

Elektrikli Araç Filoları için Nesnelerin İnterneti Tabanlı Haberleşme Sistemi Gerçekleşmesi

Implementation of IoT-Based Communication System for Electric Vehicle Fleets

Metin Yılmaz^{1,3}, Burak Kanber³, Yunus Sabri Kırca^{1,3}, Serhat Kahraman^{1,3}, Kemal Özkan^{1,3}, Uğur Yayan^{1,3}, İnci Sarıçiçek^{2,3}, Eyüp Çınar^{1,3}, Metin Özkan^{1,3}, Ahmet Yazıcı^{1,3}

¹Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

²Endüstri Mühendisliği Bölümü
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

³Center of Intelligent Systems Applications
Research (CISAR)
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

503020211005@ogrenci.ogu.edu.tr, burak2kanber@gmail.com, yunussabri.kirca@ogu.edu.tr,
serhatkahraman183@gmail.com, kozkan@ogu.edu.tr, ugur.yayan@ogu.edu.tr, incid@ogu.edu.tr,
eyup.cinar@ogu.edu.tr, meozkan@ogu.edu.tr, ayazici@ogu.edu.tr

Özet— Elektrikli araç filolarının yönetimi, araçlardan toplanan verilerin hızlı, güvenilir ve ölçeklenebilir bir şekilde işlenmesini ve analiz edilmesini gerektirir. Ancak, büyük ölçekli veri akışı, haberleşme sistemleri üzerinde yüksek bant genişliği kullanımı ve gecikmeler gibi sorunlara yol açabilir. Bu çalışmada, elektrikli araçlardan elde edilen sensör verilerinin ön işleme tabi tutulduğu ve merkezi sisteme daha verimli bir şekilde aktarıldığı bir haberleşme yapısı tasarlanmıştır. Bu yapı hem gerçek araçlardan gelen verilerin hem de simülasyon ortamında üretilen verilerin merkezi ara katman sistemi ile entegre edilmesini sağlamaktadır. Yapılan testler sonucunda, sistemin veri iletim hızında iyileşme sağladığı ve veri kaybı oranının %0.02 seviyelerine indirildiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler — Nesnelerin İnterneti, Elektrikli Araç, Veri Yönetimi, Haberleşme, Sensör Verisi, Ara Katman

Abstract— The management of electric vehicle (EV) fleets requires fast, reliable, and scalable processing and analysis of collected data. However, large-scale data flow can lead to high bandwidth usage and delays in communication systems. In this study, a communication structure is designed where sensor data obtained from EVs is pre-processed and transmitted to the central system more efficiently. This structure facilitates the integration of both real vehicle data and simulation-generated data with the central middleware system. Performance tests indicate that the system achieved improved data transmission speed and reduced data loss rate to approximately 0.02%.

Keywords — Internet of Things, Electric Vehicle, Data Management, Communication, Sensor Data, Middleware

I. GİRİŞ

Teknolojik gelişmelerin hızla ilerlemesi, ulaşım ve enerji yönetimi alanlarında daha akıllı ve verimli çözümler geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Elektrikli araç filoları, sürdürülebilir ulaşım politikalarının temel unsurlarından biri haline gelmiş olup, bu araçların etkin yönetimi için doğru ve

