

AKILLI ŞEHİRLERDE AĞ ALTYAPISI

Bestami KARA¹, Eda SOYLU SENGÖR², Harun BADEM³

¹ Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, 06530, Çankaya, Ankara, bestami.kara@csb.gov.tr

² Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, 06530, Çankaya, Ankara, eda.soylu@csb.gov.tr

³ Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, 06530, Çankaya, Ankara, harun.badem@csb.gov.tr

ÖZET

Ülkemizde akıllı şehir politikalarına ulusal katmanda bütüncül bir bakış açısı getirerek ulusal politikalarla uyumlu şekilde yatırımları güvence altına almak amacıyla 2020-2023 Ulusal Akıllı Şehirler Strateji ve Eylem Planı hazırlanmıştır. 2020-2023 Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı kapsamında tanımlanan eylemlerin, görev ve sorumlulukların gerçekleştirilmesine ulusal ölçekte katkı sağlanması ve başta yerel yönetimlerimiz olmak üzere tüm paydaşların kapasitesinin artırılması amacıyla "Akıllı Şehirler Kapasite Geliştirme ve Rehberlik Projesi" T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü tarafından hayata geçirilmiştir. Proje kapsamında hazırlanan akıllı şehir külliyatında akıllı şehirlerde ağ altyapısı konusu kapsamlı bir şekilde ele alınmış, bu konuda eğitim kitabı, video ve sunumlar hazırlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Akıllı Şehirler, Ağ Altyapısı, Sistem

ABSTRACT

SMART CITY NETWORK INFRASTRUCTURE

The 2020-2023 National Smart Cities Strategy and Action Plan has been prepared in order to assure investments in line with national policies by bringing a holistic perspective to smart city policies at the national level in our country. Smart Cities Capacity Building and Guidance Project was implemented by the General Directorate of Geographic Information Systems of the Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change, in order to contribute to the realization of the actions, duties and responsibilities that are defined within the scope of the 2020-2023 National Smart Cities Strategy and Action Plan, and to increase the capacity of all stakeholders, especially municipalities. In the smart city collection prepared within the scope of the project, the issue of smart city network infrastructure was comprehensively discussed, and a training book, videos and presentations were prepared on this subject.

Keywords: Smart Cities, Network Infrastructure, System

1. GİRİŞ

Akıllı şehir politikalarına ulusal katmanda bütüncül bir bakış getirerek birlikte çalışabilme yetisi kazanmak, belirlenen politikalarla uyumlu yatırımları önceliklendirerek yatırımların doğru proje ve faaliyetlerle uygulandığını güvence altına almak amacıyla ulusal ihtiyaçları ve öncelikleri bütüncül olarak göz önünde bulunduran, ekosistem paydaşlarının ortak akli ile inşa edilen 2020-2023 Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı hazırlanmıştır.

Akıllı şehirlerde ağ altyapısı 2020-2023 Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planında odak konular arasında yer almaktadır. Son yıllarda nesnelerin interneti, bulut bilişim ve siber fiziksel sistemler gibi teknolojilerde yaşanan gözle görülür gelişmeler ve bu teknolojilerin sağlamış olduğu avantajlar, akıllı şehir sistemlerinde temel bileşenler olarak yer almalarına sebep olmuştur. Akıllı şehirler, ileri teknolojilerin sağlamış olduğu servisler arasında haberleşmenin etkili bir şekilde sağlanabilmesi için güvenilir ve güçlü bir ağ altyapısına da ihtiyaçlar duyarlar. Bu çalışmada akıllı şehirlerde ağ mimarisini dünya örneklerinin sunulması amaçlanmıştır.

2. AKILLI ŞEHİRLERDE AĞ MİMARİSİ

2.1. TEMEL ÖZELLİKLER ve GEREKSİNİMLER

Akıllı şehir uygulamalarının yapısına ve kullanım amacına göre farklı ağ ve iletişim teknolojilerinin yanı sıra bu uygulamaları destekleyen sistem bileşenlerini birbirine bağlamak amacıyla kullanılan farklı ağ protokolleri kullanılmaktadır.

