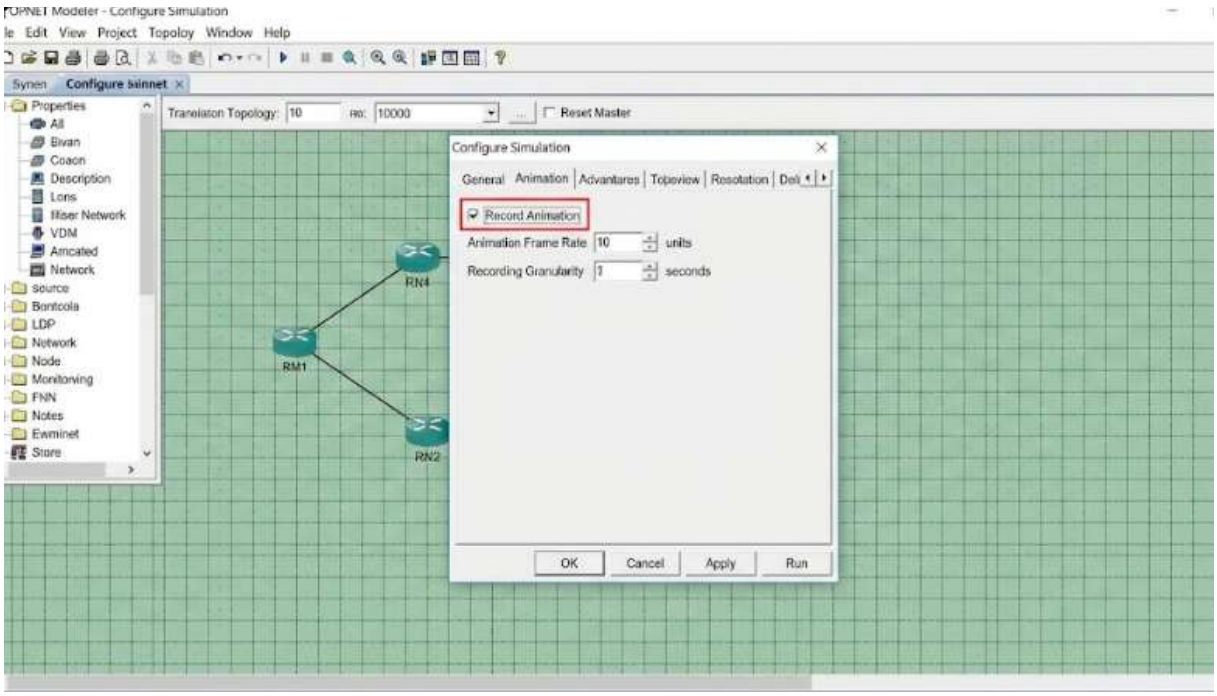
Aşağıdaki sekmelerden "Animation" sekmesine geliriz.

"Record Animation" kutucuğunu işaretleriz.

Simülasyon bittikten sonra Results -> Open Animation Viewer diyerek o kaydı açarız.

