Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi
Sayı 20, S. 360-366, Aralık 2020
© Telif hakkı EJOSAT'a aittir
Derleme Makale



www.ejosat.com ISSN:2148-2683

European Journal of Science and Technology
No. 20, pp. 360-366, December 2020
Copyright © 2020 EJOSAT
Review Article

Nesnelerin İnterneti Tabanlı Akıllı Park Sistemleri İncelemesi

Erdem Uysal[1*], Abdullah Elewi[2], Erdinç Avaroğlu[3]

[1] Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1782-5159), erdemuysal@mersin.edu.tr
[2] Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9774-5292), elewi@mersin.edu.tr
[3] Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1976-2526), eavaroglu@mersin.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 9 Eylül 2020 ve Kabul Tarihi 16 Ekim 2020)

(**DOI:** 10.31590/ejosat.792594)

ATIF/REFERENCE: Uysal E., Elewi A. & Avaroğlu E. (2020). Nesnelerin İnterneti Tabanlı Akıllı Park Sistemleri İncelemesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (20), 360-366.

Öz

Artan motorlu araç sayıları, şehir içi trafik ve park sorunlarına neden olmaktadır. Bu yüzden sürücülere, park yeri konusunda yardımcı olacak otomatik park sistemlerine gereksinim duyulmaktadır. Böylece sürücüler zamandan ve yakıttan tasarruf ederler ve ayrıca trafik sıkışıklığı engellenir. Ayrıca, otoparkların dinamik şekilde ücretlendirilmesi ile park alanlarının verimli kullanılması sağlanır. Bu da yoğunluk yaşanan alanların trafiğini azaltır. Nesnelerin interneti kullanılarak geliştirilen yeni uygulamalar, hayatımızın birçok alanında önemli rol oynamaktadır. Örneğin basit akıllı aletlerden akıllı şehirlere, tarıma, endüstriden sağlığa kadar birçok alanda nesnelerin interneti kavramı uygulanabilmektedir. Akıllı şehircilik kapsamında trafik ve park durumu, sensörler tarafından alınıp, trafik yoğunluk haritası çıkarılarak araç sürücüleri bilgilendirilebilmektedir. Bu makalede, akıllı park sistemleri incelenmiş, farklı modeller ve teknolojiler araştırılmış ve ilgili örnekler verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: IoT, Park sistemleri, Gömülü sistemler, Akıllı şehirler.

IoT-Based Smart Parking Systems Review

Abstract

The increase of the number of vehicles result insufficient parking spaces and traffic congestions in the daily life. For this reason, we need asisstive smart parking systems. So drivers can save time and fuel and avoid traffic congestions. Also, with dynamic pricing of parking, parking areas will be used efficiently. Thus, it reduces the traffic in densely populated areas. With the help of the internet of things (IoT), achieveing intelligent parking systems becomes easier. Internet of Things is a promising emerging technology that can play a crucial role in most aspects of our lives. Thus, many applications of IoT, which range from simple smart gadgets to smart cities, agriculture, industry, health or even smart government systems can be implemented using IoT concepts. Within the smart cities, the status of traffic and parking lots are measured using sensors and trafic intensity maps are created to inform drivers. In this paper smart parking systems are surveyed exploring the different models, paradigms and technologies and showing related examples.

Keywords: IoT, Parking systems, Embedded systems, Smart cities.

[*] Sorumlu Yazar: Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye, ORCID: 0000-0003-1782-5159, erdemuysal@mersin.edu.tr

1. Giriş

Nüfusun artması ve artan motorlu kara taşıt sayıları, şehir içi araç trafiğinin yoğunlaşmasına, yolların ve park alanlarının yetersiz kalmasına neden olmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde örneğin Türkiye'de 2020 Temmuz ayında 138 bin 883 adet taşıtın trafiğe kaydı yapılmış, 28 bin 373 adet taşıtın ise trafikten kaydı silinmiştir. Böylece Temmuz 2020 sonu itibariyle trafikteki toplam taşıt sayısının 110 bin 510 arttığı görülmüştür[1]. Artan taşıt sayısına bağlı olarak park alanlarının yetersiz kalması ile trafik sıkışıklığı ve park arama maliyetlerinin arttığı görülmüştür. Araç sahiplerinin yükünü azaltmak, trafik kapasitesini geliştirmek, güvenilir ve güvenli araç fonksiyonları sağlamak için yardımcı sistemlere ihtiyaç vardır. Şehirlerdeki akıllı trafik lambaları ve park yeri yönlendirmeleri trafik yoğunluğunu ve yakıt masrafını önlemek açısından faydalıdır. Ayrıca araçlar için çok katlı otoparklar, hem trafik yoğunluğunu azaltmakta hem de yerden kazanç sağlamaktadır. Diğer bir yöntemde ise sürücünün yükünü azaltmak için mekanik bir araç asansörü kullanılarak otomatik olarak araç yerleştirilir. Örnek olarak Fransa' daki 1905 yılında kurulan Garage Rue de Ponthie verilebilir[2].