zamanında veri işleme süreçleri kritik bir gereksinim haline gelmiştir. Nesnelerin İnterneti (Internet of Things - IoT) kapsamında Ara katman (middleware), farklı sistemler ve cihazlar arasındaki veri alışverişini düzenleyerek entegrasyonu ve birlikte çalışabilirliği sağlar. IoT ara katmanı, IoT cihazlarından gelen verilerin standart hale getirilmesi, ön işleme tabi tutulması ve güvenilir bir şekilde merkezi sistemlere aktarılması için kullanılan bir yapı olarak öne çıkmaktadır. FIWARE mimarisi, IoT tabanlı sistemlerde veri yönetimini ve farklı protokoller arasında veri alışverişini sağlayan açık kaynaklı bir ara katman platformudur [1]. Elektrikli araçlardan toplanan büyük miktarda veri, verimli bir şekilde işlenmediğinde haberleşme trafiğini artırabilir ve sistemin performansını olumsuz etkileyebilir. Geleneksel merkezi haberleşme yaklaşımlarında, tüm verilerin doğrudan ana sunucuya iletilmesi yüksek bant genişliği kullanımı, veri kaybı ve haberleşme gecikmeleri gibi sorunlara yol açmaktadır. Bu nedenle, verilerin ön işleme tabi tutulması ve merkezi sistemle daha dengeli bir veri akışı sağlanması gerekmektedir. Elektrikli araçlardan elde edilen veriler, doğrudan merkezi bir sunucuya gönderildiğinde haberleşme ağı üzerindeki yükü artırarak sistem verimliliğini düşürebilir. Özellikle büyük ölçekli filo yönetimlerinde gerçek zamanlı veri işleme ihtiyacı arttıkça, merkezi sistem üzerindeki trafik haberleşme sürelerini uzatmakta ve karar verme mekanizmalarının etkinliğini azaltmaktadır. Bu çalışmada, IoT ara katmanı kullanılarak araçlardan toplanan verilerin merkezi sisteme aktarılmadan önce ön işleme tabi tutulması ve optimize edilmesi sağlanmıştır. Böylece, haberleşme yükü önemli ölçüde azaltılmış, veri kayıpları en aza indirilmiştir ve sistemin daha güvenilir çalışması sağlanmıştır. FIWARE tabanlı entegrasyon, farklı kaynaklardan gelen verilerin merkezi ara katman sisteminde daha düzenli ve standart hale getirilmesini sağlayarak, filo yönetim süreçlerini iyileştirmiştir. Bu çalışmanın katkıları şunlardır:

- Sensör verileri, merkezi sisteme aktarılmadan önce yerel olarak işlenmiş böylece haberleşme trafiği azaltılmıştır, veri kaybı oranı %0.02 seviyelerine çekilerek sistem güvenilirliği artırılmıştır.
- Araçlardan toplanan veriler gerçek zamanlı olarak analiz edilerek, filo yöneticilerinin daha hızlı ve güvenilir kararlar almasına olanak tanınmıştır.
- Gerçek zamanlı harita arayüzü kullanılarak, araç konumları, batarya durumu ve hız bilgileri anlık olarak izlenmiştir.
- Sistem hem simülasyon ortamında hem de gerçek dünya uygulamalarında etkin bir şekilde kullanılabilme esnekliği sunarak akıllı şehir uygulamalarında yenilikçi bir çözüm sunmaktadır.

Çalışma, FIWARE tabanlı haberleşme altyapısının nasıl uygulanabileceğine dair önemli katkılar sunmaktadır. Yayının devamında yapı şu şekilde düzenlenmiştir: Sonraki bölümde literatür özetinde ilgili çalışmalar incelenerek mevcut yaklaşımlar karşılaştırılmıştır. III. bölümde materyal ve metot, elektrikli araç filolarının haberleşme süreçlerindeki zorluklar ele alınmıştır. Ayrıca sistem mimarisi, kullanılan donanım ve yazılım bileşenleri ile veri toplama yöntemleri de bu bölümde açıklanmıştır. IV. bölümde bulgular ve tartışma, önerilen mimarinin performans analizleri sunulmuş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. V. bölümde sonuçlar, çalışmanın katkıları özetlenerek gelecekteki çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur