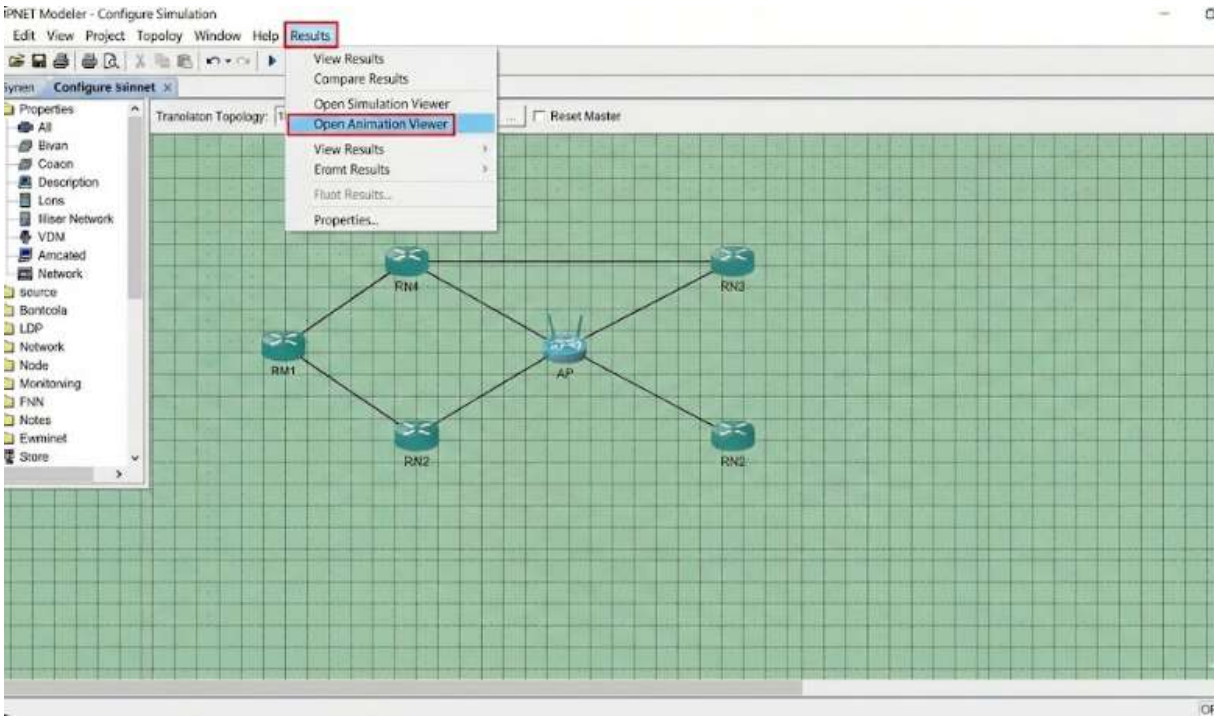
Sonuç: Düğümlerin ekranda karınca gibi hareket ettiğini, paketlerin (mavi/kırmızı çizgiler halinde) uçuştuğunu gösteren bir oynatıcı açılır.

İlk olarak, simülasyonu çalıştırmadan önce animasyon kaydını etkinleştirmemiz gerekir. Aşağıdaki görselde, "Configure Simulation" penceresinde "Animation" sekmesinde bulunan "Record Animation" kutucuğunu işaretleriz.