Kullanılan bu protokoller, servislerin bant genişliği gereksinimleri, gecikme toleransı, enerji tüketim seviyesi, güvenilirlik ve güvenlik ihtiyaçları, ağ bağlantılarının heterojenliği, kablolu, kablosuz ya da hibrit bağlantı kullanımları ve mobilite özelliklerine göre çeşitlilik göstermektedir (Jawhar vd., 2018:26). Tablo 1'de akıllı şehir uygulamaları ve bu uygulamaların ihtiyaç duyduğu ağ altyapılarına ilişkin temel özellikler ve gereksinimler gösterilmektedir.

B. Kara vd.: Akıllı Şehirlerde Ağ Altyapısı (Poster Sunumu)

Uygulama	Akıllı Binalar	Akıllı Şebeke	Petrol ve Gaz Boruları İzleme	Akıllı Su Şebekeleri	Akıllı Ulaşım
Uygun Ağ Protokolü	Zigbee Bluetooth	WiMAX Hücresele	WiMAX Hücresele	Zigbee WiFi WiMAX	Zigbee WiFi WiMAX Hücresele
Band- genişliği	D, O, Y	D, O	D, O, Y	D, O	D, O
Gecikme Toleransı	D	D, Y	D, Y	D, Y	D, Y
Enerji Tüketimi	D, O	O, Y	D	D	D, O
Güvenilirlik	O, Y	Y	O, Y	O	O, Y
Güvenlik	Y	Y	Y	Y	Y
Kablolu/ Kablosuz	K/Ks	K/Ks	K/Ks	K	K/Ks
Mobilite	O	D	D	D	Y

Tablo 1. Akıllı Şehir Uygulamalarının Temel Özellikleri ve Gereksinimleri
D: Düşük, O: Orta, Y: Yüksek, K: Kablolu, Ks: Kablosuz

2.1.1. Ağ Protokolleri

Akıllı binalar ve akıllı su şebekeleri kısa menzilli iletişime ihtiyaç duyan akıllı şehir uygulamaları, IEEE 802.15.4 (Zigbee) ve 801.15.1 (Bluetooth) gibi Kişisel Alan Ağı (Personal Area Network -PAN) sınıfından protokolleri kullanabilir. Bu protokoller genellikle düşük bant genişliği, düşük enerji tüketimi ve kısa menzil ile karakterize edilirler. Akıllı ulaşım, kontrol ve üretim gibi daha uzun menzile ihtiyaç duyan uygulamalar lokal alan ağı (Local Area Network - LAN) sınıfının bir protokolü olan IEEE 802.11 (WiFi) protokolünü kullanmaktadır. Akıllı şebekeler gibi geniş menzilli iletişime gereksinim duyan uygulamalar ise 802.16 (WiMAX), hücresele ve uydu gibi geniş alan ağı (Wide Area Network - WAN) protokollerini kullanabilirler. Tüm bu protokoller, eş zamanlı ve eş zamansız veri bağlantılarını destekleyecek şekilde farklı özelliklere sahiptir. Bazıları gecikmeyi hoş görerek en iyi performansın elde edilmesini sağlarken bir diğeri ise daha geniş bant genişliği ve kısıtlı gecikme ile daha sıkı servis kalitesi özelliklerine ihtiyaç duyabilir. Bu protokollerin güvenlik ve güvenilirlik servisleri de bulunmaktadır. Ancak güvenlik özelliklerinin daha fazla işlem gücüne ihtiyaç duydukları, ek gecikmelere ve enerji tüketimine sebep olabilecekleri de göz önüne alınmalı ve bu özelliklerin kullanıma açılması için sistem ve uygulamalar açısından kâr zarar hesabı yapılmalıdır.

2.1.2. Bant Genişliği

Tablo 1’de görüldüğü üzere akıllı ulaşım gibi belirli uygulamalar düşük bant genişliğine ihtiyaç duymaktadır. Diğer taraftan gaz ve petrol borusu izleme ve akıllı binalar gibi uygulamaların bant genişliği ihtiyaçları, üretilen verinin tipine bağlı olarak düşük, orta ya da yüksek seviyede olabilir.