II. LİTERATÜR ÖZETİ

Elektrikli araç filolarının yönetimi, artan şehir içi ulaşım talepleri ve sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda giderek daha kritik bir konu haline gelmiştir. Veri iletiminde düşük gecikme, yüksek güvenilirlik ve ölçeklenebilir haberleşme sistemleri, filo yönetiminin etkinliğini artırmada temel gereksinimler arasındadır [2]. Ancak, geleneksel merkezi haberleşme sistemleri yüksek gecikme, veri tıkanıklığı ve senkronizasyon sorunları nedeniyle büyük ölçekli filo yönetiminde yetersiz kalmaktadır [3]. Bu doğrultuda, IoT tabanlı haberleşme sistemleri filo yönetimine entegrasyon sağlayarak veri akışını optimize etmektedir. IoT fiziksel cihazların internet üzerinden haberleşmesini sağlayan teknolojileri kapsar. Bu sistemlerin verimli çalışabilmesi için ara katman çözümleri kritik bir rol oynamaktadır. Ara katman yazılımları, farklı sensörlerden gelen verileri merkezi sisteme aktarmadan önce işleyerek, doğruluk ve tutarlılığı artırır ve veri bütünlüğünü sağlar [4]. Özellikle Message Queuing Telemetry Transport (MQTT), düşük bant genişliği ihtiyacı ve gecikme süresi avantajlarıyla gerçek zamanlı veri aktarımı için yaygın olarak tercih edilmektedir [5-6]. SUMO (Simulation of Urban Mobility) ise, rota optimizasyonu ve enerji yönetimi gibi süreçlerde trafik senaryolarını simüle etmek amacıyla kullanılmaktadır [7]. SUMO'nun gerçek zamanlı filo yönetimiyle entegrasyonu, rota doğruluğunu artırarak enerji verimliliğine katkı sağlamaktadır [8]. FIWARE platformu, IoT ekosisteminde veri yönetimi ve haberleşmeyi kolaylaştıran açık kaynaklı bir çözüm olarak çeşitli çalışmalarda ele alınmıştır [9]. Bu platformun temel bileşenlerinden biri olan Orion Context Broker, farklı protokollerle gelen verileri entegre ederek sistemin senkronizasyonunu sağlamaktadır [10]. Ayrıca, uç cihazlar, araç içi veri işleme süreçlerinde merkezi sunucunun işlem yükünü azaltarak veri iletimini hızlandırmaktadır. Batarya

yönetim sistemleri (BMS), Controller Area Network (CAN) bus, GPS, sıcaklık ve eğim sensörlerinden alınan veriler yerel olarak işlenmekte ve MQTT protokolü aracılığıyla FIWARE'a aktarılmaktadır [11]. Literatürde MQTT'nin düşük gecikmeli veri iletim avantajına sahip olduğu, buna karşılık HTTP/REST API'nin bağlantı başlatma ve kapatma süreçleri nedeniyle daha yüksek gecikme ve bant genişliği tüketimine yol açtığı belirtilmektedir [12].

III. MATERYAL VE METOT

Elektrikli araç filolarının yönetimi, farklı veri kaynaklarından gelen verilerin güvenilir ve hızlı bir şekilde işlenmesini gerektirir. Mevcut haberleşme sistemleri, yüksek gecikme süresi, senkronizasyon sorunları ve veri kayıpları nedeniyle etkin bir çözüm sunamamaktadır. Bu çalışmada, veri akışını optimize eden, gecikmeyi azaltan ve farklı sistemleri entegre eden bir haberleşme yapısı geliştirilmiştir. Araçlardan gelen veriler, yerelde işlenerek merkezi sisteme daha verimli şekilde aktarılmış, böylece sistem performansı artırılmıştır. Önerilen çözüm, filo yönetim süreçlerini iyileştirerek daha hızlı, ölçeklenebilir ve güvenilir bir haberleşme altyapısı sunmaktadır.

Çalışma kapsamında, SUMO simülasyon ortamı, FIWARE platformu ile entegre edilerek gerçek araç verilerinin merkezi sistemde düzenli bir şekilde işlenmesi sağlanmıştır. FIWARE, IoT ekosisteminde veri yönetimi ve haberleşmeyi kolaylaştıran açık kaynaklı bir platform olup, farklı cihazlardan gelen verileri ortak bir çerçevede işleyerek sistemlerin uyum içinde çalışmasını sağlar. Bu bağlamda, FIWARE'ın temel bileşenlerinden biri olan Orion Context Broker, sistemin farklı veri kaynaklarından gelen bilgileri bir ara katmanda birleştirmesine olanak tanımıştır. Bu sayede, gerçek araçlardan ve simülasyon ortamından gelen veriler eşzamanlı işlenmiş, SUMO ortamındaki simülasyon verileri ile sahadan gelen gerçek verilerin senkronizasyonu sağlanmıştır. Bu çalışmada, elektrikli araç filolarının haberleşme süreçlerini optimize etmek amacıyla bir kampüs ortamında test edilen bir haberleşme ve veri yönetimi sistemi geliştirilmiştir. Sistemde, araçlardan alınan verilerin toplanması, işlenmesi, merkezi sunucuya aktarılması ve filo yönetim kararlarında kullanılması için uç cihazlar, FIWARE platformu, SUMO simülasyon ortamı ve kullanıcı arayüzü entegre edilmiştir.