IoT (internet of things) kavramı, nesneler (sensörler), nesnelerin haberleşmelerini sağlayan iletişim ağları ve nesneler arasındaki iletilen verileri kullanan bilgisayar sistemleridir[3]. IoT, dinamik ve küresel ağ altyapısında akıllı ve kendini yönetebilme yeteneğine sahip nesneler üzerine kurulmuştur[4]. IoT' nin anahtar fikri bulunulan çevreyi anlamak, veri elde etmek ve kontrol etmek amacıyla gerekli tepkileri üretmektir. IoT nesneleri kendi aralarında, nesnelerden toplanan verilerin sunucuya ve sunucudan diğer sunuculara olmak üzere üç şekilde haberleşme yapılabilmektedir[3]. IoT kavramının yaygınlaşması ile birlikte artan cihaz sayısına bağlı olarak cihazların birbiri ile en kayıpsız şekilde haberleşmelerini sağlayacak protokollere gereksinim duyulmaktadır.

IoT, akıllı şehirlerin ve daha birçok uygulama alanlarının oluşmasını mümkün kılmıştır. Akıllı şehirciliğin alt dalları trafik ve ulaşım sistemleri, elektrik santrali, park tesisleri, trafik yönetim sistemleri ve benzerleridir[5]. "International Parking Institute" tarafından yapılan araştırmada, park sistemleri ile alakalı yeni fikirlerin her geçen gün artış gösterdiği gözlemlenmiştir [6]. Çünkü gelişen ve büyüyen şehirlerde trafik ve park alanları konusunda sorunlarla karşılaşılmaktadır. Günümüz gelişen teknolojilerinin kullanılması bu sorunların azaltılmasına yardımcı olabilmektedir. Bu amaçla son zamanlarda akıllı park sistemlerinde IoT teknolojisi kullanılmaya başlanmıştır. Artan trafik yoğunluğu, ağ sensör cihazlarının kullanım gereksinimini arttırmakla birlikte araştırmacıların bu teknolojiye yoğunlaşarak gelişmesinin yolunu açmaktadır.

Bu çalışmada akıllı park sistemleri incelenerek yapılan çalışmalar ve uygulamalar anlatılmıştır. İkinci bölümde park sistemleri ve türleri hakkında bilgi verilmiş, üçüncü bölümde internet tabanlı teknolojiler anlatılmış, dördüncü bölümde örnekler incelenmiş ve beşinci bölümde ise sonuçlar belirtilmiştir.

2. Park Sistemleri

Park sistemlerinin amacı sürücünün yükünü azaltmaktır. Sürücünün boş park alanı bulana kadar geçirdiği zaman, harcadığı yakıt gibi maliyetleri en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Bu nedenle park sistemleri, birçok teknoloji ve sensörler kullanılarak oluşturulmuş ve genel olarak akıllı park sistemini oluşturan teknikler, cihazlar (sensörler) ve bu bilgileri kullanıcılara ulaştırana kadar geçen işlemlerden bahsedilmiştir.

Bu bölümde park alanlarında kullanılacak olan önemli sensör tiplerinden bahsedilmiştir. Daha sonra park bilgi yönetimi başlığı altında, elde edilen sensör verilerinin kullanıcılara sunulması için gereken altyapılardan, teknolojilerden bahsedilmiş ve kullanım senaryolarına bağlı olarak istenen işlemler hayata geçirilmiştir

2.1. Park Sistemindeki Sensör Türleri

Araç tespiti için kullanılan birçok algılayıcı vardır. Bazıları prototip amaçlı, bazıları ise endüstriyel amaçlı kullanılabilmektedir. Bu kadar çok sensörü sınıflandırmak için kullanılacak bir ölçek ise besleme gerilimidir. Buna göre sensörler gerilim gerektiren veya gerekmeyen olmak üzere 2 sınıfa ayrılabilmektedir. Gerilim gerektiren sensörler aktif, gerektirmeyenler ise pasif sensör olarak adlandırılırlar [7]. Pasif sensörler, dış ortamdan ölçüm alırken herhangi bir güç kaynağına gereksinim duymazlar. Fiziksel ya da kimyasal değerleri istenilen çıkış değişkenine dönüştürebilmektedirler. Gereken enerjiyi, sahneden yansıyan enerjiden veya sahnedeki nesnelerden yayılan enerjiden karşılarlar. En temel örnek ise buton ve anahtardır. Ayrıca, ısı sensörleri, basınç sensörleri, fototransistörler, fotodiyotlar ve mikrofonlar örnek olarak verilebilir [7]. Ayrıca fotosensörlerde yansıma ve yayılma yaklaşımlarından hangisinin kullanılacağı ise dalga boyuna (ve görüntüleme teknolojisine) bağlıdır [8]. Aktif sensörler ise sinyal üretebilmesi için dışarıdan bir güç kaynağına ihtiyaç duymaktadır [7]. Aktif sensörler kendi içlerinde bir enerji kaynağına sahiptirler veya vericileri vardır. Bu sensörler kendi enerji kaynaklarını kullanarak, sahnede bir işaretten faydalanmak için belirli bir dalga boyunda ışıma yapar veya elektron gönderirler. Gönderilen bu ışımanın hedeften yansımasına göre bir veri oluştururlar. [9]. Aşağıdaki tablo 1' de farklı sensör türlerinin güçlü / zayıf yönleri ve uygulama alanları listelenmiştir.