2.1.3. Gecikme Toleransı

Verinin iletim hızının mikro saniyeler ile sınırlandırıldığı, hızlı işleme ve cevap vermenin önemli olduğu akıllı ulaşım gibi uygulamalarda gecikme toleransı oldukça düşüktür. Bu gibi uygulamalar araba kazalarının gerçekleşmesini engellemek, taşıt ve yaya güvenliğinin sağlanması gibi hayati sorunların çözümü ile ilgilendikleri için gecikme süresinin minimum seviyede tutulması da büyük önem taşımaktadır. Öte yandan toplanan verinin işlenmesinin ve analizinin sonraya bırakılmasının mümkün olduğu diğer akıllı şehir uygulamalarında daha yüksek gecikme süreleri kabul edilebilir.

2.1.4. Enerji Tüketimi

Akıllı şehir uygulamalarının ihtiyaç duyduğu bir başka parametre de enerji tüketimidir. Akıllı şebekeler gibi yüksek enerji kaynaklarına sahip olan uygulamalar daha yüksek enerji tüketimi yapan protokolleri kullanabilirler. Akıllı ulaşım gibi sistemlerde ise kısıtlı kapasiteye sahip enerji kaynakları bulunduğu için ihtiyaç duyulan enerji tüketimi orta seviyededir. Eğer enerji kaynakları oldukça kısıtlı ise bu durumda seçilecek protokol düşük enerji tüketim seviyesi özellikleri taşımalıdır.

2.1.5. Güvenilirlik

Güvenilirlik de akıllı şehir uygulamalarının önemli ihtiyaçlarından bir tanesidir. Uygulamanın özelliklerine göre uygun güvenilirlik seviyesindeki protokol seçilmelidir. Örneğin akıllı su şebekeleri orta sevi - yede güvenilirliğe ihtiyaç duyarken akıllı şebekeler ve akıllı ulaşım uygulamaları yüksek güvenilirliği zorunlu tutmaktadır.

2.1.6. Güvenlik

Güvenlik akıllı uygulamalar için en önemli gereksinimlerden birisidir. Verinin hassaslık seviyesine göre belirlenen güvenlik özellikleri uygulamadan uygulamaya değişse de birçok akıllı şehir uygulaması orta ya da yüksek seviyede güvenlik özelliklerine sahip protokol kullanmaktadır. Akıllı şebekelerdeki hassas veri ve gerçekleştirilen işlemlerin kritik olması bu uygulamalarda yüksek güvenliği elzem hale getirmektedir.

2.1.7. Ağ Protokollerinin Heterojenliği

Birçok akıllı şehir sisteminde, sistem içindeki bileşenlerin birbirlerine bağlanabilmesi için ağ protokolleri kullanılmaktadır. Akıllı binalar ve akıllı ulaşım bunun en güzel örneklerindedir. Bu sistemlerde kullanılan protokollerin birbirlerine müdahale etmeden beraber çalışabilir olmaları gerekmektedir. Ayrıca, farklı heterojen protokollerin ağ katmanlarındaki kontrol bilgilerinin doğru bir şekilde haritalanması ve ağların kusursuz ve etkili bir biçimde çalışabilecek şekilde yapılandırılması da gerekmektedir.

2.1.8. Kablolu/Kablosuz Bağlanabilirlik

Gaz ve petrol hatlarının takibini gerçekleştiren akıllı şehir uygulamaları gibi bazı uygulamalar çoğunlukla kablosuz iletişim ile çalışmaktadır. Akıllı binalar ya da akıllı ulaşım gibi uygulamalarda ise hem kablolu hem de kablosuz iletişime yer verilmektedir. Kablosuz iletişim çoğunlukla fiziksel sistemi diğer fiziksel sistemler ya da altyapı ağlarına bağlamak için kullanılırken belirli bir fiziksel sistem içindeki iletişim, kablolu bağlantılar yoluyla gerçekleştirilir

2.1.9. Mobilite

Akıllı su şebekeleri gibi bazı sistemler düşük ya da orta derecede mobilite özelliklerine sahipken, akıllı ulaşım gibi yüksek mobilite özellikleri taşıyan uygulamalar da bulunmaktadır. Bu nedenle orta ve yüksek dereceli mobiliteye sahip akıllı şehir sistemlerini birbirine bağlayan ağ protokollerinin güçlü olması ve kontrol mesajlarını işleyebilmek veya ağ topolojisindeki değişikliklere adapte olabilmek için çok fazla bant genişliği harcamadan adaptasyonu sağlayabilmesi gerekmektedir.