A. Veri Toplama ve İşleme

Elektrikli araçlarda iki adet uç cihaz bulunmaktadır. Bunlardan biri, araç içi sensörlerden gelen verileri işleyerek merkezi sisteme aktarmakla görevlidir. Diğeri de rota hesaplama ve şarj tahmini yapma gibi işlemleri gerçekleştirmektedir. Bu cihazlar, CAN bus ağı, GPS, sıcaklık, eğim ve batarya yönetim sisteminden gelen verileri toplar. Özellikle iç sıcaklık ve eğim sensörleri özel bir modül üzerinden sağlanırken, dış sıcaklık ve konum verileri farklı sensörlerden elde edilmektedir. Toplanan tüm veriler, uç cihazlarda geçici olarak depolanır ve ön işleme tabi tutulur. Daha sonra bu veriler, haberleşme protokolleri aracılığıyla FIWARE platformuna aktarılır. MQTT, kritik verileri düşük gecikmeyle iletir; REST API ise bağlantı başlatma ve kapatma nedeniyle daha yavaş kalmaktadır. Araçlar park istasyonuna ulaştığında, uç cihazlar topladıkları verileri uygun formata dönüştürerek merkezi sunucuya

gönderir. Bu süreç hem gerçek zamanlı veri akışı hem de toplu veri aktarımı için optimize edilmiştir. FIWARE Orion Context Broker, farklı veri kaynaklarını entegre ederek merkezi veri yönetimi sağlamış; uç cihazlarda şifreleme ve kimlik doğrulama ile veri güvenliği uygulanmıştır. SUMO simülasyon ortamı, bu verileri kullanarak filo operasyonlarının gerçek zamanlı analizini yapmaktadır. Şekil 1’de gösterildiği gibi, sistem fiziksel bileşenler, simülasyon ortamı ve veri yönetimi katmanlarından oluşmaktadır.



Şekil 1. Sistem Mimarisi

B. Haberleşme ve Entegrasyon

Araçlardan gelen tüm veriler, uç cihazlar aracılığıyla FIWARE platformuna aktarılmaktadır. MQTT protokolü, düşük gecikmeli veri aktarımını sağlarken, FIWARE üzerinden çalışan merkezi birimler, gelen verileri anlamlandırarak filo yönetimi ve enerji tüketimi tahmini için işlemektedir. Simülasyon tabanlı analizler için SUMO simülasyon ortamı, TRACI arayüzü kullanılarak gerçek dünya verileriyle senkronize edilmiştir. Bu sayede, filo yöneticileri gerçek zamanlı trafik optimizasyonu ve rota planlaması yapabilmektedir. WebSocket protokolü, kullanıcı arayüzü ile merkezi sunucu arasında çift yönlü veri akışını sağlarken, REST API üzerinden tarihsel filo verilerine erişim sağlanmıştır.

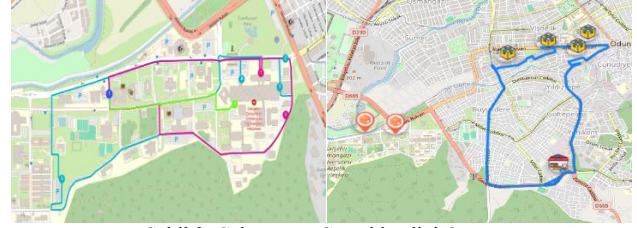
C. Görselleştirme ve Kullanıcı Arayüzü

Araçların konum ve rota verileri, React ve Leaflet tabanlı bir harita arayüzü ile filo yöneticilerine sunulmuştur. WebSocket desteği, kullanıcıların araçların konum, hız ve batarya durumlarını gerçek zamanlı takip etmelerini sağlamıştır. FIWARE Orion Context Broker, arayüz ile senkronize çalışarak kesintisiz ve güncellenmiş veri akışı sağlamıştır.