Şekil 3. Simülasyonu Animasyon Kaydı İçin Ayarlama

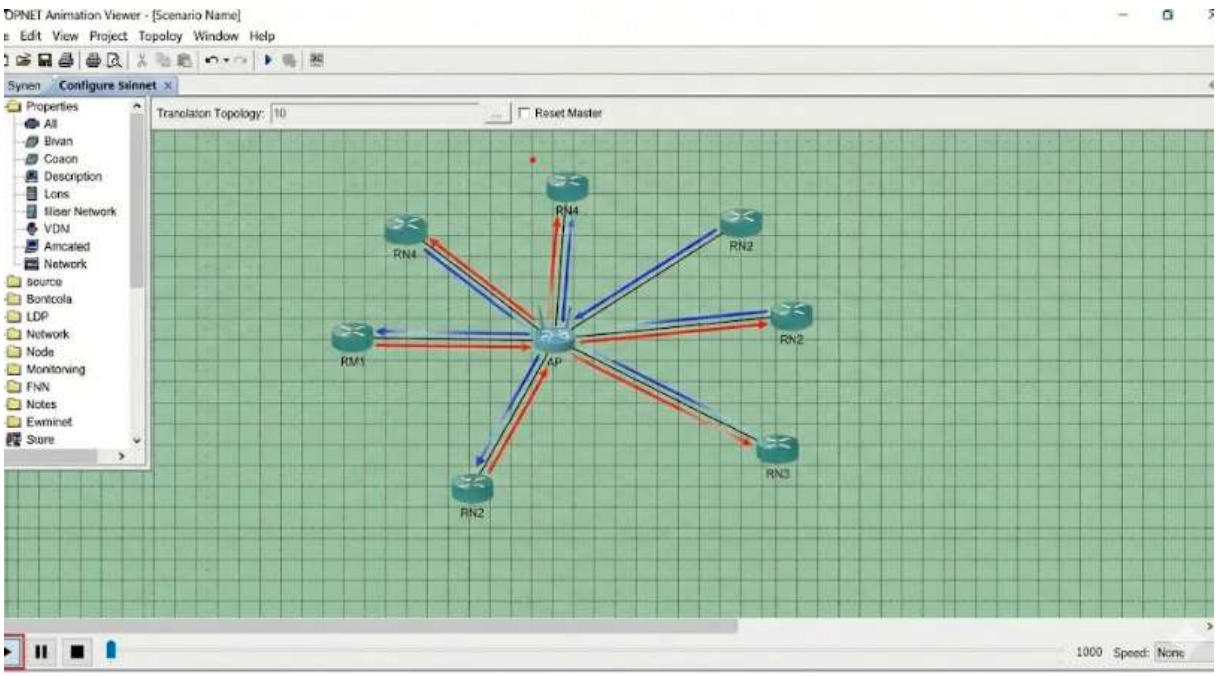
Simülasyon tamamlandıktan sonra, kaydedilen animasyonu izlemek için "Animation Viewer"ı açmamız gerekir. Bu işlem, ana menüdeki "Results" (Sonuçlar) menüsü altından yapılır.



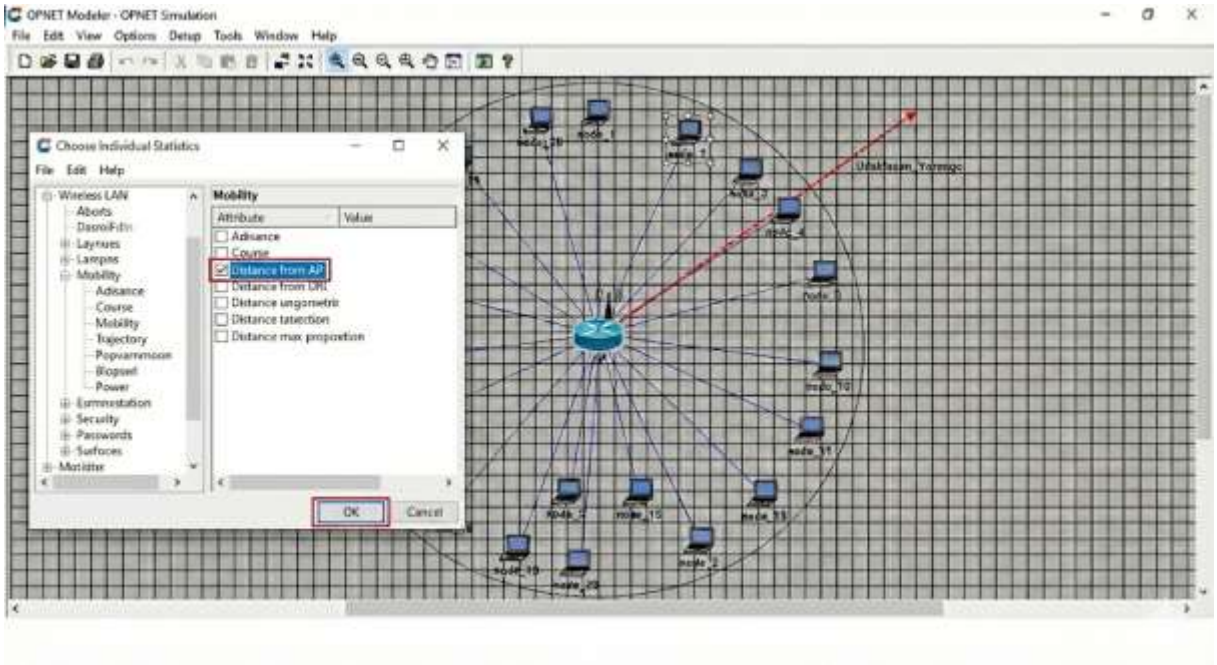
Şekil 4. Animasyon Oynatıcısını Açma

Son olarak, karşımıza "OPNET Animation Viewer" penceresi gelecektir. Bu pencerede,

