

Device to Device (D2D) Communication Technologies for Post-Disaster Communication

^{1,3}Vedat Marttin ²Ugur Yuzgec ^{3*}Cuneyt Bayılmış

¹ Bilecik Seyh Edebali University, Turkey

²Faculty of Engineering, Computer Engineering Bilecik Seyh Edebali University, Turkey

³Faculty of Engineering, Computer and Information Engineering Sakarya University, Turkey

Abstract

It is vital that people affected by disaster can communicate with outside and rescue teams. However, in the event of a disaster, infrastructure such as roads, bridges, buildings and communication infrastructure can be damaged. To overcome disaster communication problem, the device-to-device communication technology that allows direct communication between two devices without any infrastructure requirement such as base station etc. is an important solution. In this study, device-to-device communication technology is presented with an example scenario for post-disaster communication.

Key words: Device-to-Device Communication, Post-Disaster Communication, Public Safety Networks(PSN), Proximity Service(ProSe).

Afet Sonrası İletişim İçin Cihazdan Cihaza Haberleşme Teknolojisi

Özet:

Felaketten etkilenen insanların dışarıdan ve kurtarma ekipleriyle iletişim kurabilmesi hayati öneme sahiptir. Ancak, bir afet durumunda, yol, köprü, bina gibi altyapılarla birlikte haberleşme altyapıları da hasar görebilmektedir. Afet durumunda haberleşme problemi için baz istasyon vb. herhangi bir altyapı gereksinimi olmaksızın iki cihaz arasındaki doğrudan iletişime imkan tanıyan cihazdan cihaza haberleşme teknolojileri önemli bir çözüm olmaktadır. Bu çalışmada afet sonrası iletişim için cihazdan cihaza haberleşme teknolojisi örnek bir senaryo altında sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Cihazdan Cihaza Haberleşme, Afet Sonrası İletişim, Kamu Güvenliği Ağı, Yaklaşım Servisi.

*Corresponding author: Address: ³Faculty of Engineering, Computer and Information Engineering Sakarya University, 54187, Sakarya TURKEY. E-mail address: cbayilmis@sakarya.edu.tr, Phone: +902642956483

1. Giriş

Deprem, tsunami vb. afet olayları insan kaybı, ulaşım, bina, iletişim vb. altyapılarda hasarlara neden olmaktadır. Bir afet olayından sonra, insanların ve afet yönetimini gerçekleştiren kurumların iletişim ihtiyacı hayati öneme sahiptir. Örneğin etkin bir afet yönetimi, afet bölgesinden hızlı ve doğru bilgi alınması ile sağlanabilir. Bu nedenle özellikle iletişim altyapısının devam ettirilmesi önemlidir. 4G/5G gibi yeni nesil haberleşme sistemlerinin etkilerini hayatımızın her noktasında gördüğümüz gibi afet yönetim sistemlerinde de görmemiz mümkündür.

Bir afet olayından sonra iletişim açısından en büyük problemler, iletişim altyapısının büyük oranda hasar görmesi (baz istasyonların çalışamaz duruma gelmesi vb.) ya da yoğun trafik nedeniyle kullanılamaz hale gelmesidir. Bu problemi çözmek amacıyla, son yıllarda afet haberleşme sistemleri üzerine çalışmalar artmaktadır. Özellikle felaket durumlarında etkilenen insanların dışarıdan ve kurtarma ekipleriyle iletişim kurmasına olanak tanıyan mimarilerin tasarımı üzerine yoğunlaşmaktadır [1-3].

Bir afet sonrası, mevcut haberleşme sistemlerinin ve iletişim ekipmanlarının hasar görmesi durumunda, iletişim seçeneği olarak cihazdan cihaza (Device-to-Device, D2D) haberleşme önemli bir çözüm olmaktadır. Bu çözümü öne çıkartan husus ise haberleşme için insanların sahip olduğu mobil cihazların (telefon, tablet vb.) (UE-User Equipment) tek başlarına yeterli olmasıdır [4].

Literatürde afet durumu için D2D haberleşmesini çoklu atlama noktaları (multihop) üzerinden felaket bölgesine iletişim kurmayı amaçlayan çalışmalar enerji etkinliği üzerine yoğunlaşmıştır [4, 5]. Afet durumu, 3GPP (3rd Generation Partnership Project-3.Nesil Eşgüdüm Projesi) kuruluşunun standartlaştırma çalışmaları kapsamında sürüm 12 (Release 12, R12) de Yakınlık Servisi (Proximity Service, ProSe) ve Kamu Güvenliği Ağı (Public Safety Network, PSN) olarak şekillendirilmiştir. PSN üzerine yapılan çalışmalarda D2D haberleşmesinin kullanılması üzerine yapılan çalışmalar da mevcuttur [4-7]. Özellikle ABD de PSN ağlarda kullanılmak üzere 700MHz frekans bandı tahsis edilmiştir [6]. Bu frekans bandında FirstNet adında acil yardım sistemi ile afet durumu ve sonrası gerekli kurumlarla iletişime geçerek işbirliği yapılmaktadır [8].

