

Internet of Things Based Disaster Management System Design and Implementation

¹Kerem Kucuk, ^{*2}Cuneyt Bayilmis, ³Ahmet Furkan Sonmez and ⁴Sezgin Kacar

¹Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering Kocaeli University, Turkey

^{*2,3}Faculty of Computer and Information Sciences, Department of Computer Engineering Sakarya University, Turkey

⁴Faculty of Technology, Department of Electrical and Electronics Engineering Sakarya University, Turkey

Abstract

Disaster management systems fulfill a vital task when a disaster such as earthquake, flood etc. occurs especially. The impacts of disasters can be reduced by employing effective disaster management systems equipped with Internet of Things (IoT) technologies. In case a disaster, employing IoT technologies enables a number of advantages. First, disaster management system have correct and fast knowledge about effective of disaster and its region. Second, it provides effective management and scheduling of resources such as rescue personals, equipment, vehicles, etc. This paper presents a disaster management system based on the internet of things solutions for smart cities. The developed system consists of two main parts. The first part is an IoT-unit that is an embedded system including sensors and communication units enables to access information about damage status of its deployed building. The second one is IoT-analysis platform which carries out recording, monitoring and analyzing collected data from disaster area by IoT technologies such as cellular networks, Wi-Fi connections data and IoT-unit.

Key words: Internet of Things (IoT), Crowd Sensing, Smart City, Disaster Management

Nesnelerin İnterneti Tabanlı Afet Yönetim Sistemi Tasarım ve Uygulaması

Özet

Afet yönetimi sistemleri, özellikle deprem, sel vb. gibi bir afet yaşandığında hayati bir öneme sahiptir. IoT teknolojileri ile donatılmış etkili afet yönetim sistemlerinin kullanılmasıyla afetin etkileri azaltılabilir. Bir afet durumunda, IoT teknolojileri kullanmak bir takım avantajlar getirmektedir. İlk olarak, afet yönetim sistemi felaketin ve bölgenin durumu hakkında doğru bilgiye ve hızlı bilgiye sahip olmalıdır. İkinci olarak, kurtarma personelinin, ekipmanın, araçların vb. kaynakların etkili bir şekilde yönetilmesini ve planlanmasını sağlamalıdır. Bu çalışmada, akıllı şehirler için internet üzerinden oluşturulmuş bir afet yönetim sistemi sunulmaktadır. Gelişmiş afet yönetim sistemi iki ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm, sensörleri ve iletişim birimlerini içeren gömülü bir sistem olan IoT birimidir ve konumlandırılmış binanın hasar durumuyla ilgili bilgilere erişim sağlamaktadır. İkinci bölüm ise hücresel şebekeler, Wi-Fi bağlantı verileri ve IoT-ünitesi gibi IoT teknolojileri ile afet bölgesinden toplanan verilerin kaydedilmesi, izlenmesi ve analizini gerçekleştiren IoT analiz platformudur.

Anahtar Kelimeler: Nesnelerin İnterneti (IoT), Kalabalık Algılama, Akıllı Şehir, Afet Yönetimi

*Corresponding author: Cuneyt Bayilmis Address: Faculty of Computer and Information Sciences, Department of Computer Engineering Sakarya University, 54187, Sakarya TURKEY. E-mail address: cbayilmis@sakarya.edu.tr, Phone: +902642956483

1. Giriş

Doğal ya da doğal olmayan afetler, insan hayatında, ekonomide, altyapıyada ve ulaşımda hasara neden olabilir. Afet yönetimi, arama-kurtarma ekipleri, teçhizat vb. dahil olmak üzere kaynakların organizasyonu ve yönetimini yürütür. Afettin etkilerini en aza indirmek ve etkilenenlere hızlı yardım ulaştırabilmek etkin afet yönetim sistemleri ile sağlanabilir [1, 2]. Son yıllarda akıllı şehir, akıllı ev, uzaktan izleme vb. uygulamalar ile hayatımızın her noktasında yer alan nesnelere interneti (Internet of Things, IoT) çözümleri afet yönetim sistemlerinde de kullanılmaya başlanmıştır [3-5]. IoT değişik iletişim protokolleri aracılığıyla birbirleri ile haberleşebilen, algılama ve veri işleme yeteneğine sahip nesnelere/cihazların oluşturduğu küresel bir ağıdır.