IV. BULGULAR VE TARTIŞMA

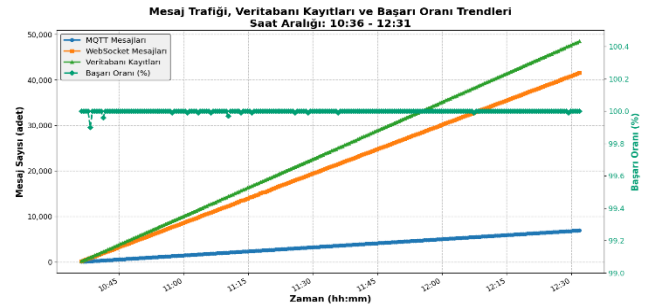
Bu çalışmada geliştirilen sistem, elektrikli araç filolarında veri toplama, işleme ve haberleşme süreçlerini iyileştirerek operasyonel verimliliği artırmıştır. Araçlardan toplanan verilerin etkin bir şekilde işlenmesi ve analiz edilmesi, sistemin hızlı ve güvenilir veri akışı sağlamasına katkıda bulunmuştur. Özellikle rota optimizasyonu ve enerji yönetimi, verilerin zamanında işlenmesiyle anlamlı olarak gerçekleştirilmiş ve filo yöneticilerinin doğru kararlar almasına imkân tanımıştır. Önerilen haberleşme yapısı, veri iletiminde gecikmeleri minimuma indirerek araçların konum, batarya şarj seviyesi ve diğer operasyonel parametrelerinin gerçek zamanlı olarak takip edilmesini sağlamıştır. Geliştirilen sistem, esnek ve ölçeklenebilir mimarisi sayesinde farklı filo yönetim senaryolarına kolayca adapte edilebilmektedir. Veri toplama ve işleme süreçleri, uç cihazları sayesinde, merkezi olmayan bir yapıyla çalışarak, sistem üzerindeki yükü azaltmış ve

haberleşme verimliliğini artırmıştır. Şekil 2’de gösterilen çalışma, bir üniversite kampüsünde ve yaklaşık 8.2 km uzunluğundaki dış ortam rotasında gerçekleştirilmiş olup, sistemin farklı çevresel koşullarda test edilmesine olanak tanımıştır.



Şekil 2. Çalışmanın Gerçekleştiği Ortam

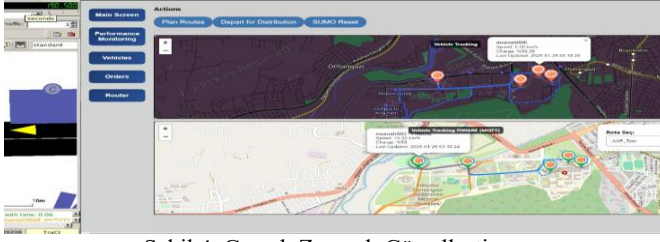
Farklı haberleşme protokollerinin uyumlu bir şekilde entegre edilmesi, veri kaybını minimuma indirerek güvenilir bir haberleşme altyapısı oluşturmuştur. Araçlardan alınan veriler, rota planlaması ve enerji tüketimi analizlerinde kullanılarak operasyonel maliyetleri düşürmüş ve çevresel etkileri azaltmıştır. Gerçek zamanlı veri akışı, filo içerisindeki araçların performansının sürekli izlenmesini sağlamış ve gerektiğinde hızlı müdahalelerin yapılmasına olanak tanımıştır. Yapılan testlerde veri toplama aralığı 30 saniye olarak belirlenmiş; ortalama 20 km/s hızla gerçekleştirilen sürüşler sırasında sürekli veri akışı sağlanmıştır. Toplamda 100.000’den fazla veri paketi işlenmiş, yaklaşık 22 dakika süren test boyunca %0.02 oranında veri kaybı kaydedilmiştir. Sistem başarısı %99.98’in üzerinde seyretmiş ve farklı saha koşullarında istikrarlı veri iletimi sağlandığı gözlemlenmiştir. Önerilen sistemin modüler ve esnek yapısı, yeni teknolojilerin entegrasyonunu kolaylaştırarak gelecekteki iyileştirmeler için sağlam bir temel oluşturmuştur. Şekil 3, mesaj trafiği, veritabanı kayıtları ve başarı oranı eğilimlerini göstermektedir. Şekil 3, mesaj trafiği, veritabanı kayıtları ve başarı oranı eğilimlerini göstermektedir.