Bu çalışma da afet sonrasında felaket bölgesinde bulunan kişiler ve kurumlar için bir iletişim seçeneği olan D2D teknolojisi ele alınmakta ve kullanımı örnek bir senaryo ile sunulmaktadır.

2. Cihazdan Cihaza Haberleşme Teknolojisi

D2D haberleşme, baz istasyonu (Base Station, BS) yardımıyla yapılabildiği gibi kapsama alanı dışında da cihazlar arasında yapılabilir. Cihazların kendi arasında BS olmadan iletişim kurması özelliğiyle 5G teknolojisinin gelişmesinde anahtar bir çözüm olarak görülmektedir [9-11]. Mobil cihazların ve mobil cihaz kullanıcıların yaygınlaşmasıyla birlikte günümüzde D2D haberleşmenin kullanım alanları arasında oyun, içerik (video, fotoğraf vb) aktarımı-paylaşımı ile birlikte afet durumu sonrasında iletişim çözümü de sayılabilmektedir.

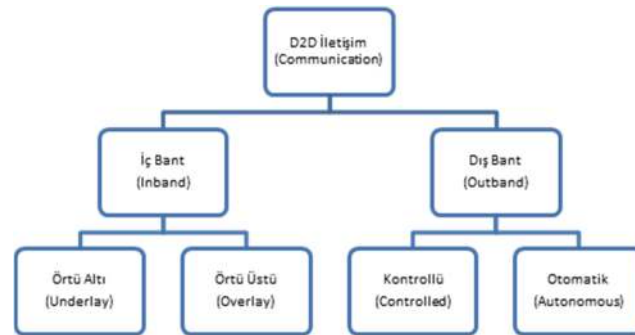
D2D haberleşmesi, kısa mesafeli bir iletişim sunduğundan düşük bir gecikme ve yüksek veri iletimi sunar. Geleneksel hücreli iletişime kıyasla, D2D enerji tasarrufu sağlayabilir ve hücreli ağdaki aşırı yük yoğunluğunu azaltabilir [12]. Literatürde LTE-Advanced (LTE-A) ağına D2D iletişiminin tanıtılmasının ilk örneği, Qualcomm tarafından geliştirilen FlashLinQ mobil iletişim sistemidir [13]. Bu teknoloji geniş bant hızlarında ve ara altyapılara ihtiyaç duymadan hücreli cihazların, 1 km içinde binlerce diğer FlashLinQ özellikli cihazı otomatik ve sürekli olarak keşfetmesini ve eşdüzeyler arası iletişimi sağlar [12].

2.1 İletişim Türleri

Literatürde D2D ile yapılan çalışmalarda, D2D iletişim sınıflandırması hücreli ağlarda lisanslı spektrum bant içi (inband) ve lisanssız spectrum ISM bandı (Industrial Scientific Medical-Endüstri Bilimsel Tıbbi) bant dışı (out band) olarak ayrılır.

Bant içi D2D iletişimi, örtü altı (underlay) ve örtü üstü (overlay) olarak ayrılır. Örtü altı iletişim durumunda D2D ve hücreli ağlar aynı spektrum kullanırken örtü üstü iletişim durumunda girişimi (interference) azaltmak için D2D ve hücreli haberleşmede atanmış ve tahsis edilmiş spektrum kullanılmaktadır.

Bant dışı sınıflandırma WiFi, ZigBee ve Bluetooth gibi teknolojilerde kullanılmaktadır. Baz istasyonu desteğiyle iletişim kurma durumunda kontrollü (controlled), cihazların kendi arasında iletişim kurma durumu ise otonom (autonomous) olarak kabul edilmektedir [14]. Şekil 1’de D2D iletişim türleri görülmektedir.



Şekil 1. D2D İletişim Türleri[14].

2.2 Kapsama Alanı ve Keşif Durumu

D2D iletişiminde kapsama alanı UE ve baz istasyonu (BS) durumu, kapsam dahilinde, kısmi kapsamda ve kapsam dışı olmak üzere üç şekilde tanımlanmaktadır. Kapsam dahilinde dikkate alınan tüm UE'lerin, BS'den hizmet / sinyal almak için BS kapsamı içerisinde olduğu kabul edilir. Kısmi kapsam, bazı UE'lerin BS kapsamı içerisinde diğerlerinin ise dışında olduğu durumdur. Kapsam dışı ise dikkate alınan tüm UE'lerin BS kapsamı dışında olduğunu ve bir BS'den hizmet / sinyal alamadığını gösterir.