Afetlerin etkileri, IoT teknolojileri ile donatılmış etkin afet yönetim sistemlerinin kullanılması ile azaltılabilir. Afet durumunda, IoT teknolojilerinin kullanımı, afet ve etkileri hakkında doğru ve hızlı bilgi edinilmesini, bu bilgi doğrultusunda kurtarma personeli, ekipman, araçlar vb. kaynakların etkili bir şekilde yönetilmesini ve planlanmasını sağlar. Kısacası IoT teknolojilerinin kullanılması afet yönetim sürecini kolaylaştırır [2].

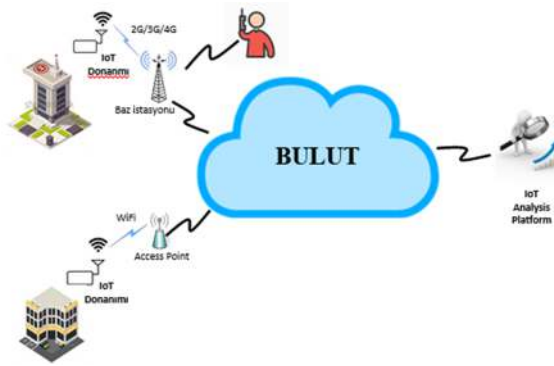
Literatürde afet yönetimi alanında IoT teknolojilerinin kullanımı üzerine çalışmalar bulunmaktadır. Sakhardande ve ark. afet yönetim sistemlerinde ve akıllı şehir izleme uygulamalarında IoT teknolojilerini kullanmak için birbiriyle bağlantılı akıllı modüller sistemi sunmuşlardır. Arduino tabanlı akıllı modüller, Wi-Fi aracılığıyla birbirleri ve merkezi izleme sistemini arasında iletişim sağlamaktadır [2]. Depremler, tsunami ve benzeri doğal afetler durumunda kriz yönetimi için IoT temelli bir erken uyarı sistemi geliştirilmiştir [6]. Bir başka çalışmada kablosuz sensör ağlarını kullanarak afet yönetimi projesine genel bir bakış sunulmaktadır. Bu çalışma da özellikle, afet ile ilgili verileri toplamanın ve paylaşmanın önemini vurgulamaktadır [7]. Bhosle ve Gavhane, ormanda kablosuz algılayıcı ağı kullanan bir afet yönetim sistemi modeli önermektedir. Ormanda konuşlandırılmış bir sensör düğümü bir yangın çıktığında, bu bilgiyi kablosuz bağlantılarla merkez düğümüne göndermektedir. Çalışmalarında fiziksel bir uygulama yapmamışlardır [8]. Kamruzzaman ve ark. afet sonrası yönetimi için hücresele alternatif olarak IoT tabanlı iletişim çerçevesini önermektedir [9].

Bu çalışmanın temel amacı, IoT teknolojilerine dayanan bir afet yönetim sisteminin tasarlanması ve uygulanmasıdır. Gerçekleştirilen sistem üç ana bileşenden oluşmaktadır. Birincisi, hastane, kamu binası, baraj, köprü, viyadük, vb gibi kritik yapılara yerleştirilebilecek, sensörler, iletişim üniteleri, mikroişlemci/mikrodenetleyici ve benzeri birimlerden oluşan **IoT-donanımıdır**. Bu donanımın görevi konumlandırıldığı yapının hasar durumu hakkında veri toplamak ve toplanan verileri buluta göndermektir. İkinci kısım, **IoT teknolojileri** kapsamında hücresele (mobil) ağlar ve Wi-Fi bağlantıları aracılığıyla afet bölgesindeki insan yoğunluğunun yaklaşık elde edilmesidir. **IoT-analiz platform** olarak adlandırılan son bileşen ise IoT-donanım ve afet bölgesindeki IoT teknolojilerini kullanan bireylerden elde edilen verileri kaydetme, izleme ve analiz işlemlerini yerine getirmektedir. Bu kapsamda IoT-ünitesinden alınan verilerle bina hasar durumunun hesaplanması, cep telefonu kayıtları, Wi-Fi bağlantıları ile afet bölgesindeki insan yoğunluk bilgilerinin elde edilmesi ve bu bilgilerin afet yönetim sistemi kullanıcılarına sunulması gerçekleştirilir. Kısaca, platform kullanıcıların afet bölgesi hakkında bilgi sağlar.

Makalenin geri kalan kısmı aşağıdaki şekilde organize edilmiştir: Önerilen afet yönetim sisteminin ayrıntıları Bölüm 2' te verilmektedir. Ve önerilen felaket yönetim sisteminin değerlendirilmesi için örnek senaryo Bölüm 3' te sunulmuştur. Son olarak, 4. Bölümde de gerçekleştirilen çalışmanın sonucu açıklanmıştır.

