

## BÖLÜM 4

# NESNELERİN İNTERNETİNDE YENİ GELİŞEN TEKNOLOJİLER

İbrahim KÖK<sup>1</sup>

### GİRİŞ

Günümüzde internet kullanımı ve internet tabanlı uygulamaların sayısı her geçen gün artmaktadır. Bu artış, aynı zamanda internete bağlı cihazların sayısında da üstel bir artışa neden olmaktadır. Öngörülere göre, 2025 yılına kadar internete bağlı cihaz sayısının 75 milyara ulaşacağı beklenmektedir (1). Bu gelişmelerin doğal bir sonucu olarak, Nesnelerin İnterneti (Internet of Things - IoT) konsepti araştırmaların odak noktası haline gelmiş ve özellikle son 15 yılda hızla gelişme göstermiştir (2). IoT konsepti, her türlü fiziksel nesnenin internet aracılığıyla gerçek dünyadaki bağlantı ve iletişimini temsil eder. Fiziksel nesnelere örnek olarak sensörler, aktüatörler, ev eşyaları ve kişisel elektronik cihazlar gösterilebilir. Günümüzde IoT, akıllı ulaşım, akıllı şehirler, akıllı şebekeler, çevresel izleme, tıbbi ve sağlık sistemleri ve akıllı binalar gibi birçok uygulama alanında karşımıza çıkmaktadır.

Teknolojik ve bilimsel gelişmeler ışığında Avrupa Komisyonu dijital ekonominin büyüme potansiyelini en üst düzeye çıkarma amacıyla 2016 yılında Dijitalleşen Avrupa Endüstrisi girişimini başlatmıştır. Bu girişim “insan odaklı”, “yüksek düzeyde adaptif ve dayanıklı”, “güvenilir” ve “sürdürülebilir şekilde açık” özellikleriyle gelecek nesil interneti şekillendirmeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda gelecek nesil internet konsepti nesnelerin internetinin yanı sıra gizlilik ve güven, arama ve keşif, dağıtık mimari, blok zincir, sosyal medya ve etkileşimli teknolojiler gibi ileri teknolojilere odaklanması planlanmaktadır (3).

Mevcut hedefler doğrultusunda önümüzdeki yıllarda IoT alanında yapay zeka, otonom sistemler, dijital ikiz, uç hesaplama, dağıtık defter teknoloji, artırılmış gerçeklik, hiper bağlantı, dokunsal IoT, nano ve bio-nano nesnelerin interneti ve uçan nesnelerin interneti gibi yeni gelişen teknolojilerin birlikte kullanılacağı ön-

---

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, ikok@pau.edu.tr

## KAYNAKLAR

1. Houda, Z.A., B. Brik, and L. Khoukhi, "Why Should I Trust Your IDS?": An Explainable Deep Learning Framework for Intrusion Detection Systems in Internet of Things Networks. *Ieee Open Journal of the Communications Society*, 3: p. 1164-1176, 2022.
2. Gasmı, K., et al., A survey on computation offloading and service placement in fog computing-based IoT. *The Journal of Supercomputing*, 2022. 78(2): p. 1983-2014.
3. Brynskov, M., F.M. Facca, and G. Hrasko, Next Generation Internet of Things. H2020 Coordination and Support Action (CSA), NGIoT Consortium, p. 1-36, 2018.
4. Iqbal, W., et al., An In-Depth Analysis of IoT Security Requirements, Challenges, and Their Countermeasures via Software-Defined Security. *IEEE Internet of Things Journal*, 7(10): p. 10250-10276, 2020.
5. Palattella, M.R., et al., Internet of Things in the 5G Era: Enablers, Architecture, and Business Models. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 34(3): p. 510-527, 2016.
6. Kök, İ. and S. Özdemir, Deepmdp: A novel deep-learning-based missing data prediction protocol for iot. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(1): p. 232-243, 2020.
7. Kuzlu, M., C. Fair, and O. Guler, Role of artificial intelligence in the Internet of Things (IoT) cybersecurity. *Discover Internet of things*, 1(1): p. 1-14, 2021.
8. Mohammadi, M., et al., Deep Learning for IoT Big Data and Streaming Analytics: A Survey. *Ieee Communications Surveys and Tutorials*, 20(4): p. 2923-2960, 2018.
9. Kök, İ., F.Y. Okay, and S. Özdemir, FogAI: An AI-supported fog controller for Next Generation IoT. *Internet of Things*, 19: p. 100572, 2022.
10. Premsankar, G., M. Di Francesco, and T. Taleb, Edge Computing for the Internet of Things: A Case Study. *Ieee Internet of Things Journal*, 5(2): p. 1275-1284, 2018.
11. Vermesan, O. and J. Bacquet, Next generation Internet of Things: Distributed intelligence at the edge and human machine-to-machine cooperation. ISBN: 978-87-7022-007-1 (E-book), River Publishers, 2019.
12. Nguyen, D.C., et al., 6G Internet of Things: A Comprehensive Survey. *Ieee Internet of Things Journal*, 9(1): p. 359-383, 2022.
13. Zubair Islam, M., et al., IoTactileSim: A Virtual Testbed for Tactile Industrial Internet of Things Services. *Sensors*, 21(24): p. 8363, 2021.
14. Fettweis, G., et al., The tactile internet-ITU-T technology watch report. *Int. Telecom. Union (ITU)*, Geneva, 2014.
15. Simsek, M., et al., 5G-enabled tactile internet. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*. 34(3): p. 460-473, 2016.
16. Sharma, S.K., et al., Toward tactile internet in beyond 5G era: recent advances, current issues, and future directions. *Ieee Access*. 8: p. 56948-56991, 2020.
17. Minerva, R., G.M. Lee, and N. Crespi, Digital Twin in the IoT Context: A Survey on Technical Features, Scenarios, and Architectural Models. *Proceedings of the Ieee*, 108(10): p. 1785-1824, 2020.
18. Liu, Y.K., S.K. Ong, and A.Y.C. Nee, State-of-the-art survey on digital twin implementations. *Advances in Manufacturing*, 10(1): p. 1-23, 2022.
19. Wu, Y.W., K. Zhang, and Y. Zhang, Digital Twin Networks: A Survey. *Ieee Internet of Things Journal*, 8(18): p. 13789-13804, 2021.
20. Deng, T., K. Zhang, and Z.-J.M. Shen, A systematic review of a digital twin city: A new pattern of urban governance toward smart cities. *Journal of Management Science and Engineering*, 6(2): p. 125-134, 2021.
21. Saeed, Z.O., et al., Future City, Digital Twinning and the Urban Realm: A Systematic Literature Review. *Buildings*, 12(5): p. 685, 2022.
22. Shahat, E., C.T. Hyun, and C. Yeom, City digital twin potentials: A review and research agenda. *Sustainability*, 13(6): p. 3386, 2021.