Şekil 3. Mesajlar, Veritabanı Kayıtları ve Başarı Oranı Trendleri

Bu grafik, araçların hız değişimleri ve batarya seviyelerinin zaman içindeki değişimlerini göstermektedir. Verilerin düzenli ve etkin bir şekilde işlenmesi, analizlerin hızlı ve güvenilir bir şekilde yapılmasına imkân tanımıştır. Geliştirilen veri işleme altyapısı, farklı kaynaklardan gelen verilerin ara katmanda toplanarak sunucuya iletilmiş ve filo yönetimi için kullanılmasını sağlamıştır. Gerçek araçlardan ve simülasyon ortamından alınan verilerin senkronize edilmesi, sistemin doğruluğunu artırarak filo yönetimini daha etkin hale getirmiştir. Şekil 4, geliştirilen görselleştirme sisteminin, araçların konum, hız ve

batarya seviyelerinin gerçek zamanlı olarak izlenmesini nasıl sağladığını göstermektedir.



Şekil 4. Gerçek Zamanlı Görselleştirme

Gerçek zamanlı haberleşme altyapısı, araç hareketlerinin dinamik olarak takip edilmesini sağlamıştır. Toplanan ve işlenen araç verileri, haberleşme protokolü üzerinden düşük gecikmeyle iletilmiş ve filo yöneticilerinin hızlı kararlar almasına olanak tanımıştır. Bu sistem, detaylı analiz ve görselleştirme yetenekleri sayesinde filo yöneticilerinin araç performansını sürekli değerlendirmesine ve operasyonlarını optimize etmesine olanak tanımıştır. Kesintisiz veri akışı ve haberleşme süreçlerindeki verimlilik, sistemin genel performansını artırarak büyük ölçekli elektrikli araç filolarında uygulanabilirliğini kanıtlamıştır.

V. SONUÇ

Bu çalışma, elektrikli araç filolarının yönetimi için IoT tabanlı haberleşme altyapısının FIWARE platformu ile entegrasyonunu ele alarak veri iletişiminde güvenilirlik, ölçeklenebilirlik ve düşük gecikme süresi açısından sağladığı avantajları ortaya koymaktadır. Geliştirilen sistem, farklı haberleşme protokollerini entegre ederek veri kaybını en aza indirmiş; kampüs ortamında ve çeşitli saha koşullarında, gerçek zamanlı trafik senaryoları altında gerçekleştirilen testlerde, sistemin gerçek zamanlı filo yönetimi süreçlerini etkin biçimde optimize ettiği ve veri kaybı gibi öngörülen potansiyel sorunlara ilişkin herhangi bir işlevsel aksaklığa rastlanmadığı tespit edilmiştir. Önerilen sistem, sensör verilerinin yerel olarak ön işlenmesi, düşük gecikmeli haberleşme protokollerinin kullanımı ve FIWARE tabanlı veri entegrasyonu sayesinde, büyük ölçekli filo yönetimlerinde veri akışını optimize etmiştir. SUMO simülasyon ortamı ile entegre edilen yapı, gerçek dünyadan alınan araç hareket verilerinin simülasyon ortamında doğrulanmasına olanak tanımış, böylece rota planlama ve enerji tüketimi optimizasyonunda daha güvenilir analizler yapılmıştır. Gerçekleştirilen testler, sistemin veri aktarım hızını artırarak haberleşme gecikmelerini azalttığını ve filo yönetim süreçlerinde karar alma mekanizmalarını güçlendirdiğini göstermektedir. Anlık veri işleme ve görselleştirme yetenekleri, operasyonel kararların daha hızlı ve doğru bir şekilde alınmasına katkıda bulunmuştur. Çalışmada kullanılan modüler ve ölçeklenebilir mimari, gelecekteki yapay zekâ destekli karar alma sistemleriyle entegrasyonu mümkün kılmakta ve filo yönetim süreçlerini daha akıllı hale getirme potansiyeli taşımaktadır. Bununla birlikte, FIWARE platformunun sağladığı açık kaynaklı altyapı, sistemin gelecekte farklı haberleşme protokollerine uyum sağlamasına ve yeni nesil filo yönetim teknolojileriyle entegre edilmesine imkân tanımaktadır. Bu bağlamda, çalışma elektrikli araç filoları için düşük maliyetli, yüksek performanslı ve güvenilir bir haberleşme