2. Önerilen Afet Yönetim Sistemi

Şekil 1'de genel sistem mimarisi verilen afet yönetim sistemi IoT birimi ve IoT teknolojilerini kullanarak elde edilen verileri işleyen IoT analiz platform olmak üzere iki ana bileşenden oluşmaktadır: Nesnelerin internet algılama, iletişim, adresleme ve veri işleme yeteneklerine sahip olan bir ağ sistemidir. Algılayıcı, iletişim ünitesi, mikroişlemci / mikrodenetleyici vb. gibi birimleri içeren IoT-donanımı, IoT iletişim protokolleri aracılığıyla internete veya buluta bağlanırlar. Sunulan çalışmada, IoT donanımlarının bina, köprü vb. yapılar üzerine yerleştirildiği varsayılmaktadır. Bu donanımlar, konuşlandırıldıkları yapıların durumunu izler ve algılanan verileri IoT analiz platformuna gönderir. IoT analizi platformu, önerilen afet yönetim sisteminin en önemli parçasıdır. Bu platform etkin afet yönetimi için afet bölgesinde IoT birimleri ve diğer IoT teknolojilerinden alınan verileri kaydeder, izler ve analiz eder. Bu platformun yalnızca IoT donanımından gelen yapıya ait hasar durum verilerini değil aynı zamanda afet bölgesindeki cep telefonu kayıtları, WiFi bağlantıları vb. birçok farklı IoT tabanlı sistemden elde edilen verileri de işlediği kabul edilmektedir.



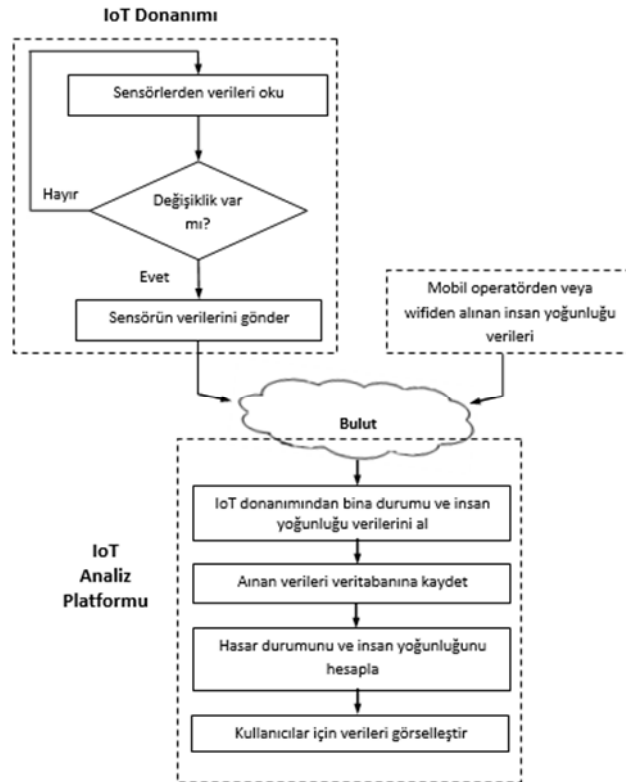
Şekil 1. Önerilen sistem mimarisi

Önerilen afet yönetim sisteminin çalışması Şekil 2'de verilen basitleştirilmiş akış diyagramında özetlenmektedir. IoT biriminin enerji tüketimini azaltmak için, algılanan veriler değiştiğinde bu veriler IoT analiz platformuna gönderilmektedir.

2.1. IoT Donanımı

Afet yönetim sisteminde kullanılan IoT donanımın blok diyagramı Şekil 3'de görülmektedir. IoT-donanımı, bir mikrodenetleyici (örn. Arduino, Raspberry Pi), kablosuz iletişim birimi (isteğe bağlı olarak Wi-Fi, ESP8266, GSM / GPRS, 3G, 4G vb.) içeren bir gömülü sistem, bir ivmeölçer,

barometre, jiroskop vb. (örn., ADXL 345, MPU6050, BMP180) ve bataryadan oluşmaktadır. Sensör birimi, IoT donanımının yerleştirildiği binanın hasar gördüğü (yıkıldığı) yön ve yıkılma mesafe (yükseklik değişimi) gibi bilgileri algılar ve algılanan verileri IoT bağlantı protokolü aracılığıyla IoT analiz platformuna iletir. Kablosuz iletişim birimi, IoT-ünitesi ve IoT-analiz platformu arasındaki iletişimi sağlar. IoT bağlantı protokolü olarak MQTT mesajlaşma protokolü kullanılmaktadır. MQTT protokolü TCP / IP protokolü üzerine kurulmuştur ve IoT cihazlarının internet (bulut) bağlantısını sağlar. MQTT, bir İstemci-Sunucu yayın / abone mesajlaşma protokolüdür [3, 8, 10, 11]. Bu çalışmada, yayıncı IoT donanımı ve abone IoT analiz platformudur.