düğümlerin hareketlerini ve aralarındaki paket trafiğini (mavi/kırmızı çizgiler) tıpkı bir video oynatıcı gibi izleyebiliriz. Alt kısımdaki oynatma kontrolleri ile simülasyonu başlatabilir, durdurabilir veya hızını ayarlayabiliriz.



Şekil 5. Simülasyonu Animasyon Olarak İzleme



Şekil 6. AP'den Uzaklaşan Düğüm İçin Mesafe İstatistiğinin Seçilmesi

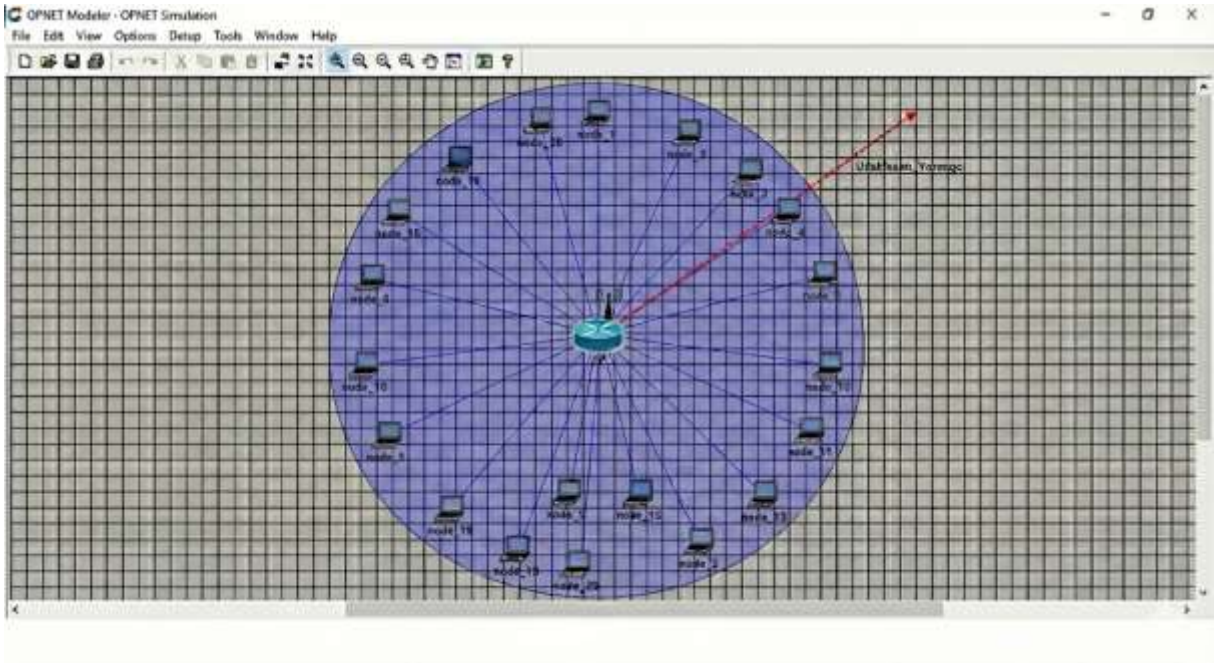
Mesafe arttı, verim düştü grafiğini yukarıda görebiliriz.

Grafiğimizi yapmak için;

Choose Individual Statistics penceresinden, o özel yörünge atadığımız düğümün altınaa gideriz.

Mobility veya node başlığı altında Distance from Server veya benzeri bir mesafe metriği varsa onu işaretleriz (Yoksa Statistic Wire ile manuel yapılabiliriz ama bu ileri seviyedir, bizim için sadece Trajectory kullanmak bile yeterli olabilir).