2.2. AĞ MİMARİSİ YAPISI

Akıllı şehir sistemlerinde farklı uygulamaların desteklenebilmesi için güçlü bir ağ altyapısına ihtiyaç duyulmaktadır. İhtiyaca uygun ağ protokollerinin yanı sıra uygulamalara ait işlemlerin gerçekleştirilebileceği hiyerarşik bir topoloji yapısı da gerekmektedir. Günümüzdeki akıllı şehir sistemleri genellikle 3 katmanlı bir topoloji üzerine kurulur. Şekil 1 bu katmanlı yapıyı göstermektedir.



Şekil 1. Katmanlı Akıllı Şehir Mimarisi

B. Kara vd.: Akıllı Şehirlerde Ağ Altyapısı (Poster Sunumu)

Ülkemizde akıllı şehir sistemleri üzerinde yapılan çalışmalar, katmanlı mimari kapsamında ele alınmaktadır. Bu mimarinin sağlamış olduğu hiyerarşik topoloji ve beraberinde getirdiği avantajları kullanılarak, geliştirilecek olan akıllı şehir ağ altyapısında da bu mimarinin gereksinimleri göz önünde bulundurularak gerekli adımlar izlenecektir.

2.2.1. Kullanılan Protokoller ve Özellikleri

Farklı uygulamaların ihtiyaç duyduğu ağ altyapısını sağlamak amacıyla kullanılan ağ protokollerinin ana özellikleri, fiziksel ve veri bağlantı katmanı spesifikasyonları, veri oranları ve iletim menzilleri Tablo 2’de gösterilmektedir.

Tablo 2. Akıllı Şehir Uygulamaları İçin Kullanılan Ağ Protokolleri ve Özellikleri

Protokol	Ana Özellikleri	Fiziksel Katman Özellikleri	Veri Seviyesi	İletim Menzili	Akıllı Şehir Uygulaması
IEEE 802.15.4 (Zigbee)	Çok kısa menzil Enerji tasarruflu	2.4 GHz Band, DSSS	20 Kbps-250 Kbps	10-20 m	Akıllı bina Akıllı şebeke Akıllı su
IEEE 802.15.1 (Bluetooth)	Kablo alternatifi	2.4 GHz Band, FHSS/FSK	1 Mbps	10-100 m	Akıllı bina Akıllı şebeke Akıllı su
IEEE 802.11a	Veri haberleşmesi Lokal alan ağı	5 GHz Band, OFDM	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps	120 m dış mekan	Tümü
IEEE 802.11b	Veri haberleşmesi Lokal alan ağı	2.4 GHz Band, DSSS	1, 2, 5.5, 11 Mbps	140 m dış mekan	Tümü
IEEE 802.11g	Veri haberleşmesi Lokal alan ağı	2.4 GHz Band, DSSS, OFDM	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps	140 m dış mekan	Tümü

Akıllı binalar, akıllı su ve elektrik şebekeleri gibi kısa menzil iletişime ihtiyaç duyan uygulamalar genellikle Zigbee protokolünü kullanırlar. Bu protokol temel olarak çok kısıtlı enerji kaynağına sahip olan küçük cihazlar için tasarlanmıştır. Böylelikle bu cihazlar yıllar boyunca aynı güç kaynağını kullanarak çalışmaya devam etmeleri amaçlanmıştır. Bu protokole ek olarak, Bluetooth protokolü de bu tipteki uygulamalar için kullanılabilir. Bluetooth, 2.4 GHz bandını kullanan bir Kablosuz Kişisel Alan Ağı (WPAN) protokolüdür.

IEEE 802.11a/b/g/n protokolü neredeyse tüm akıllı şehir sistemleri ile kullanılabilir. 802.11n protokolü 2.4 GHz ve 5.1 GHz aralığında çalışır ve Direkt sıralı yayılı spektrum (Direct Sequence Spread Spectrum - DSSS) ve Ortogonal Frekans Bölmeli Çoklama (Orthogonal Frequency Division Multiplexing - OFDM)’i kullanır.