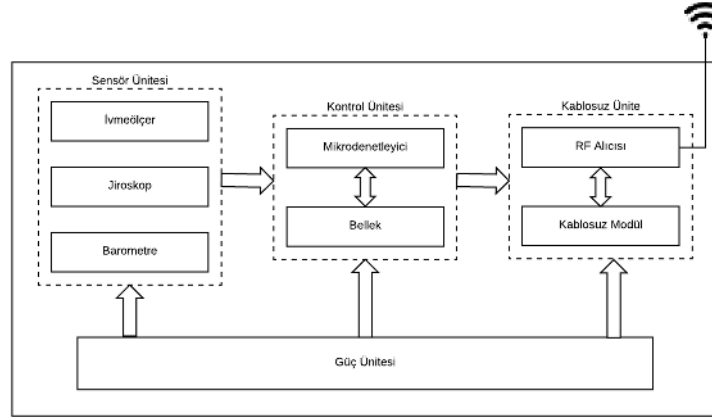


Şekil 2. Önerilen sistemin basitleştirilmiş akış şeması

2.2. IoT Analiz Platformu

IoT analiz platformu, IOT ünitelerinden alınan verileri analiz eder, görselleştirir ve izler. Başka bir deyişle, bu platform afet yönetim sisteminin kullanıcı arayüzüdür. IoT analiz platformunun geliştirme sürecinde HTML5, Javascript, CSS, Google Map ve Firebase teknolojileri kullanılmıştır. Google Map, API-KEY'i kullanarak projeye kolayca eklenebilir. Buna ek olarak, bu harita, belirli bir alan seçimi, renklendirme vb. pek çok özellik sunmaktadır. Firebase, mobil ve web tabanlı uygulamalar için Google tarafından geliştirilen popüler bir bulut tabanlı platformdur. Firebase, NoSQL veritabanı kullanarak kullanıcılar ve cihazlar arasında verileri gerçek zamanlı olarak saklar ve senkronize eder. Tüm IoT analiz platformu, yapı hasar durum hesaplama

prosedürü, insan yoğunluk kümeleme prosedürü ve kullanıcı arayüzünden oluşmaktadır. Bir afet meydana geldiğinde, kullanıcı arayüzünde afet bölgesi kabaca gösterilir. Detaylı hasar bilgisine, renkli bölgeyi büyüterek erişilebilmektedir. Şekil 4, hasar gören tek bina yerleştirilmesini ve binadaki insan yoğunluğu ve hasar durumunu da içeren hasar bilgisini göstermektedir.



Şekil 3. İot ünitesinin blok diyagramı

2.2.1. Hasar Belirleme

Afet durumundan sonra IoT donanımının yerleştirildiği binanın hasar seviyesinin hesaplanması için IoT donanımının sahip olduğu ivmeölçer, jiroskop sensörlerinden yararlanılmaktadır. Bu algılayıcılardan elde edilen veriler ile binanın hasar yönü ve yıkım mesafesi gibi bilgiler hesaplanabilmektedir [12,13]. Örneğin hızlanma (ivme) verileri hızın değişimini belirtir ve hız değişiminde mesafe hesaplanır. IoT donanımının yerleştirildiği yapının başlangıç durumu bilindiği için yapıdaki değişim tahmin edilebilir. Mesafe; zamanın bir fonksiyonu olarak varsayılırsa ($s(t)$), hız ve ivme şu şekilde formüle edilebilir;

$$a(t) = v'(t) = s''(t) \quad (1)$$

IOT donanımında kullanılan ADXL345, yüksek çözünürlüklü 3 eksenli ivmeölçer'e sahiptir. İvmeölçer, yerçekiminin statik ve dinamik ivmesini ölçer. Binanın hasar durumunu hesaplamak için her iki ivme verisinde kullanılmıştır. Çünkü, eğim algılama uygulamalarında statik ivme kullanılmakta ve hareket algılama uygulamalarında dinamik hızlanma kullanılmaktadır [18,19]. Toplam statik ivme vektör uzunluğu (SA) IoT-ünitesi tarafından aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$SA = \sqrt{(a_x)^2 + (a_y)^2 + (a_z)^2} \quad (2)$$

