➢ *ORAL PRESENTATION*

Sürdürülebilir Enerji Yönetimi için IoT Çözümü: Raspberry Pi, Docker ve Bulut Tabanlı İzleme Mimarisi

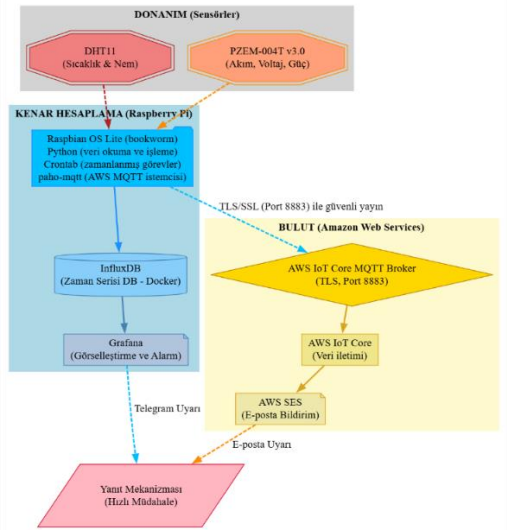
Hüseyin Parmaksız[1*](*ORCID:* https://orcid.org/0000-0001-8455-5625), Emine Nur Çalı[1] (*ORCID: https://orcid.org/0009-0000-9626-0496*), Zeynep Özer[1] (*ORCID:* https://orcid.org/0009-0001-9383-229X)

[*1]Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, Bilecik, Türkiye.

[*]Sorumlu yazar e-posta: huseyin.parmaksiz@bilecik.edu.tr

Özet

EIA [1], IRENA [2], TotalEnergies [3], McKinsey [4] ve ExxonMobil [5,6] tarafından yayınlanan raporlar, enerji tüketiminin önümüzdeki yıllarda önemli ölçüde artacağını ve bu artışın sürdürülebilirlik için ciddi riskler oluşturabileceğini ortaya koymaktadır. Artan küresel enerji talebi, sürdürülebilirlik hedefleri ve uzaktan erişilebilir izleme çözümlerine duyulan ihtiyaç, enerji yönetim sistemlerinde yeni nesil yaklaşımları gerekli kılmaktadır. Bu gereksinimlere yanıt olarak, bu çalışma düşük maliyetli, modüler, yerel ve bulut tabanlı bir enerji izleme sistemi önermektedir. Kenar hesaplama sistemi, Raspberry Pi üzerinde çalışan Raspbian OS Lite (bookworm) ve Docker konteyner mimarisi üzerine inşa edilmiştir. DHT11 ortam sıcaklığı ve nem verilerini toplarken, PZEM-004T (v3.0) [7] modülü akım, voltaj ve enerji tüketimi verilerini toplamaktadır. Toplanan veriler, MQTT [8] protokolü aracılığıyla güvenli bir şekilde (TLS/SSL ile şifrelenmiş biçimde) Amazon Web Services (AWS) bulut altyapısına iletilmekte; kenar hesaplama (edge computing) ise Docker konteynerleri içerisinde çalışan InfluxDB veri tabanında zaman serisi formatında depolanmaktadır. Bu veriler, yine Docker üzerinde barındırılan Grafana arayüzü kullanılarak gerçek zamanlı analiz edilmekte ve görselleştirilmektedir. Olağandışı durumlar, AWS Simple Email Service (SES) tabanlı e-posta bildirim sistemi aracılığıyla ilgililere anlık olarak iletilmekte; bu sayede hızlı müdahale süreçlerini başlatan yanıt mekanizmaları etkin bir şekilde devreye alınmaktadır. Telegram Bot API ile bildirim mekanizması yedeklenmektedir. Çalışmanın genel mimari yapısı Şekil 1'de sunulmuştur. Çalışma, bireysel kullanıcılar ve KOBİ'ler için uygulanabilir bir çözüm sunarak enerji verimliliği, çevresel sürdürülebilirlik ve siber güvenlik risklerine katkıda bulunmaktadır. Ayrıca çalışmanın modüler yapısı ve genişletilebilir mimarisi; akıllı ev otomasyonu, elektrikli araçlar, OCPP destekli şarj istasyonları, yenilenebilir enerji sistemleri, endüstriyel IoT uygulamaları, mikro şebeke entegrasyonları gibi çeşitli enerji yönetimi senaryolarında kullanılma potansiyeli sunmakta olup, bu alanlarda geliştirilecek yeni nesil enerji yönetim sistemlerine rehberlik edebilir yapıdadır. Özellikle mimarinin esnek tasarımı, sadece enerji yönetimiyle sınırlı kalmayıp, donanımsal anomali tespiti gibi siber güvenlik uygulamalarında da değerlendirilebilecek bir altyapı sunmaktadır. Bu sayede IoT cihazlarından kaynaklı olağandışı veri davranışları erkenden tespit edilerek, sistem güvenliği proaktif şekilde sağlanabilmektedir.



Şekil 1. IoT, Docker, MQTT ve bulut tabanlı izleme ve uyarı sistemi.

Anahtar Kelimeler: Kenar hesaplama, IoT, Docker, Bulut bilişim, Siber güvenlik.

Referanslar

[1] U.S. Energy Information Administration. (2023). *International energy outlook 2023*. https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/IEO2023_Narrative.pdf

[2] International Renewable Energy Agency. (2023). *World energy transitions outlook 2023: 1.5 °C pathway* (Vol. 1). International Renewable Energy Agency. https://solarquarter.com/wp-content/uploads/2023/07/1688542036127.pdf

[3] TotalEnergies. (2023). Energy outlook 2023.https://totalenergies.com/system/files/documents/2023-11/EN_CP_TEO_2023.pdf

[4] McKinsey & Company. (2024). *Global energy perspective 2024*. https://www.mckinsey.com/industries/energy-and-materials/our-insights/global-energy-perspective

[5] ExxonMobil. (2023). *2023 global outlook: Executive summary*. https://corporate.exxonmobilresources.com/-/media/global/files/global-outlook/2023/2023-global-outlook-executive-summary.pdf

[6] ExxonMobil. (2024). *Global outlook: Our view to 2050*. https://corporate.exxonmobil.com/sustainability-and-reports/global-outlook#Projectionsandkeytakeaways

[7] Yasa, K. A., Purbhawa, I. M., Yasa, I. M. S., Teresna, I. W., Nugroho, A., & Winardi, S. (2023). IoT-based electrical power recording using ESP32 and PZEM-004T microcontrollers. *Journal of Computer Science and Technology Studies, 5*(4), 62–68. https://doi.org/10.32996/jcsts.2023.5.4.7

[8] Chen, Y., Sumiyoshi, D., Sakai, R., Yamamoto, T., Ueno, T., & Oh, J. (2024). *Development of low-cost IoT units for thermal comfort measurement and AC energy consumption prediction system (arXiv preprint arXiv:2411.19536)*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2411.19536