Tablo 1. Sensörlerin Uygunluğu[10]

Akıllı Park Teknolojisi	***Gerçek Park Yerine Uygunluk***	***Güçlü Yönü***	***Sorunları***
Aktif/pasif infrared sensör	×	Park doluluk bilgisi sağlar	Değişken çevresel şartlar nedeniyle gerçek uygulama için uygun değil
Ultrasonik Sensör	×	Park doluluk bilgisi sağlar	Değişken çevresel şartlar nedeniyle gerçek uygulama için uygun değil
Endükleyici döngü algılayıcı	√	Otoparktaki araç sayısını elde etmeye olanak tanır	Bireysel çalışmaya uygun değil
Park Destek Sistemleri	√	Sürücüleri, boş park sayısına göre yönlendirir	Park yeri ararken çakışmalara engel olamaz
Radyo Frekansı Etiketi (RFID)	×	Park yerindeki araçların yetkilendirmesini kolaylaştırır	Gerçek park yeri için uygun değildir ve park doluluk bilgisini sağlayamamaktadır
Manyetometre	√	Park doluluk bilgisi sağlar	Kurulumu ve büyük ölçekte sürdürülebilirliği pahalıdır
Yapay Görü	√	Park doluluk bilgisi sağlar veya araçların yetkilendirilmesini kolaylaştırır	Düşük aydınlanma durumlarında zorlanmaktadır

IoT sistemlerinde sıkça kullanılan farklı çeşitlerde sensörler bulunmaktadır. Bu sensörlerden biri olan aktif kızılötesi sensör, kızılötesi ışın yayar ve yansıyan ışın miktarını algılayarak bir nesnenin mesafesini tespit edebilmektedir. Bu sensör çevre şartlarına karşı hassastır. Ultrasonik park sensörü genellikle araçların arka ve ön tamponlarına yerleştirilmektedir. İhtiyaca göre farklı sayıda ultrasonik sensör bağlanarak farklı açılardan ölçüm yapılabilmektedir. Yanısıra kamera sistemleri ile alınan görüntüler farklı görüntü işleme teknikleri ile değerlendirilerek IoT cihazlarında çeşitli amaçlar için sensör olarak kullanılabilmektedir. Bir ya da daha fazla kameradan alınan görüntürler yapayzeka, makine öğrenmesi gibi farklı tekniklerle incelenebilmektedir. Lidar (Laser Imaging Detection and Ranging) adı verilen bir diğer sensör ise lazer dalgalarını kullanarak, nesneler ve sensör arasındaki mesafeyi üç boyutlu olarak ölçebilmektedir. Lidar tekniği, lazerli radar olarak adlandırılmaktadır[11]. Pasif kızılötesi sensörler, ışık gerektirmeyen kızılötesi dalgaları kullanarak genellikle otomatik ışık kontrolü, güvenlik, insanların yürüyüş alanları, koridorlar, patikalar, garaj yolları, bahçe alanları ve otoparklar gibi sürekli ışık gerektirmeyen ortamlarda maliyet tasarrufu için kullanılmaktadır [8]. Ancak bu sensörlerin hassasiyeti sağanak yağmur, kar ve yoğun sis gibi çevre koşullarından etkilenebilmektedir. İndükleyici Döngü Detektörü, farklı boyutlardaki kabloların sarmal şekilde bağlanarak manyetik alandaki değişiklikleri ölçebilmektedir. 10 ile 50 kHz arasında sürekli sinyal gönderilerek üzerinden herhangi bir metal ya da aracın geçmesi halinde değişen indüktans değeri ile çalışmaktadır. Bu sensörün yanısıra manyetometre adı verilen diğer bir sensör de metal ve araçların geçişinde tespit amaçlı kullanılabilmektedir [4].