Burada a_x , a_y , and a_z yerçekimi statik ivme vektörünün üç bileşenidir. Benzer şekilde, toplam dinamik hızlanma vektör uzunluğu (DA) aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$DA = \sqrt{(b_x)^2 + (b_y)^2 + (b_z)^2} \quad (3)$$

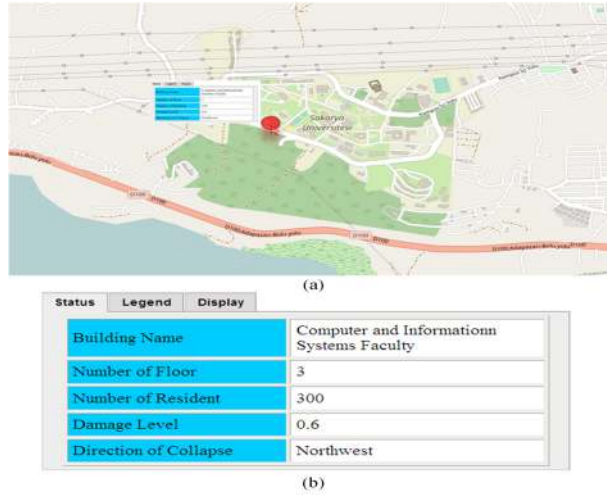
Burada $\vec{b} = (b_x \ b_y \ b_z)$ üç eksenli yerçekimi dinamik ivme vektörüdür. Binaların yıkım esafesini hesaplamak için, toplam statik ve dinamik ivme vektörlerine göre dikey ivme şu şekilde elde edilir:

$$V_{\mathcal{A}} = \sqrt{(\mathcal{S}\mathcal{A})^2 - (\mathcal{D}\mathcal{A})^2 - (\mathcal{G})^2} / 2\mathcal{G} \quad (4)$$

Burada \mathcal{G} yerçekimini ifade etmektedir. Buna ek olarak, aşağıdaki gibi jiroskop verilerini kullanarak binanın dönüş açısını elde edilmektedir:

$$\mathcal{S}\mathcal{W} = \sqrt{(w_x)^2 + (w_y)^2 + (w_z)^2} \quad (5)$$

Burada $\vec{w} = (w_x \ w_y \ w_z)$ IoT biriminin dönüş vektörünün açısıdır. Burada $a(t)$ ve $\dot{a}(t)$ zamanın bir fonksiyonu olarak hızlanma ve hızdır. “ ” işareti zamana göre türev için kullanılır.



Şekil 4. Afet bölgesindeki tek yapıların konumu ve hasar bilgisi

2.2.2. Nüfus yoğunluğuna göre kümeleme

İnsan yoğunluğu bilgisi, kurtarma ekiplerini yönlendirmek için önemli verilerdir. Bu yoğunluk bilgisini analiz etmek için kümeleme algoritması kullanılmıştır [14]. Y. Guo ve arkadaşlarından farklı olarak, akıllı telefonlar, şehirlerde inşa edilen baz istasyonlarına (BS) ve binalara yerleştirilen Wi-Fi erişim noktalarına (AP) bağlanabilir. Kümeleme için BS ve AP bağlantı verilerini göz önünde bulundurulmuştur. Bu veri seti, afet yönetim platformumuzun girişi olarak kullanılmıştır. Bu veriler şu şekilde tanımlanmıştır:

$$\mathcal{D}_i^{BS} = \{\mathcal{P}\mathcal{N}_i, \varphi_i^{BS}, \lambda_i^{BS}, t_i, \Delta t_i\}, \quad \mathcal{D}_j^{WF} = \{\mathcal{M}\mathcal{A}\mathcal{C}_j, \varphi_j^{WF}, \lambda_j^{WF}, t_j, \Delta t_j\} \quad (6)$$

Burada $\mathcal{P}\mathcal{N}_i$ abonenin telefon numarasıdır. φ_i^{BS} ve λ_i^{BS} BS'nin enlem ve boylamıdır. t_i BS'ye abone bağlantı süresidir. Δt_i : $\mathcal{P}\mathcal{N}_i$ nin süresidir. $\mathcal{M}\mathcal{A}\mathcal{C}_j$ kullanıcının mac numarasıdır. φ_j^{WF} ve λ_j^{WF} Ap'nin enlem ve boylamıdır. t_j erişim noktasına olan kullanıcı bağlantı süresidir. Δt_j : $\mathcal{M}\mathcal{A}\mathcal{C}_j$ 'nin kullanım süresidir. BS ve AP bağlantısı tarafından yönetilen bağlantı veri seti düzensizdir. BS veya