23. You, D., et al., Internet of Things (IoT) for Seamless Virtual Reality Space: Challenges and Perspectives. *Ieee Access*, **6**: p. 40439-40449, 2018.
24. Mozumder, M.A.I., et al. Overview: technology roadmap of the future trend of metaverse based on IoT, blockchain, AI technique, and medical domain metaverse activity. in *2022 24th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)*, IEEE, Phoenix Pyeongchang, Korea, 2022.
25. Ning, H., et al., A Survey on Metaverse: the State-of-the-art, Technologies, Applications, and Challenges. *arXiv preprint arXiv:2111.09673*, 2021.
26. Li, K., et al., When internet of things meets metaverse: Convergence of physical and cyber worlds. *arXiv preprint arXiv:2208.13501*, 2022.
27. Rakovic, V., et al., Blockchain paradigm and internet of things. *Wireless Personal Communications*, **106**(1): p. 219-235, 2019.
28. Javaid, M., et al., Sustaining the healthcare systems through the conceptual of biomedical engineering: A study with recent and future potentials. *Biomedical Technology*, **1**: p. 39-47, 2023.
29. Akyildiz, I.F. and J.M. Jornet, The internet of nano-things. *IEEE Wireless Communications*, **17**(6): p. 58-63, 2010.
30. Akyildiz, I.F., et al., The internet of bio-nano things. *IEEE Communications Magazine*, **53**(3): p. 32-40, 2015.
31. Kuscu, M. and B.D. Unluturk, Internet of bio-nano things: A review of applications, enabling technologies and key challenges. *arXiv preprint arXiv:2112.09249*, 2021.
32. Gómez, J.T., et al., Nanosensor Location Estimation in the Human Circulatory System Using Machine Learning. *IEEE Transactions on Nanotechnology*, **21**: p. 663-673, 2022.
33. Zafar, S., et al., A systematic review of bio-cyber interface technologies and security issues for internet of bio-nano things. *IEEE Access*, 2021.
34. Akyildiz, I.F., et al., PANACEA: An internet of bio-nanothings application for early detection and mitigation of infectious diseases. *IEEE Access*, **8**: p. 140512-140523, 2020.
35. Jarmakiewicz, J., K. Parobczak, and K. Maślanka. On the Internet of Nano Things in healthcare network. in *2016 International Conference on Military Communications and Information Systems (ICMCIS)*. 2016. IEEE.
36. Senturk, S., I. Kok, and F. Senturk, Internet of Nano, Bio-Nano, Biodegradable and Ingestible Things: A Survey. *arXiv preprint arXiv:2202.12409*, 2022.
37. Jamil, S., M. Rahman, and Fawad, A Comprehensive Survey of Digital Twins and Federated Learning for Industrial Internet of Things (IIoT), Internet of Vehicles (IoV) and Internet of Drones (IoD). *Applied System Innovation*, **5**(3),2022.
38. Zaidi, S., M. Atiquzzaman, and C.T. Calafate, Internet of flying things (IoFT): A survey. *Computer Communications*, **165**: p. 53-74, 2021.