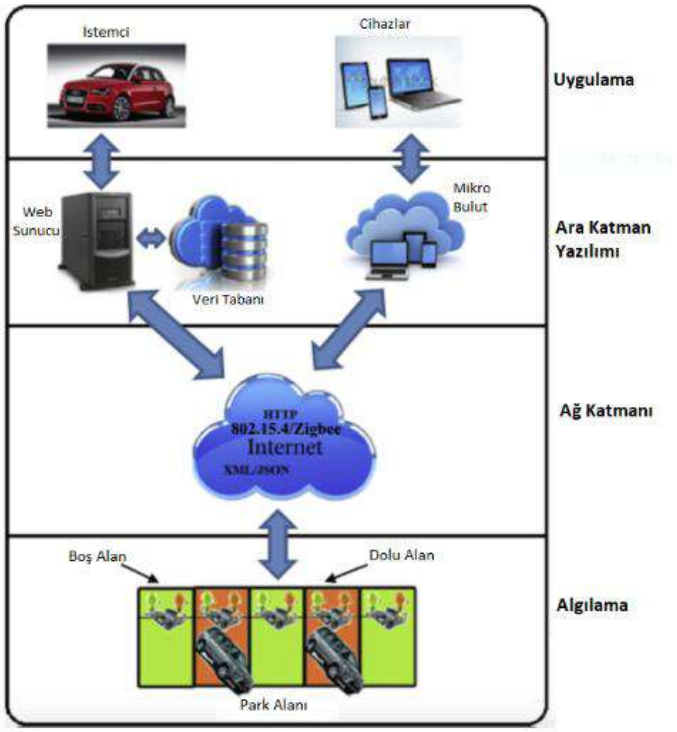
2.2. Park Bilgi Yönetimi

Park yeri arayan sürücülerin, uygun ve yoğun olmayan park yeri bilgilerine ulaşabilmesi için çeşitli teknolojiler kullanılarak oluşturulan yazılımlar hizmet verebilmektedir. Bu yazılımlar internet üzerinden kullanıcıların park bilgisini gerçek zamanlı sorgulayabileceği web tabanlı bir sayfa, ya da akıllı cep telefon için bir uygulama olabilmektedir. Alt yapısında istemci-sunucu mimarisi olabileceği gibi bulut sistemleri de kullanılabilmektedir. Her park alanındaki sensörler yerel veritabanına anlık olarak durum bilgisi gönderip park alanı ile ilgili verileri sunucu sistemlerine göndermektedir. Gerçek zamanlı olarak kullanıcının konumuna göre o civardaki park alanı bilgisi kullanıcılara sunulabilir. Ek olarak park yerine varan sürücüler bu alanda bulunan terminallerden kendilerine ayrılmış olan park alanlarını tespit edebilirler [12]. Bu yazılımlar sayesinde sürücülerin daha az yoğun olan ya da uygun park alanı bulunan konumlara yönlendirilmesi ve çeşitli veri analizi ile trafik yoğunluğunun tespit edilmesi de sağlanabilecektir. Ayrıca bu yazılımlar park alanlarında bulunan sensörlerin takibi, bakımı ve onarımı ile ilgili de kolaylıklar sağlayabilecektir.

3. Park Sistemlerinin Sınıflandırılması

Akıllı park sistemleri, her amaç için veya kullanılan teknolojilere göre farklı kategorilere ayrılabilmektedir. Örneğin sensör çeşitlerine, park yönetim sistemine veya uygulama mimarisine göre farklı kategorilerde incelenebilmektedir. Akıllı park sistemi uygulamaları mimarisine göre birkaç katmandan oluşur. Şekil 1' de örnek bir katmanlı mimari verilmiştir. İlk olarak algılama katmanı, akıllı park sisteminin temelini oluşturur. İkincisi ağ katmanıdır, bu katman sensörlerin kendi aralarındaki veri alışverişinden sorumludur. Üçüncü katman ise ara katman

yazılımıdır (middleware). Akıllı park sisteminin hesaplama katmanıdır. Akıllı ve gelişmiş algoritmalar, gerçek zamanlı veri işleme için kullanılır. Son kullanıcıların, alt katmanlardaki veriye ulaşması için bağlantı kurmayı sağlar, ayrıca veri depolama amacı için de kullanılabilmektedir. Son katman olan uygulama katmanı ise, akıllı park sisteminin istemcileri ile sistem arasında arayüz oluşturur.



Şekil 1. Yardımlı Park Sistemi Mimarisi [13]

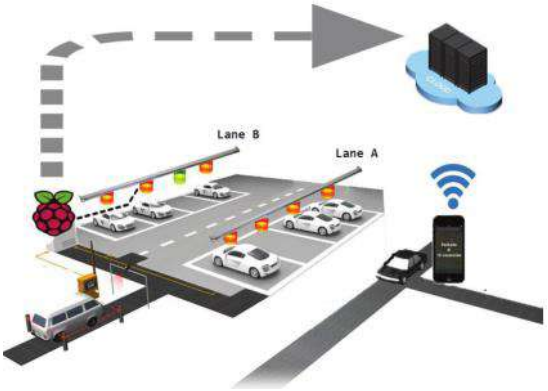
Çok katmanlı park sistemi üç kategoriye ayrılır [13]. Bunlar; merkezi veya dağıtık yardımlı akıllı park sistemleri ve yardımsız park sistemleridir.

- ***Merkezi Yardımlı Akıllı Park Sistemleri:*** Merkezi akıllı park sistemlerinde, tek bir merkezi sunucu gerekli park bilgilerini toplar ve park yeri rezervasyonu, tahsisi ve/ veya sürücü rehberliği gibi hizmetleri sağlamak için işleme koyar. Örnek olarak First Come First Serve (FCFS) mantığına göre park işlemleri yapılabilmektedir. Bu yöntem ile ilk gelen sürücünün en yakın park alanına park etme garantisi vardır. Ancak diğer araçlar, sistem cevap verene kadar kuyrukta beklerler ve trafik sıkışıklığına neden olur. Benzer bir araştırmada ise, elektrikli araçlar için parking lot recharge scheduling (PLRS) önerilmiştir. Yazarlar kendi yaklaşımlarını basit scheduling mekanizmaları olan FCFS ve earliest deadline first(EDF) ile karşılaştırmışlardır. FCFS ve EDF' nin optimize edilmiş hali daha başarılı olmuştur. Hem gelir arttırılmış hem de park alanlarındaki araç sayıları artmıştır [13].
- ***Dağıtık Yardımlı Akıllı Park Sistemleri:*** Dağıtık yardımlı akıllı park sistemlerinde, birçok servis birbirleri arasında bağlıdır ve tek bir sunucu tarafından kontrol edilmektedir. Araçlar arası ağlarda, bir araç diğer bir araçla veya birden fazla araç ile veri transferi yapabilmektedir. Böylece dağıtık araç ağları oluşmaktadır. Bir diğer örnek ise, genellikle bilgi paylaşmanın ve bilgi işlemenin yol kenarı altyapılarında kullanılan sistemlerdir. GIS (Geographic Information System), trafik bilgisini kullanıcılara sunan bir diğer yöntemdir [13].
- ***Yardımsız Park Sistemleri*:**Herhangi bir yazılım yardımıyla sürücülerin yönlendirilmediği kullanıcıların kendi bilgileri ışığında günümüzde hali hazırda kullanımda olan park sistemleridir [13].