AP' ye erişen akıllı telefonların bağlantı süresi verileri bulunmamaktadır. Dolayısıyla, bu veriler kümesinde bazı ön işlemleri uygulamak gereklidir. İlk işlem; alakasız verilerin silinmesi, Handover efekti silinmesi, BS veya AP ile kullanıcıların bağlantı sürelerinin saptanması veya düzeltilmesidir. El değiştirme problemi akıllı telefon için elimine edilebilir. Bu problemi ortadan kaldırmak için yapılacak ilk adım, kullanıcının iletişim kurduğu BS'ler arasındaki uzaklığın tespitidir [21]. Sonrasında BS ve AP bağlantı verilerinin ve bunların haberleşme aralığının incelenmesi sonucunda, T_{BSMAX} ve T_{WFMAX} 'nin sistem parametrelerinin sırasıyla otuz ve beş dakika ile en iyi sonuca ulaştığı tespit edilmiştir. BS veya AP için Handover etkisini ortadan kaldırmak için iki kural vardır:

$$d^{BS} \leq 5 \text{ km or } d^{WF} \leq 100m \text{ ve } \Delta T_i < T_{BSMAX} \text{ or } \Delta T_j < T_{WFMAX} \quad (7)$$

Burada ΔT_i iki BS verisi arasındaki zaman farkı, ΔT_j ise iki AP verisi arasındaki zaman farkıdır. Bir diğer önemli parametre bağlantı süresinin uzunluğudur. Zaman farkı iki şekilde belirlenebilir: (i) akıllı telefon kullanıcısı mobil değildir ve bu kullanıcının 30 dakika içinde aynı BS'ye tekrar bağlanma, (ii) bir akıllı telefon kullanıcısının 5 dakika içerisinde aynı AP'ye yeniden mobil olarak bağlanamama durumudur. \mathcal{D}_i^{BS} veya \mathcal{D}_j^{WF} ; i' ninci veya j' ninci enlem ve boylamı olarak ayarlanmıştır. Δt ; $t_2 - t_1 + \Delta t_2$ şeklinde hesaplanmıştır. \mathcal{D}_{i+1}^{BS} or \mathcal{D}_{j+1}^{WF} , içeren ve \mathcal{D}_i^{BS} veya \mathcal{D}_j^{WF} ve \mathcal{D}_{i+1}^{BS} veya \mathcal{D}_{j+1}^{WF} arasında kalan bütün veriler silinmiştir. Yukarıdaki işlemlerin sonucu olarak, el değiştirme etkisi ortadan kalkmıştır. Kentin veya binanın yoğun nüfus alanları, hiyerarşik kümeleme tekniği ile bulunmuştur [14]. Nüfus yoğunluğunun karar kriteri, bulunulan bölgedeki kullanıcıların BS'lerine veya AP'lerine yapılan bağlantı sayısıdır. Bağlantıların sayısının artması genel olarak nüfusun çok olduğuna işaret etmektedir. Bu platformda, yüksek yoğunluklu nüfus bölgeleri, bir felâketi yönetmek için kümeleme yoluyla incelenmektedir. Kümeleme sürecinde, BS'lerin ve AP'lerin sayısı ve BS'lere ve AP'lere ulaşan akıllı telefonların sayısı bulunmaktadır. Bilinen her BS ve AP için, günlük olarak bağlı olan kullanıcı sayısı belirlenir. Bağlanan kullanıcıların sayısı, kümeleme işlemi için bir ağırlık olarak dikkate alınır. Bu işlem başlamadan önce her küme için ağırlıklı bir merkez noktası ayarlanır. En kısa aralıktaki iki küme, her bir kümeleme işleminde bir kümeye birleştirilir. İki kümenin merkezleri arasındaki mesafe aşağıdaki denklemler ile gösterilmektedir:

$$\varphi_c = \frac{(user_n_1)(\varphi_c^1) + (user_n_2)(\varphi_c^2)}{user_n_1 + user_n_2} \text{ ve } \lambda_c = \frac{(user_n_1)(\lambda_c^1) + (user_n_2)(\lambda_c^2)}{user_n_1 + user_n_2} \quad (8)$$