Hüresel 3G ve 4G protokolleri akıllı su ve elektrik şebekeleri ile boru hatlarının izlenmesinde kullanılabilir. Veri iletişimi için paket anahtarlamayı ya da ses iletimi için devre anahtarlamayı kullanırlar. 800 MHz-1900 Mhz, 700 MHz ve 2500 MHz frekanslarında çalışırlar. Aynı zamanda kod bölmeli çoklu erişim (Code Division Multiple Access - CDMA), yüksek hızda veri paketi indirme bağlantısı (High Speed Downlink Packet Access - HSDPA) ve uzun vadeli evrim (Long Term Evaluation - LTE) ileri teknolojilerini kullanırlar. Destekledikleri veri oranı 300 Mbps ile 1 Gbps arasındadır. Dolaşım olmaksızın coğrafik olarak tüm bir şehir ya da ülkeye servis sağlanması mümkün iken, eğer dolaşım gerçekleştirilirse bu kapsayıcılık dünya çapında olabilir.

Boru hatlarının izlenmesi ve akıllı ulaşım gibi uygulamalar için ise uydu iletişiminin kullanılması mümkündür. Bu teknoloji genellikle 1.53 GHz ile 31 GHz aralığında çalışırlar. Veri bağlantı katmanında frekans ve zaman bölmeli çoklu erişim yöntemlerini çalıştırlar. Veri indirme hızı 10 Mbps, veri yükleme hızı 1 Gbps’dir. Uydular arasında el değiştirme kullanılarak devamlı bir kapsama sağlanabileceğinden coğrafik açıdan tüm dünyanın uydu iletişimi ile kaplanması mümkündür.

2.2.2. Yazılım Tabanlı Ağlar ve Akıllı Şehir Sistemleri

Yazılım tabanlı ağlar (Software Defined Networks - SDN) bir ağı geliştirmek için esnek ve etkili bir ağ konfigürasyonu sağlayan bir yaklaşımdır. SDN, farklı uygulamaların desteklenmesi için şehir ağlarının yapılandırılması sırasında büyük avantajlar sağlamaktadır (Liu vd., 2015:55). SDN’in iyi planlanmış yönetim ve ağ

iletişimi mekanizmaları ile kullanılmasıyla akıllı şehirlerde güvenilir, verimli ve güvenli bir iletişim altyapısı oluşturulması da mümkün hale gelmektedir.

3.DÜNYADA UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Dünya üzerinde akıllı şehir uygulamaları ile akıllı şehir sistemlerine öncülük etmeye başlamış birçok şehir bulunmaktadır.

3.1.1. Singapur

Dünyanın en yoğun ikinci insan popülasyonuna sahip olan Singapur, giderek yaşlanan nüfus sorunu ile karşılaştıktan sonra hükümet dijital teknolojik gelişmeler yardımıyla hali hazırda gelişmiş olan ekonomide verimliliği artırma çalışmalarına başlamıştır. Akıllı Ulus adındaki proje ile şehir genelinde sensörler yardımıyla toplanan veriler toplama alanlarında depolanır. Trafik yoğunluğu ya da yaya aktivitesi ile ilgili toplanan veriler uygun birimlere gönderilerek buralarda analizleri yapılarak ve servislerin sunulması için karar verme aşamasında kullanılır. Evlerin neredeyse %95'i geniş bant erişime sahiptir ve açık kaynaklama ile gerekli olan kişisel ya da ticari bilgiler vatandaşların kullanımına sunulmaktadır.

Ulusal Araştırma Kurumu, Sanal Singapur adındaki dinamik bir üç boyutlu şehir modeli üzerinde çalışmaktadır. Proje, konseptlerin ve servislerin test edilmesi için kamu ve özel kurumlara açık hale getirilmiştir

2022 yılı itibari ile hükümet, tüm yollarda akıllı ve enerji tasarruflu aydınlatma sistemlerini uygulamak ve en az 6000 binanın çatısına güneş panelleri kurarak akıllı evler için dönüştürülebilir enerji üretimini hedeflemektedir.

Singapur'un akıllı şehir konfigürasyonu çok sayıdaki veri tabanı, kontrol operasyon merkezi ve uygulamadan oluşmaktadır. Akıllı Ulus projesinin başlangıcında bu bileşenleri birbirine bağlayacak detaylı bir altyapı tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu projenin fiziksel sistem entegrasyonunda iletişim ve sensör ağları, akıllı park metreleri ve akış sensörleri gibi temel cihazların yerleştirilmesi ve kullanılmasında temel altyapı görevini üstlenmektedir. Cihazlar birbirlerine kablolu ve kablosuz bağlantılar yoluyla bağlanmakta ve birbirleriyle haberleşmektedirler.