4. İnternet Tabanlı Akıllı Park Teknolojileri

İnternet tabanlı akıllı park teknolojilerinde kullanılan nesnelerin interneti; fiziksel, sanal özellikleri ve önceden tanımlı işlevlere sahip olan nesnelerin aralarında kurdukları ortak bir ağ sistemidir. Bu ağ, diğer ağlar ve kullanıcılar ile bilgi alışverişi yapmaktadır[3]. Nesnelerin interneti uygulamalarında, sensörlerin erişilebilir olması ve çok sayıda sensör verisinin birleştirilerek veri üretilmesi ve bir karar alınması amacıyla kullanılır [4]. Fiziksel ortamlardan gelen yüksek miktarlardaki sensör verilerinin ilgili kişilere veya verinin sistemler yardımıyla işlenerek bir faaliyet icra edilmesi (sağlık, çevre, güvenlik, şebeke, perakendecilik, lojistik, giyilebilir teknoloji uygulamaları vb.) sağlanmaktadır [16].

Park uygulamaları park yeri rezervasyonu ve park için otomatik ödeme, araç tanıma ve kamera ile plaka tanıma gibi kapsamlara sahiptir[14]. Asıl önemli olan işlem ise uzaktan park yeri kontrolünün yapılabilmesi önemlidir. Bu sayede park alanı durumu ve yer rezervasyonu yapılabilmesi için IoT teknolojisi kullanılmıştır. Bu sistemde kullanılacak bulut veya kenar bilişim sistemleri incelenmiştir.



Şekil 2. Akıllı Park Sistemi [5]

Yukarıdaki şekil 2'de park sisteminin bir görüntüsü verilmiştir. Park sistemini oluşturan birincil faktörler şunlardır:

- ***Park Sensörleri***: Akıllı park teknolojilerinde araçların tespiti amacıyla infrared, pasif infrared ve ultrasonik sensörler yaygın kullanıma sahip sensörlerdir. Bu sensörden alınan veriler farklı teknolojik altyapılar kullanılarak, kablolu ya da kablosuz şekilde veri aktarımına sunulmaktadır.
- ***Hesaplama Ünitesi***: hesaplama üniteleri sensörlerden alınan verileleri bir üst katman olan ara katman yazılımına iletmekle görevlidir. Sensörler park alanına konumlandırılmış olan hesaplama ünitesine anlık olarak veri göndermektedir. Kendilerine gelen sensör

verilerinin internet aracılığıyla merkezi ya da bulut üzerinde yer alabilecek bir veritabanı sistemine ya da bir yazılıma iletmektedir. Ayrıca IoT altyapısı sayesinde hesaplama üniteleri sürekli kendi aralarında da iletişim kurarak sensör verilerini paylaşmaktadır. Verilerin iletiminde, farklı protokollerin kullanıldığı görülmektedir.

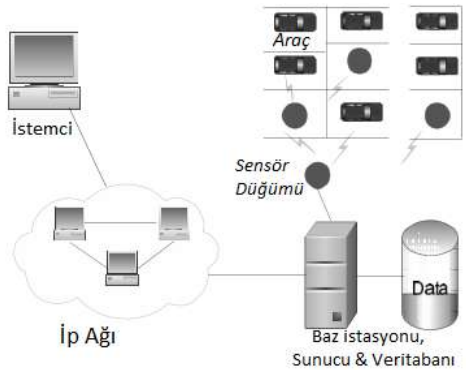
- **Uygulama**: uygulama, son kullanıcının sistemle etkileşimini sağlamak için bir arayüz sağlar. Web tabanlı dinamik bir sayfa veya cep telefonlarına uygun şekilde tasarlanan bu yazılımlar, merkezi ya da bulut üzerinde bulunan veri tabanı sunucusundan verileri sürekli kullanıcılara ileterek sürücülerin yönlendirilmesini ve rezervasyon gibi görevlerin yönetilmesini sağlar. Uygulama ayrıca sisteme bağlanan her kullanıcının kayıt bilgisini ve ne kadar süre park halinde kaldığı, park edene kadar geçen süresi, kullanıcının ne kadar ödediğinin kayıtlarını günceller [5].

Örnek vermek gerekirse şekil 2' ye yakından baktığımızda Lane A' da boş yer olmasına rağmen kırmızı olarak gösterilmektedir. Çünkü park alanı rezerve edilmiştir. Ama LANE B ne rezerve edilmiş ne de park edilmiştir [5]. Şekil 3' de ise park bilgisi ve işlemlerinin telefon uygulaması üzerinde işlemi gösterilmiştir [5].



Şekil 3. Örnek Park Yönetimi [5]

Örnek bir çalışmada ise, akıllı park sistemi için üç katmanlı mimari önerilmiştir. En tabanda park yeri ölçümü alan sensörler, orta katmanda ise veri iletimi ve daha üstündeki katman veri depolama, işleme ve istemci arayüzlerinden sorumludur. Sistem mimarisi Şekil 4' de gösterilmiştir. En optimum park yerini bulabilmek için genetik algoritması kullanılmıştır [14].