altyapısı sunarak, akıllı ulaşım sistemlerine yönelik literatürde önemli bir katkı sağlamaktadır. Gelecek çalışmalarda, 5G haberleşme protokolü ile entegrasyon sağlanarak yüksek hızlı veri iletimi ve düşük gecikme avantajlarının sisteme kazandırılması, böylece filo yönetim süreçlerinde performansın ve ölçeklenebilirliğin daha da artırılması hedeflenmektedir.

VI. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'nun (TUBİTAK) 22AG040 nolu "Sürdürülebilir Kentler için İleri Teknolojiler Platformu (SÜİT)" projesi ve 222N269 nolu "Optimization of Electric Vehicle Autonomy (OPEVA)" projesi tarafından desteklenmiştir.

This study is supported by the OPEVA project, which has received funding within the Chips Joint Undertaking (Chips JU) from the European Union's Horizon Europe Programme and the National Authorities (France, Belgium, Czechia, Italy, Portugal, Turkey, Switzerland), under grant agreement 101097267. The views and opinions expressed are, however, those of the author(s) only, and do not necessarily reflect those of the European Union or the Chips JU. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.

KAYNAKLAR

- [1] FIWARE Foundation, "FIWARE: Open APIs for Open Minds," FIWARE Technical Documentation, 2024.
- [2] J. Hu, H. Morais, T. Sousa, and M. Lind, "Electric vehicle fleet management in smart grids: A review of services, optimization and control aspects," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 56, pp. 1207–1226, Jan. 2016.
- [3] S. M. Hosseini, R. Carli, and G. Cavone, "Distributed control of electric vehicle fleets considering grid congestion and battery degradation," *Internet Technol. Lett.*, vol. 3, no. 2, pp. e161, 2020.
- [4] M. Mierau, S. Fey, and R. Kohrs, "Communication solutions for a cloud-based charging management system for a fleet of shared-use electric vehicles," in *Proc. World Electr. Veh. Symp. Exhibit. (EVS27)*, Barcelona, Spain, Nov. 2013, pp. 1–10.
- [5] R. Carli and M. Dotoli, "A distributed control algorithm for optimal charging of electric vehicle fleets with congestion management," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 51, no. 9, pp. 63–68, 2018.
- [6] E. Sevim, U. E. Dalgıç, M. Yılmaz, and E. Çınar, "Optimization of Charging Prediction in Electric Vehicle Fleets: An Integrated Approach with EdgeAI and Data Flow Pipelines", in *Proc. IEEE Int. Conf. Commun. Netw.*, 2024.
- [7] S. Mehar, S. Zeadally, and G. Remy, "Sustainable transportation management system for a fleet of electric vehicles," *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 15, no. 3, pp. 1118–1128, 2014.
- [8] I. S. Bayram and I. Papapanagiotou, "A survey on communication technologies and requirements for internet of electric vehicles," *EURASIP J. Wireless Commun. Netw.*, vol. 2014, no. 223, pp. 1–17, 2014.
- [9] M. Schaffers, "FIWARE IoT Stack: Enabling Open Source Solutions for IoT Integration," *SSRN*, 2024.
- [10] V. del Razo and C. Goebel, "Vehicle-originating-signals for real-time charging control of electric vehicle fleets," *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 6, no. 2, pp. 1019–1029, 2015.
- [11] J. Rivera, C. Goebel, and H. A. Jacobsen, "Distributed convex optimization for electric vehicle aggregators," *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 8, no. 4, pp. 1855–1866, 2016.
- [12] N. Naik, "Choice of effective messaging protocols for IoT systems: MQTT, CoAP, AMQP and HTTP," in *Proc. IEEE Int. Syst. Eng. Symp. (ISSE)*, Vienna, Austria, Oct. 2017, pp. 1–7, doi: 10.1109/SysEng.2017.8088251.