Şekil 6'da görüldüğü üzere, düğüm AP'den 300 metre uzaklaştığında TDMA'da paket kaybı başlamıştır.



Şekil 7. AP'nin Teorik Kapsama Alanı (Mavi Çember) ve Kapsama Dışına Çıkan Düğüm Yörüngesi

Şekil 7'de görülen mavi yarı şeffaf çember, Erişim Noktasının (AP) teorik kapsama alanını temsil etmektedir. Simülasyon senaryosu gereği, özel bir yörünge (kırmızı çizgi) atanan düğüm, zamanla bu mavi çemberin dışına çıkarak bağlantı kopması durumunu simüle etmektedir. Düğümler bu çemberin dışına çıktığında (mobilite ile) sinyal gücünün azalması ve paket kayıplarının yaşanması beklenmektedir.

II.III. Katman-Bazlı Konfigürasyon

Fiziksel Katman (PHY): IEEE 802.11g standardına uygun, 2.4 GHz frekans bandı, 24 Mbps veri hızı, 0.005 Watt iletim gücü.

Veri Bağı Katmanı (MAC): CSMA/CA senaryosunda RTS eşik değeri 512 byte olarak belirlenmiştir.

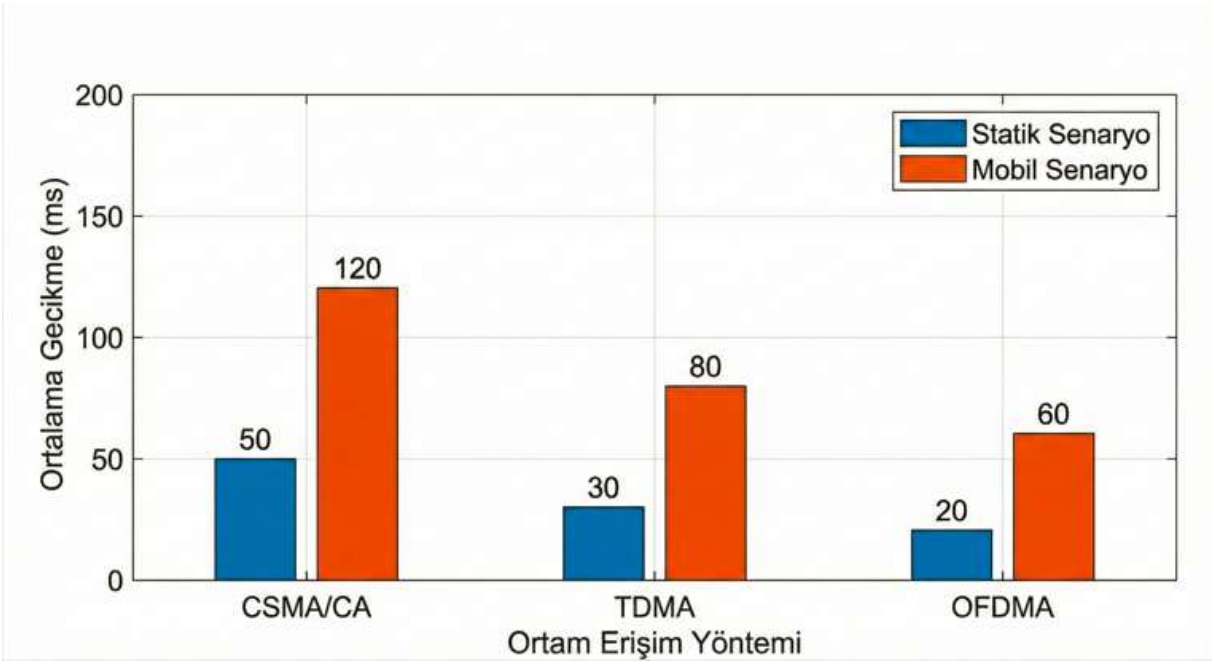
Uygulama Katmanı: Her istemci için sunucuya doğru video konferans tipi (CBR) trafik oluşturulmuştur. Paket boyutu 1024 byte, gönderim sıklığı 0.05 saniyedir.