Kısıtlı /açık yakınlık servis keşfi, herhangi bir uygulama için kullanılabilir temel bir Yakınlık keşif senaryosu için kullanım durumlarıdır.

Kısıtlı yakınlık keşif durumunda, ProSe etkinleştirilmiş bir UE, daha önceden izin almışsa, yakınlarda başka bir UE keşfeder. Kısıtlı kullanım durumunun örneği olarak gizlilik durumu içermeyen keşfin UE'nin gizlilik ayarları tarafından kısıtlandığı bir sosyal ağdaki arkadaş ya da eş keşfidir.

Açık yakınlık keşfi durumunda, ProSe etkinleştirilmiş bir UE, bir izin gereksiz komşu cihazlarını bulabilir. Açık kullanım durumunun bir örneği olarak bir mağaza / restoran reklamı olabilir.Çünkü dükkanlar ve restoranlar, tüm olası ProSe etkin UE'ler tarafından keşfedilmeye açıktır.

2.3 Sistem Mimarisi

Şekil 2'de 3GPP'nin önermiş olduğu D2D mimarisi verilmektedir. Bu mimaride geleneksel LTE mimarisine gelişmiş UMTS Karasal Radyo Erişim Ağı (E-UTRAN) ve Evrimleşmiş Paket Çekirdeği (EPC) kapsamında eklenen yeni yapılar şu şekildedir;

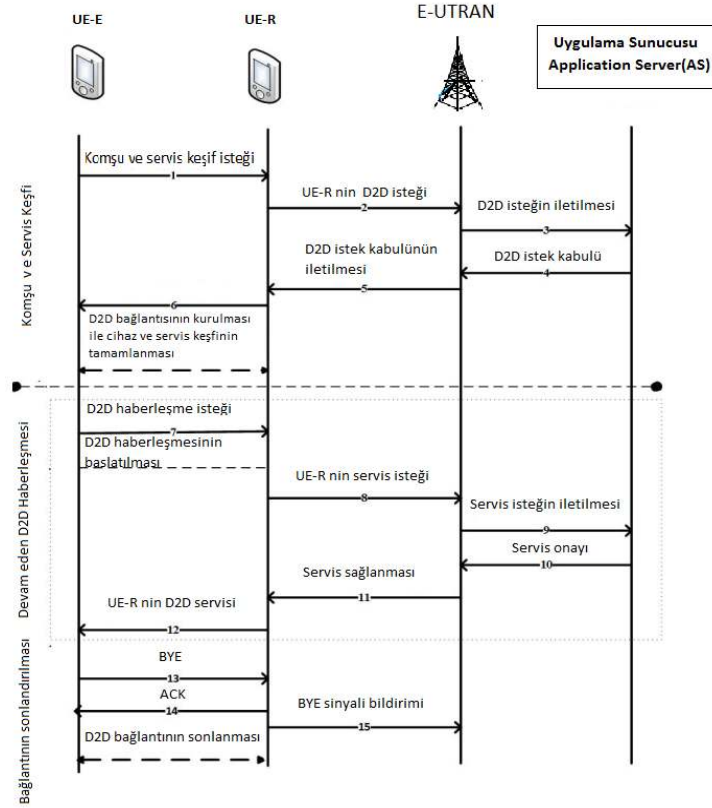
• **Uygulama sunucuları (ProSe App Server):** Ticari durumlarda Kamu Güvenliği veya sosyal medya durumunda belirli kurumlar uygulama işlevlerini oluşturmak için ProSe yeteneğini içerir. Bu uygulamalar 3GPP mimarisinin dışında önerilmiştir. 3GPP varlıklarına yönelik referans noktaları olabilir ve uygulama sunucusu UE'de bir uygulama ile iletişim kurabilir.

• **UE'deki Uygulamalar (ProSe UEs App):** Uygulama işlevselliğini oluşturmak için ProSe yeteneğini kullanır. Örnek olarak Kamu Güvenliği gruplarının üyeleri ile yakınlardaki diğer UE'leri bulmayı gerektiren sosyal medya uygulaması arasındaki iletişim kurmak için kullanılabilir.