$$user_n_c = user_n_1 + user_n_2 \quad (9)$$

Burada $user_n_c$; BS'ye ulaşan akıllı telefon kullanıcılarının sayısıdır. , φ_c ve λ_c ; sırasıyla küme merkezinin enlem ve boylamını temsil eder. İlk olarak, her BS veya AP bir küme olarak belirlenir. Bu nedenle, her kümenin merkez noktası bir BS veya bir AP'nin koordinatlarıdır ve ağırlık değeri 1 olarak alınır. İki küme daha sonra en kısa mesafe ile birleştirilir. Bu işlem eşik mesafesi

karşılanıncaya ve ardından birleşme tamamlanıncaya kadar devam eder. Her akıllı telefon veya Wi-Fi kullanıcısı ayrı olarak değerlendirildiğinden, işleme ve veri saklama bir kaç bilgisayar üzerinde paralel yapılmaktadır. Bu nedenle, önerilen afet yönetim sisteminde Apache Spark ve Hadoop Dağıtılmış Dosya Sistemi (HDFS) değerlendirilmektedir. Apache Spark, büyük ölçekli veri işleme için hızlı ve yaygın bir motordur [15]. Spark, gelişmiş ve ek özellikler sağlamak için mevcut HDFS altyapısının üstünde çalışır. HDFS tüm BS ve AP bağlantı verilerini saklamak için kullanılır. Bu veriler Apache Spark tarafından incelenmiş ve işlenmiştir [16]. Ayrıca birkaç açık kaynak geliştirme ortamı içeren Python paketlerinden Anaconda kullanılmıştır. Ayrıca, JDK 8 geliştirme ortamı HDFS ve Apache Spark ile birlikte kullanılmaktadır.

3. Tasarlanan Sistemi Kullanan Örnek Senaryo

Geliştirilen afet yönetim sisteminin kullanımı ve değerlendirilmesi örnek bir senaryo üzerinde sunulmaktadır. Bu amaçla örnek senaryo kapsamında bazı durumlar varsayım olarak kabul edilmiştir. Bu senaryoda Sakarya Üniversitesi Kampüsü afet bölgesi olarak alınmıştır. Diğer varsayım ve kabul edilen koşullar şunlardır:

- Kampüsün yaklaşık 5 km içerisindeki yedi baz istasyon kulesi var olduğu,
- Üniversite kampüsündeki 50 Wi-Fi erişim noktasının kullanıldığı,
- Tasarlanan dört IoT birimi konuşlandırılmış ve altı sanal IoT birimi dağıtıldığı varsayılmıştır.
- IoT donanımları, her 24 saatte bir ivmeölçer verilerini ölçer ve konumları arasında bir fark olması durumunda bu verileri IoT analiz platformuna gönderir.
- IoT-üniteleri, Wi-Fi veya GSM teknolojilerini kullanarak sisteme bağlanabilir.
- Sakarya Üniversitesi Kampüsü'nde, bir hafta boyunca BS'ler ve Wi-Fi AP'ler ile 'akıllı telefonlar aracılığıyla veri seti için kullanılmıştır.

Kullanıcı arabirimi, farklı bilgileri göz önüne alarak afet yönetiminin hızlı ve etkili kararlar almasına yardımcı olan güçlü bir araçtır. Şekil 5'de afet bölgesi içerisindeki insan yoğunluğu görülmektedir. Önerilen sistemimizde, Şekil 6'da harita yakınlaştırma düzeylerine göre sınıflandırılarak ve ağ verisi veya mobil ağ verisi ve Wi-Fi bağlantı verileri ile belirlenmiştir. Örnek senaryoda, tespit edilen farklı hasar seviyesi ve yerleşik yoğunluk farklı renklerle gösterilmektedir. Kullanıcı arayüzünde, hasar seviyesi üç farklı renkle gösterilmektedir. Yeşil bölge herhangi bir hasar olmadığını, sarı alanda hasar gören bazı yapıların bulunduğu ve kırmızı bölge tüm yapıların hasar gördüğü ifade edilmektedir. Bu renkli dairelerin genişliği, nüfus yoğunluğunu temsil etmektedir. Bu grafiksel gösterim ile hızlı ve doğru karar alınması sağlanmaktadır. Özetle, kırmızı bölgede daha büyük bir hasarın olduğu ve yaklaşık 2000 kişinin o alanda bulunduğu görülmektedir.



Şekil 5. Kümeleme - renk olarak temsil edilen, hücresel ağ verilerini kullanarak afet alanını gösteren bir harita.



Şekil 6. Afet alanını kümeleme haritası.