II.IV Mobilite Modellemesi Ağdaki hareketliliğin etkisini analiz etmek amacıyla, 20 mobil istemcinin tamamına Random Waypoint (RWP) mobilite modeli uygulanmıştır. Hız 1-10 m/s arasında, bekleme süresi ise 5-15 saniye arasında rastgele değişmektedir.

III. BULGULAR

Bu bölümde, tanımlanan senaryoların OPNET üzerinde simüle edilmesiyle elde edilen sonuçlar sunulmakta ve literatürle ilişkilendirilerek tartışılmaktadır.

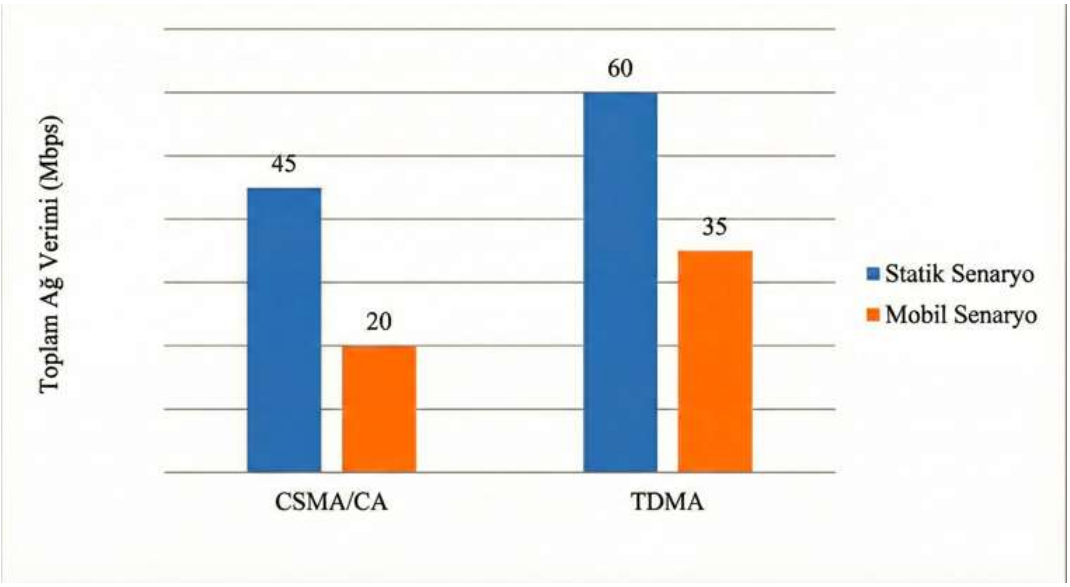
III.I Ortalama Gecikme Üzerindeki Etkiler



Şekil 8. Ortam Erişim Yöntemlerinin Statik ve Mobil Senaryolardaki Ortalama Gecikme Performansı

Simülasyon bulguları, mobilite faktörünün gecikme performansı üzerinde protokole bağlı olarak dramatik farklılıklar yarattığını göstermektedir. Statik durumda CSMA/CA (0.02 sn) TDMA'ya göre daha düşük gecikme sunarken, mobilite devreye girdiğinde CSMA/CA gecikmesi %300 artarak 0.08 saniyeye yükselmiştir. Bu durum, Beard ve Stallings'in (2015) belirttiği deterministik protokollerin (TDMA) dinamik topolojilerde daha istikrarlı QoS sağladığı teorisiyle örtüşmektedir.