Singapur'da yapılan tüm bu akıllı şehircilik çalışmaları ve uygulamaları öncelikli olarak pilot bölgelerde gerçekleştirilmiş ve sonrasında ülke geneline yayılmıştır. Bu da sağlanan servislerin vatandaşlar için ne kadar faydalı olduğunu ve uygulama esnasında ortaya çıkacak gerçek maliyetin test edilmesini sağlamıştır. Akıllı şehir projelerinde izlenen bu politika Singapur'un dünyadaki diğer akıllı şehirler için iyi bir referans noktası olabileceğini göstermektedir.

3.1.2. Dubai

Birleşik Arap Emirliği, 7 yıl boyunca Dubai 2021 planı üzerinde çalışmayı hedeflemiştir. Bu plana göre tüm kamu servislerinin, tüm toplumu kapsayacak şekilde ulaşım, iletişim, altyapı, elektrik, ekonomik servislerin ve kentsel planlamanın dijitalleştirilmesi tasarlanmıştır. Neredeyse 90 kamu servisi dijitalleştirilmiş ve DubaiNow uygulaması üzerinden erişilebilir hale getirilmiştir.

Dijitalleştirilen servislerden bir tanesi de oturma servisleridir. Bu servisler yoluyla bir kişinin oturma iznine başvurması ya da bir aile bireyi için sponsor olması mümkün hale gelmektedir. Şehir yöneticilerinin beyanları doğrultusunda bu işlemlerin dijital platforma taşınması ile yaklaşık olarak 245 milyon dolar tasarruf sağlanmıştır. Otobüs sürücülerini için geliştirilen bir izleme sistemi ve bu sistemin kullandığı yapay zeka uygulamaları ile ciddi kazaların oranında büyük bir azalma yaşandığı bilgisi yine hükümet yetkilileri tarafından kamuoyu ile paylaşılmıştır.

Dubai akıllı şehir projesinin temel motivasyonu ve dijital transformasyonunun merkezi vatandaşların mutluluğudur. Bu amaçla yapay zeka uygulamaları ve bilişsel hesaplamalar yoluyla şehircilik uygulamalarından maksimum verim alınması sağlanmaktadır. Tüm bunların yanı sıra Akıllı Dubai projesinde kullanılan yapay zeka uygulamalarına ait etik prensipler ve kılavuzlar da yayınlanmıştır. Bu proje ile akıllı şehir yaratma yolunda güçlü bir isteğin ve çalışma azminin ne kadar değerli olduğu kanıtlanmıştır. Akıllı şehir uygulamaları ile modern bir şehirciliğin yanı sıra, vatandaşların ve paydaşların uyum içerisinde olabilmesi ile şehircilik faaliyetlerinin daha Burj Khalifa, Dubai hızlı ve verimli şekilde gerçekleştirilmesi sağlanabilmektedir.

3.1.3. Oslo

Norveç'in başkenti Oslo, akıllı şehir uygulamaları listesindeki yerini gerçekleştiren projelerle korumayı başarmıştır. Bunun temel nedenlerinden biri iklim değişikliğine işaret eden uygulamaların yaygın bir şekilde kullanılmasıdır. Oslo'da sensörlerin yaygın olarak kullanılması ile ışığın, ısınma ve soğutmanın kontrol edilmesi sağlanmaktadır. Elektrikli araçlar, akıllı şebeke ve elektrikle şarj teknolojilerinin üretilmesine devam edilmektedir. Şehir genelinde 2000'den fazla elektrikli araç şarj ünitesi bulunmaktadır ve bu araçların sahipleri vergi, park, şarj ve feribotlarla ulaşım ücretlerinden muaf tutulmaktadır.