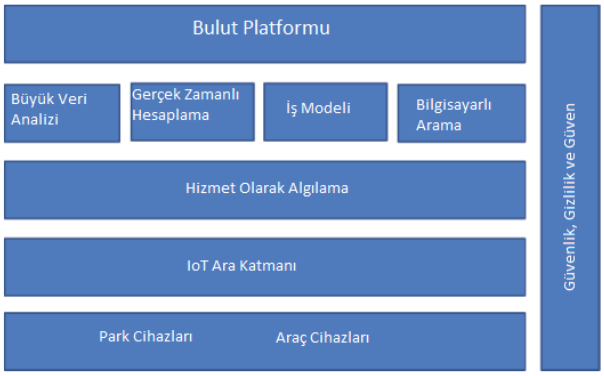


Şekil 4. Park Sistem Mimarisi [15]

4.1 Bulut Bilişim

Bulut bilişim, bilgisayar kaynaklarını talep üzerine kullanılabilir hale getirmektedir. Kullanıcı, sunucu yönetiminden sorumlu değildir. Veri depolama ve hesaplama gücünden yararlanılmaktadır. Bu terim genellikle veri merkezlerinin kullanıcılara internet üzerinden sağlandığı bir ortam olarak kullanılmaktadır. Büyük bulut sistemleri, merkezi sunucularını farklı konumlara dağıtabilmektedir. Eğer kullanıcı sunucuya yakınsa kenar sunucu olarak adlandırılır.

Bulut bilişimin sahip olduğu sınırsız kaynaklar, her yerde bulunabilen IoT cihazlarının sahip olduğu hesaplama ve depolama yeteneğini arttırmaktadır. IoT cihazları için veri analizi, depolama ve kontrol etme gibi işlemlere sahiptir[17]. Bulut, park hizmetlerini karşılama sürecinde yönetim katmanı sağlayarak park etmeye yönelik hizmet odaklıdır. Şekil 5' deki mimari çok sayıda park alanındaki algılama teknolojilerinin bağlanabilmesini sağlamak için ara katman desteği vardır. Beklenen ara katman fonksiyonelliği bulut altyapısını destekler. Park yerlerinin bir görüntüsü periyodik olarak bulut bilişim ortamına gönderilerek kullanıcıların park yeri bilgisi alması sağlanmaktadır.



Şekil 5. Park Yeri Sağlayıcı Mimari [18]

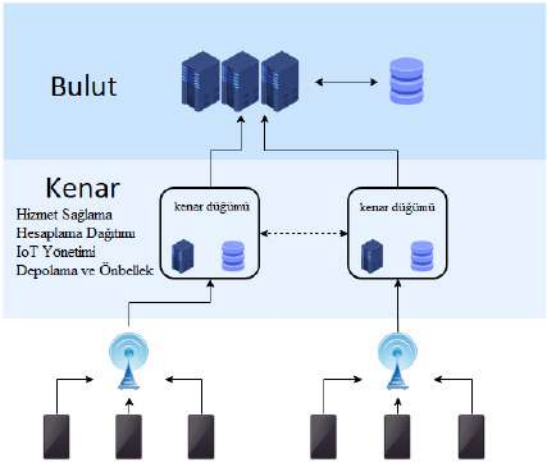
4.2 Sis (Fog/Edge) Bilişim

Sis bilişim, bulut bilişimin sahip olduğu hesaplama ve depolama yeteneğini daha uç noktalara ulaştırarak, cevap sürelerini ve bant genişliğini azaltır. Sis bilişimin ortaya çıkması geç 1990' larda olmuştur. Kullanıcılara daha yakın kenar sunuculardan web ve medya içerikleri sunmak için özünde içerik dağıtım ağları (content delivery networks) olan ağlar kullanılmıştır. 2000' lerin başında ise bu ağlar bir uygulama sunan ve uygulama bileşenleri barındıran ağlar haline gelmiştir. Günümüzdeki sis sunucuları ise bu yaklaşımı sanallaştırma teknolojileri ile geliştirerek daha çeşitli uygulama barındırabilir hale gelmiştir.

Bulut bilişim büyük veri üretirken sis bilişim gerçek zamanlı hesaplama gereken amaçlarda kullanılmaktadır.

Sis bilişim, bulut veri merkezlerini ve IoT cihazları/sensörleri arasında köprü ve ara katman gibi davranan dağıtılmış bir bilgi işlem örneğidir. Son kullanıcı ile geleneksel bulut bilişimin Data Center' lar (veri merkezi) ile arasındaki hesaplama, depolama ve ağ servislerini sağlayan son derece sanallaştırılmış bir platformdur. Bulut bilişim, sis bilişime göre büyük hesaplama, depolama ve iletişim kapasitesine sahiptir [19]. Sis bilişimin elinde var olan kaynakları, bulut sistemi ile birlikte işleyebilmektedir [19]. Bu sayede sis bilişim elindeki yerel kaynakları kullanarak, bulut bilişim tarafından sunulan üst düzey hizmetlerin bir bölümünü gerçekleştirerek IoT uygulamalarının

genel performansını arttırma potansiyeline sahiptir [19]. Gecikme ve ağ kullanımı sis bilişimde daha düşüktür [20]. Şekil 6' de sis bilişim sistemi görülmektedir. Kamera ve diğer sensörler ile oluşturulmuş akıllı park sistemi sis bilişim üzerinde gerçek zamanlı incelenebilmektedir.