4. Sonuç

Afet sonrasında afet bölgesi hakkında hızlı ve doğru bilgiye sahip olmak hayati önem taşımaktadır. Bu durum afet yönetim sistemlerinin en büyük sorunlarından biridir. Nesnelerin interneti teknolojisi ile donatılmış afet yönetim sistemleri bu sorunlar için bir çözüm sunar. Böylece, mağdurların sayısı ve afetten kaynaklanan zarar en aza indirilebilir. Bu çalışmada IoT teknolojilerinin kullanıldığı bir afet yönetim sistemi sunulmuştur. Geliştirilen sistem, gömülü sistemler, hücresel ağlar, Wi-Fi bağlantıları gibi birkaç farklı IoT teknolojisini birarada kullanmaktadır. Afet yönetim sistemi, temelde IoT-ünitesi ve IoT-analiz platform olmak üzere iki bileşenden oluşmaktadır. Gerçekleştirilen sistem ile bina hasar durumu ve afet bölgesindeki insan yoğunluğu bilgileri afet yönetimi daha verimli gerçekleştirilmesine yardımcı olmaktadır. IoT teknolojilerinin kullanıldığı afet yönetim sistemi, bir deprem durumun gerçekleştiği varsayılarak örnek bir uygulama senaryosu üzerinde sunulmuştur. Afetten etkilenen bölgeler hasar durumu ve insan yoğunluğu bilgilerine göre farklı renkler ile kullanıcıya grafiksel bir ortamda verilmiştir.

Teşekkürler

Bu çalışma, Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komitesi (SAU-BAPK) tarafından desteklenmiştir. (Grant No. 2017-12-10-010.)

Kaynaklar

- [1] N. Tantitharanukul, K. Osathanunkul, K. Hantrakul, P. Pramokchon, P. Khoenkaw, "A review on using soft computing techniques in disaster management and risk assessment," in *Proc. 2016 International Con. on Innovation and Challenges in Cyber Security*, 2016, pp. 119-122.
- [2] P. Sakhardande, S. Hanagal, S. Kulkarni, "Design of disaster management system using IoT based interconnected network with smart city monitoring," in *Proc. 2016 International Conference on Internet of Things and Applications (IOTA)*, 2016, pp. 185-190.
- [3] A. Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari, M. Ayyash, "Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications," *IEEE Commun. Surveys Tuts*, vol. 17, no. 4, pp. 2347–2376, 2015.
- [4] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, "The internet of things: A survey," *Comput. Netw.*, vol. 54, no. 15, pp. 2787–2805, 2010.
- [5] A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista, M. Zorzi, "Internet of Things for Smart Cities," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 22–32, Feb. 2014.
- [6] S. Poslad, S. E. Middleton, F. Chaves, R. Tao, O. Necmioglu, U. Bügel, "A Semantic IoT Early Warning System for Natural Environment Crisis Management," *IEEE Trans. Emerging Topics in Computing*, vol. 3, no. 2, pp. 246–257, June 2015.
- [7] I. Benkhelifa, N. Taboudjemat, S. Moussaoui, "Disaster Management Projects using Wireless Sensor Networks: An Overview," in *Proc. 28th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops*, 2014, pp. 605-610.
- [8] A. S. Bhosle and L. M. Gavhane, "Forest disaster management with wireless sensor network," in *Proc. International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT)*, 2016, pp. 287-289.
- [9] M. Kamruzzaman, N. Sarkar, J. Gutierrez, S. K. Ray, "A study of IoT-based post-disaster management," in *Proc. International Con. on Information Networking*, 2017, pp. 406-410.
- [10] mqtt.org. <http://mqtt.org> [online; accessed 01 Feb 2017]
- [11] ISO/IEC20922:2016. Information technology – Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) v.3.1.1. 2016.
- [12] C. Bayilmis et al., "The design and implementation of remote personel monitoring system in military zones," *12th Int. Conf. on Electronics, Computer and Computation*, 2015, pp.1-4.
- [13] A. Sevin, C. Bayilmis, and et al., "Design and Implementation of a Man-Overboard Emergency Discovery System Based On Wireless Sensor Networks," *Turk J Elec Eng & Comp Sci*, vol. 24, pp. 762–773, 2016.
- [14] Y. Guo, J. Zhang, and Y. Zhang, "An Algorithm for Analyzing the City Residents' Activity Information through Mobile Big Data Mining," 2016 IEEE Trustcom/BigDataSE/ISPA, Tianjin, 2016, pp. 2133-2138.
- [15] Apache hadoop, [online] Available: <http://hadoop.apache.org/>.
- [16] E. Ivannikova, "Scalable implementation of dependence clustering in Apache Spark," 2017 Evolving and Adaptive Intelligent Systems (EAIS), Ljubljana, 2017, pp. 1-6.