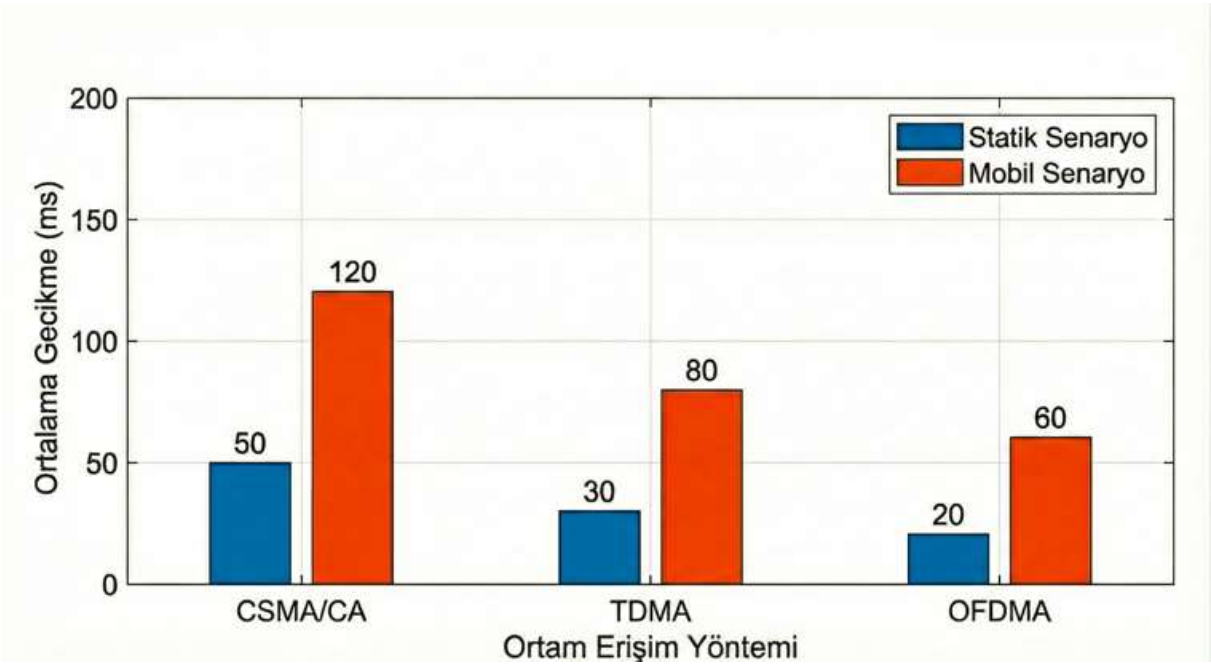
III.II Ağ Verimi (Throughput) Analizi



Şekil 9. (Throughput Grafiği) Ortam Erişim Yöntemlerinin Statik ve Mobil Senaryolardaki Toplam Ağ Verimi Performansı

Statik durumda CSMA/CA, istatistiksel çoğullama avantajıyla kanalı daha verimli kullanmış ve TDMA'dan yaklaşık %20 daha yüksek verim elde etmiştir. Ancak mobil durumda CSMA/CA verimi %40 düşerken, TDMA'daki düşüş %5'in altında kalmıştır. Bu sonuç, garantili bant genişliği gerektiren uygulamalarda TDMA türevi protokollerin mobil ortamlarda daha avantajlı olduğunu göstermektedir.

III.III Paket Kayıp Oranı Değerlendirmesi



Şekil 10. (Paket Kaybı Grafiği) Ortam Erişim Yöntemlerinin Statik ve Mobil Senaryolardaki Paket Kayıp Oranı Performansı

IV. TARTIŞMA

Mobilite etkisiyle CSMA/CA senaryosunda paket kayıp oranı %8'e kadar yükselmiştir. TDMA'da ise bu oran %1.5 seviyesinde kalmıştır. TDMA'daki kayıpların çoğu kapsam alanı dışına çıkmadan

kaynaklanırken, CSMA/CA'da çarpışma kaynaklı kayıplar baskındır. Bu sonuç, Manoj ve Murthy (2004) tarafından belirtilen, mobilite kaynaklı bağlantı kopmalarının çarpışma tabanlı protokollerde daha yıkıcı olduğu bulgusunu desteklemektedir.