Şekil 6. Sis Bilişim [20]

5. Akıllı Park Sistemi Örnekleri

Akıllı park sistemleri büyük şehirlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Harita üzerinde işaretleme ve kullanılan ağ mimarisine göre farklı şekillerde olabilmektedir. Aşağıda bazı uygulamalardan bahsedilmiştir.

Boston Üniversitesi tarafından geliştirilen ve park yeri bulan uygulamaları "ParkSens" dir. Manyetik sensör kullanarak manyetik alanın dalgalanmasına göre araç doluluğunu incelemektedir. İletişim altyapısında VANET(Vehicular ad hoc network) kullanılmaktadır [21]. Siemens parking management "SIPARK" ise bir diğer iç mekanlarda kullanılan otomatik park yönetim sistemidir. Ultrasonik led sensörler park alanında aracın olup olmadığını anlamak için kullanılan en yaygın yöntem olarak görülmektedir [21]. Dış mekanlar için kullanılan yöntem kablosuz manyetometredir. San Francisco' da kullanılan uygulama ise "SFpark pilot" dur. Amerika' da kullanılan sistem ise Parker 4.0 adında bir mobil uygulamadır [21].

IoT bağlantısı ile birlikte yenilikçi akıllı park teknolojisi trafik sıkışıklığına ve park yeri arama maliyetinin çözülmesine yardımcı olur. Kurulu IoT sensörleri boş park yerlerinin nerede olduğunu belirler. Bu veriler kablosuz bağlantı üzerinden bir bulut sunucusuna iletilir. Park alanından alınan tüm veriler gerçek zamanlı olarak toplanır ve boş park yeri arayanlara harita üzerinden sunulur. Bir park yeri arayan sürücüler, gerçek zamanlı akıllı park haritasına başvurabilir ve en yakın boş alana yönlendirilebilir. Gelişmiş sistemler bu alanları ayırabilir ve sürücülerden elektronik ödeme alabilir.

Hali hazırda piyasada da kullanılan birçok proje ve uygulama olsa da, bu uygulamalardan çok az sürücü yararlanmaktadır. Örneğin, Nice 2012 akıllı park sistemlerinin hayata geçirildiği ilk Fransız şehri olmuştur ve adıda "NICE PARK" tır. 10.000 sensörün 13 farklı park alanına yerleştirilmesi planlanmıştır. Sürücülerin boş park yerlerini kontrol etmesini sağlayacak bir uygulama geliştirilmiştir. Park sensörleri yakınlarındaki çok işlevli park ödeme panolarına bağlanmıştır. Bu çok işlevli panolardan, akıllı telefonu olmayan sürücüler de park ücretlerini ödeyebilir, şehirdeki park durumuna bakabilir ve şehirdeki toplu taşıma sistemleri hakkında bilgi alabilmektedirler. Sistemin hayata geçirilme maliyeti 13 ila 15 milyon Euro arasında olduğu hesaplanmış. Ancak kullanıcıların sistemden memnun olmadığı AppStore ve Google Play Store üzerindeki yorumlardan anlaşılmıştır [21].

Akıllı park sistemlerinin ana görevi gerçek zamanlı park yerlerinin uygunluk bilgisini toplayıp bu bilgileri akıllı telefon uygulamaları üzerinden kullanıcılara ulaştırmaktır. Mobil ve sabit olmak üzere iki farklı veri toplama metodu bulunmaktadır. İlki veri toplamak için güzergâh boyunca hareket eden aracın hareketinden faydalanır. İkinci olarak, sensörlerin park yerlerine sabit olarak yerleştirildiği mesafe algılayan sensörlerdir.

Örneğin, San Francisco' da kullanılan "ParkNet" sistemi park verisini GPS alıcılar üzerinden alıp hücresel ağ kanalları üzerinden merkez sunuculara göndermektedir. Büyük çaplı yol kenarı park sensör ağları birçok büyük şehirde kullanılmaktadır. Örnek olarak; San Francisco' da SFPark Projesi, Los Angeles' ta LA Express Park projesi, Barcelona'da "FASTPRK" ve Nice' teki "CONNECTED BOULEVARD" verilebilir. Bunların hepsinde park sensör ağlarının verimlilikleri en çok önem verilen konu olmuştur [16]. Tablo 2' de, anlatılan park uygulamalarının detaylı tablosu verilmiştir.

Tablo 2 Akıllı park uygulamaları, kullanılan teknolojiler ve sensörler[10]

Akıllı Park Uygulaması	**Ülke**	**Sensörler/Teknolojiler**
Park.ME	Avusturya, Almanya	Yer altı sensörleri
SmartParking	Yeni Zellanda	Yer altı sensörleri, RFID
ParkMe	Japonya, İngiltere, Amerika,Brezilya, Almanya	Yer altı sensörleri
ParkAssist	Amerika	M4 akıllı sensörler, LPR
SpotHero	Amerika	Yer altı Sensörleri
EasyPark	Kanada	Yer altı sensörleri
PaybyPhone	Fransa	Yer altı sensörleri
ParkMobile	Amerika	Yer altı sensörleri
AppyParking	İngiltere	Manyetometre
EasyPark Group	İsveç, Danimarka gibi..	Hareket verisi ve crowdsourcing
Parker	Amerika	Yer altı sensörleri, Makine ve bilgisayarlı görme
ParkiFi	Amerika	Manyetometre
Best Parking	Amerika	Yer altı sensörleri
Parkopedia	Amerika, Almanya, İsveç gibi…	Kestirimsel analiz, Yer altı sensörleri
SFPark	Amerika	Yer altı sensörleri
Open Spot	Amerika	Crowdsourcing