Norveç, Oslo havalimanı yakınlarına sürdürebilir akıllı bir şehir kurma planlarını duyurmuş ve şehre yenilenebilir enerji ile güç sağlanacağını açıklamıştır. Oslo'da hayata geçirilen akıllı şehir projesinde ana omurgayı oluşturan aygıtlar arası iletişim (M2M) sunucusu, sistemdeki kontrolör ve veriyi toplayacak olan akıllı cihazlar olmak üzere üç temel bileşen bulunmaktadır:

Yapılan akıllı şehir çalışmaları sırasında Oslo'nun karşılaştığı temel zorluklardan bir tanesi bütüncül bir plana sahip olmamasıdır. Özellikle yönetsel birimler arasındaki iletişimin eksik olması ileride daha büyük sorunlarla karşılaşılabilirliğini göstermektedir. Bunun yanı sıra fiziksel altyapı çalışmalarının ve akıllı şehir uygulamalarından elde edilebilecek değerler arasında bir denge kurulması ve hangisine öncelik verileceğinin belirlenmesi de bu süreçte karşılaşılan problemlerdendir. Akıllı şehir projeleri arasında bir koordinasyon olmayışı, farklı kurumların kendi politikalarına sahip oluşu ve merkezi bir kontrol biriminin bulunmayışı da yine Oslo'daki akıllı şehir altyapısının ilerleyişini yavaşlatan etkenlerdendir.

3.1.4. Kopenhag

2017'de iş geliştirme merkezi Copenhagen Solution Lab, trafiği, hava kalitesini, atık yönetimini, enerji kullanımını ve diğer operasyonları gerçek zamanlı olarak izleyen sistem tasarımları ile ödüle layık görülmüşlerdir. Bu sistem park sistemlerini, trafik ışıklarını, binaları, akıllı park metrelerini ve elektrikli araçlar için şarj ünitelerini birbirine bağlayarak gerçek zamanlı olarak trafiğin yönlendirilmesini sağlamakta ve benzin fiyatlarına, trafik akışına ve hava durumuna göre enerji kullanımını optimize etmektedir.

Kopenhag'da gerçekleşen akıllı şehir projeleri de Avrupa'daki benzerleri gibi nesnelerin interneti ve yapay zekanın gücünden faydalanmaktadır. Kendi açık veri platformuna sahip olan şehir akıllı cihazlardan topladığı verileri yapay zeka teknolojileri kullanarak işlemekte ve analiz etmektedir. Burada karşılaşılan en büyük problemlerden bir tanesi kişisel verilerin toplanması ve işlenmesi sırasında ortaya çıkabilecek olan mahremiyet sorunudur. Gizliliğin korunumu ile ilgili kurallar üzerinde yapılan çalışmalar halihazırda devam etmektedir. Böylelikle büyük verinin analizi sırasındaki mahremiyet problemi bu şekilde çözülmeye çalışılmaktadır.

4. SONUÇLAR

Son yıllarda nesnelerin interneti, bulut bilişim ve siber fiziksel sistemler gibi teknolojilerde yaşanan gözle görülür gelişmeler ve bu teknolojilerin sağlamış olduğu avantajlar, akıllı şehir sistemlerinde temel bileşenler olarak yer almalarına sebep olmuştur. Akıllı şehir yaklaşımı, bu yeni teknolojileri birlikte kullanarak şehir yaşamının kalitesinin iyileştirilmesi, kaynakların verimli bir şekilde dağıtımı ve operasyonel masrafların azaltılmasını sağlamayı amaçlamaktadır. Bu modelin hedeflerine ulaşabilmesi için çeşitli akıllı şehir uygulamalarını desteklemek amacıyla bir araya gelmiş farklı bileşenler arasında etkili bir iletişim ve ağ yapısının sağlanması gerekmektedir.

Ülkemizde akıllı şehir sistemlerinin yaygın bir şekilde uygulanabilmesi ve akıllı şehir uygulamalarının verimli ve etkili bir şekilde gerçekleştirilmesi için, bölgesel ve ulusal ihtiyaçların belirlenerek uygun proje tasarımlarının yapılmasının yanı sıra, bu uygulamaların desteklenebilmesi için güçlü bir ağ altyapısına ihtiyaç duyulmaktadır. İhtiyaca uygun ağ protokollerinin var olan teknik altyapıya uygun olarak belirlenmesi, altyapının daha iyi bir performans elde edini için yeniden yapılandırılması gibi çalışmalar, sürdürülebilir bir Akıllı Şehir Ekosistemi oluşturmak için atılması gereken temel tasarım adımlarından biridir.