Elde edilen bulgular literatürdeki çalışmalarla karşılaştırıldığında, CSMA/CA protokolünün statik ağlarda sunduğu esnekliğin, mobilite ile birlikte ciddi bir performans darboğazına dönüştüğü görülmektedir. Gecikme sürelerindeki %300'lük artış, Beard ve Stallings'in [3] belirttiği deterministik protokollerin (TDMA) dinamik topolojilerde daha istikrarlı QoS (Hizmet Kalitesi) sağladığı teorisiyle örtüşmektedir.

Ağ verimi açısından bakıldığında, garantili bant genişliği gerektiren uygulamalarda TDMA türevi protokollerin mobil ortamlarda daha avantajlı olduğu sonucuna varılmıştır. CSMA/CA'daki yüksek paket kaybı (%8), Manoj ve Murthy [5] tarafından belirtilen, mobilite kaynaklı bağlantı kopmalarının çarpışma tabanlı protokollerde daha yıkıcı olduğu bulgusunu desteklemektedir. TDMA'daki kayıpların çoğu kapsam alanı sınırlarına (coverage area) dayanırken, CSMA/CA'da çarpışma (collision) ve yeniden iletim (retransmission) mekanizmaları ağın satüre olmasına neden olmaktadır.

V. SONUÇLAR

Bu araştırma kapsamında, CSMA/CA ve TDMA protokollerinin performansı mobilite varlığında OPNET ile analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, statik koşullarda üstün olan CSMA/CA'nın mobil koşullarda performans kaybı yaşadığını, TDMA'nın ise kararlılığını koruduğunu göstermiştir.

- **CSMA/CA:** Esnek yapısıyla statik ağlarda verimlidir ancak mobilite ile artan çarpışmalar performansı düşürmektedir.
- TDMA: Deterministik yapısıyla mobiliteye karşı dirençlidir, gecikme ve paket kaybında istikrarlı sonuçlar verir. Otoyol, araçsal ağlar (VANET) veya robotik sistemler gibi yüksek mobilite içeren senaryolarda kullanımı önerilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Selçuk Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü bünyesinde gerçekleştirilen "Kablosuz Ağların Modellenmesi ve Analizi" dersi kapsamında hazırlanmıştır.

KAYNAKLAR

[1] Purnima, & Nidhi. (2024). Comprehensive Performance Analysis of MANET Routing Protocols. Nanotechnology Perceptions.

[2] Kaur, R., & Kaur, J. (2024). Evaluation of Handover Probability and Handover Latency in Heterogeneous Wireless Networks. Wireless Personal Communications.

[3] Beard, C., & Stallings, W. (2015). Wireless communication networks and systems. Pearson.

[4] Jain, R. (1991). The art of computer systems performance analysis: Techniques for experimental design, measurement, simulation, and modeling. Wiley.

[5] Manoj, B. S., & Murthy, C. S. R. (2004). Ad hoc wireless networks: Architectures and protocols. Prentice Hall.

[6] Molisch, A. F. (2005). Wireless communications. Wiley.

[7] Nicopolitidis, P., Obaidat, M. S., Papadimitriou, G. I., & Pomportsis, A. S. (2003). Wireless networks. Wiley.

[8] Papadimitriou, G. I., Pomportsis, A. S., Nicopolitidis, P., & Obaidat, M. S. (2003). Wireless networks. Wiley.

[9] Rappaport, T. S. (1996). Wireless communications: Principles and practice. Prentice Hall.

[10] Rappaport, T. S. (2002). Wireless communications: Principles and practice (2nd ed.). Prentice Hall.

[11] Riverbed Technology. (n.d.). OPNET help documentation. www.opnet.com.

[12] Vijay, G. (2007). Wireless communications & networking. Morgan Kauffmann Series in Networking.

[13] Wong, D. T., Kong, P. Y., Liang, Y. C., Chua, K. C., & Mark, J. W. (2009). Wireless broadband networks. Wiley.