6. Sonuç

İnsanların hayat kalitesini arttırmak için akıllı şehir bağlamında önemli yere sahip olan trafik yönetimi ve park yönetimi önem arz etmektedir. Park sorunu yaşanan büyük şehirlerde, akıllı şehirciliğin bir kolu olan akıllı park sistemlerinin önemli olduğu gözlemlenmiştir. Bu makalede park sistemini oluşturan katmanlı mimari açıklanmıştır ve IoT fikri tanıtılmış ve

gelişmekte olan bulut ve kenar bilişim teknolojilerinin park sistemlerine uyarlanması anlatılmıştır. Park sistemlerinin önemi ve literatürdeki çalışmalar özetler halinde yazılmış ve bu alanla ilgilenen araştırmacılara ışık tutması amaçlanmıştır. Akıllı cihazların ucuz ve her yerde bulunabilmesi ile park yerlerinin daha verimli yönetimi sağlanabilmektedir. Ayrıca gerçek zamanlı bilgisayarlı görü ile park alanındaki yerler sistem tarafından sayılıp, herhangi bir olay olması (sürtme, vurma vb.) durumunda sistem uyarı verebilmektedir. Park arama maliyeti ve bu yüzden harcanan yakıt miktarı da böylece azaltılmaktadır. Gelecekte IoT sayesinde nesnelerin uzaktan yönetimi için geliştirilen teknolojileri kullanılarak faydaları, eksikleri vb. anlatılacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje: 2020-1-TP2-4013.

Kaynakça

[1] Erşen E. (2020). Motorlu Kara Taşıtları, http://www.tuik.gov.tr/ZipGetir.do?id=33655&class=onceki. [Erişim Tarihi: 15.08.2020]

[2] Ślęzok, M., & Łuczak, K. (2015). Intelligent building, automated car parking system. Zeszyty Naukowe. Organizacja i Zarządzanie/Politechnika Śląska.

[3] Oral, O., & Çakır, M. (2017). Nesnelerin interneti kavramı ve örnek bir prototipin oluşturulması. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi.

[4] Botta A., Donato W. D., Persico V. and Pescape A., (2014). On the Integration of Cloud Computing and Internet of Things: A Survey. In *2014 International Conference on Future Internet of Things and Cloud*.

[5] Khanna, A., & Anand, R. (2016). IoT based smart parking system. In *2016 International Conference on Internet of Things and Applications (IOTA)*.

[6] International Parking Institute (2018). "2018 Emerging Trends in Parking". Report on a survey conducted by the International Parking Institute. www.parking.org [Erişim Tarihi: 15.08.2020]

[7] Kanat V. (2015), Sensörler ve Arduino. Dikeyeksen Yayınevi, 2015.

[8] Song, B., Choi, H., & Lee, H. S. (2008). Surveillance tracking system using passive infrared motion sensors in wireless sensor network. In *2008 International Conference on Information Networking*.

[9] Pereira, F., Correia, R., & Carvalho, N. B. (2018). Comparison of active and passive sensors for IoT applications. In *2018 Wireless Power Transfer Conference (WPTC)*.

[10] Paidi, V., Fleyeh, H., Håkansson, J., & Nyberg, R. G. (2018). Smart parking sensors, technologies and applications for open parking lots: a review. *IET Intelligent Transport Systems*, 12(8).

[11] Barriga, J. J., Sulca, J., León, J. L., Ulloa, A., Portero, D., Andrade, R., & Yoo, S. G. (2019). Smart Parking: A Literature Review from the Technological Perspective. *Applied Sciences*, 9(21), 4569.

[12] Wei, L., Wu, Q., Yang, M., Ding, W., Li, B., & Gao, R. (2012). Design and implementation of smart parking management system based on rfid and internet. In *2012 International Conference on Control Engineering and Communication Technology*.

[13] Al-Turjman, F., & Malekloo, A. (2019). Smart parking in IoT-enabled cities: A survey. *Sustainable Cities and Society*, 49, 101608.

[14] Mosques, K. C., Boil, M., & Parker, N. (2007). Technical solutions to overcrowd park and ride facilities. University Transportation Research Center-Region 2.

[15] Revathi, G., & Dhulipala, V. S. (2012). Smart parking systems and sensors: A survey. In *2012 International Conference on Computing, Communication and Applications*.

[16] Çetin E. (2019). Akıllı Park Destek Sistemi ve Çözümleri. Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçeşehir Üniversitesi.

[17] Rafaels, R. J. (2015). Cloud Computing: From Beginning to End. CreateSpace Independent Publishing Platform.

[18] Atif, Y., Ding, J., & Jeusfeld, M. A. (2016). Internet of Things Approach to Cloud-based Smart Car Parking. In *Procedia Computer Science Vol. 58*.

[19] Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). Internet of things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. *IEEE communications surveys & tutorials, 17(4).*

[20] Awaisi, K. S., Abbas, A., Zareei, M., Khattak, H. A., Khan, M. U. S., Ali, M., & Shah, S. (2019). Towards a Fog Enabled Efficient Car Parking Architecture. *IEEE Access, 7*.

[21] Lin, T., Rivano, H., & Le Mouël, F. (2017). A survey of smart parking solutions. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 18(12)*.