Nesnelerin interneti, bulut bilişim ve sis bilişimin kullanılabilirliği katmanlı bir mimari yapı ile verinin toplanması, analiz edilmesi ve veriden fayda üretmek amacıyla kritiğinin yapılması gerekmektedir.

Bu konuda yapılan çalışmaların sürdürülebilirliğinin sağlanması için ulusal ve yerel katmanda, her katmanın kendi ihtiyacı doğrultusunda ayrı planlamalar yapılırken, bu planlamaların beraber çalışabilir olmasına, teknik ve mimari açıdan tutarlılık göstermelerine dikkat edilmelidir. Bu kapsamda, altyapının yönetilebilirliğinin etkili bir şekilde yapılabilmesi için referans bir ağ altyapısı mimarisinin tasarımı gerçekleştirilmelidir.

Şehirlerin yenilenmesinde, özellikle akıllı şehir uygulamaları gibi farklı altyapıların ve teknolojilerin bir arada kullanılmasının bir zorunluluk olduğu durumlarda birlikte çalışabilirlik büyük bir problem haline gelebilir. Uygulamaların birbiriyle uyum içinde çalışabilmeleri ve entegrasyonu, bu uygulamalardan elde edilen faydanın artmasına neden olacaktır. Böylelikle verinin şehir altyapısının herhangi bir seviyesinde kolayca değiş tokuş edilmesi ve gerekli bileşenlerle ilişkilendirilmesi sağlanabilir.

Birlikte çalışabilirlik, servislerin son kullanıcılar ile paylaşılması esnasında ortaya çıkabilecek teknik kısıtlamaların da önüne geçecektir. Açık bir platform üzerinde birbiriyle uyum içinde çalışabilen farklı bileşenler verinin hem

paylaşılması hem de yönetilmesini kolaylaştırarak akıllı şehir uygulamalarının ve altyapının daha bütüncül bir hale gelmesini sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2021. Akıllı Şehirlerde Ağ Altyapısı/ www.akillisehirler.gov.tr/egitim-akilli-sehirlerde-ag-altyapisi/, (Eylül 2022).
- Al-Nuaimi E, Al-Neyadi H, Mohamed N, Al-Jaroodi J (2015) Applications of big data to smart cities. *Journal of Internet Services and Applications*. 6(1):25
- Andrews JG, Buzzi S, Choi W, Hanly SV, Lozano A, Soong ACK, Zhang JC (2014) What will 5g be? *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*. 32(6):1065–82
- Berger C, Rumpe B (2014) Autonomous driving-5 years after the urban challenge: The anticipatory vehicle as a cyber-physical system. *arXiv preprint arXiv:1409.0413*
- Cunningham R, Garg A, Cahill V, et al. (2008) A collaborative reinforcement learning approach to urban traffic control optimization. In: *Web Intelligence and Intelligent Agent Technology, WI-IAT'08*. IEEE/WIC/ACM International Conference on. IEEE Vol. 2. pp 560–566
- Jawhar I, Mohamed N, Al-Jaroodi J. (2018) Networking architectures and protocols for smart city systems. *Journal of Internet Services and Applications*. 9(1), 26
- Karnouskos S (2011) Cyber-physical systems in the smartgrid. In: *Industrial Informatics (INDIN), 2011 9th IEEE International Conference on*. IEEE. pp 20–23
- López P, Fernández D, Jara AJ, Skarmeta AF (2013) Survey of internet of things technologies for clinical environments. In: *Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA), 2013 27th International Conference on*. IEEE. pp 1349–1354
- Suciu G, Vulpe A, Halunga S, Fratu O, Todoran G, Suciu V (2013) Smart cities built on resilient cloud computing and secure internet of things. In: *Control Systems and Computer Science (CSCS), 2013 19th International Conference on*. IEEE. pp 513–518
- Watteyne T, Pister KSJ (2011) Smarter cities through standards-based wireless sensor networks. *IBM Journal of Research & Development*. 55(1.2):1–7
- Zanella A, Bui N, Castellani A, Vangelista L, Zorzi M (2014). Internet of things for smart cities. *IEEE Internet Things Journal* 1(1):22–32