• **ProSe Fonksiyonları:** ProSe App Server, EPC ve UE'ye bir referans noktasıdır. ProSE fonksiyonlar aşağıdaki durumlarda sınırlı olmamakla birlikte şunları içerebilir;

- Üçüncü parti uygulamalarına doğru bir referans noktası üzerinden internet ağı olanağı,
- UE'lerin keşif ve doğrudan iletişim için yetkilendirilmesi ve yapılandırılması,
- EPC seviyesine göre ProSe keşfinin işlevselliği,

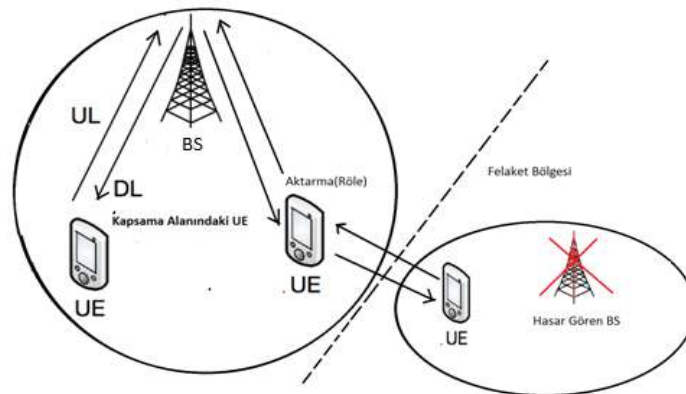
- Hücresel ağ ile D2D UE'ler arasında bir arada bulunmayı mümkün kılan girişimden kaçınma mekanizmaları,
- Yeni cihaz tasarımı, hareketlilik yönetimi ve güvenlik.



Şekil 3. Keşif işlemi protokolü [15].

3. D2D İletişimin Kullanıldığı Örnek Bir Senaryo

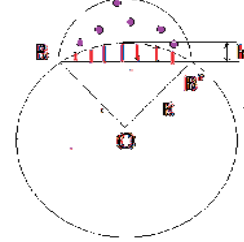
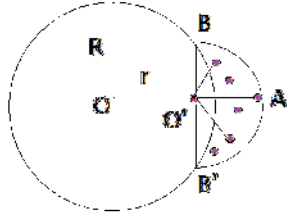
Afet sonrası iletişim sağlamak amacıyla D2D iletişimin kullanıldığı Şekil 4’te görülen örnek senaryo olarak, 3GPP’nin önerdiği D2D senaryolarından biri referans alınarak hazırlanmıştır.



Şekil 4. Afet sonrası iletişim senaryosu.

3.1 D2D Haberleşme Senaryosu Yerleşimi

Şekil 5'te O, R yarıçaplı bir hücrenin merkezidir. BS sabit ve hücre merkezindedir. UE-R'nin pozisyonu, BS'ye r kadar uzaklıkta kırmızı renkte boyanan O' noktasında yer olduğunu varsayalım. Belli bir mesafede D2D talebinin gerçekleştiği en az k nokta sayısı (mor renkli küçük noktalar), UE-Es rasgele nokta düzeni için Poisson nokta işlemine göre rasgele dağıtılmıştır [15,17].



Şekil 5. Kapsam alanı dışındaki UE ve Es'nin mekansal dağılımı [15].

Şekil 6. UE ve Es yoğunluk hesabı [15].

Kapsama alanı dışında, S içindeki kullanıcı yoğunluğu (UE-E) aşağıdaki gibi hesaplanmıştır [17]:

$$\lambda = \frac{N}{S} \quad \text{Denklem (1)}$$

Şekil 6'da gösterildiği gibi S, yarıçaplı alandan (S') yarıçap R'ye sahip olan gölgeli alanın çıkarılmasıyla hesaplanır.

$$S = S' - s \quad \text{Denklem (2)}$$

$$S' = \pi \cdot R^2 \quad \text{Denklem (3)}$$

Şekil 6'da taranmış bölümün alanı olan s aşağıdaki gibi hesaplanır [18]:

$$s = R^2 \cdot \cos^{-1} \left(\frac{R-h}{R} \right) - (R-h) \sqrt{(2R \cdot h - h^2)} \quad \text{Denklem (4)}$$

Şekil 6'da h taranmış çıkıntılı bölümün yüksekliği, R ise ağ kapsama hücresinin yarıçapıdır. UE-R ve UE-E aralarındaki mesafe olan d, hedeflenen mesafe olan D'den küçük veya ona eşitse, bir D2D çifti oluşturur. Belirli bir alandaki hedeflenen mesafe için, D2D çiftini oluşturan iki UE arasındaki en yakın mesafe, aşağıdaki gibi hesaplanır [17]:

$$P(d \leq D) = 1 - e^{-\lambda \cdot \pi \cdot D^2} \quad \text{Denklem (5)}$$

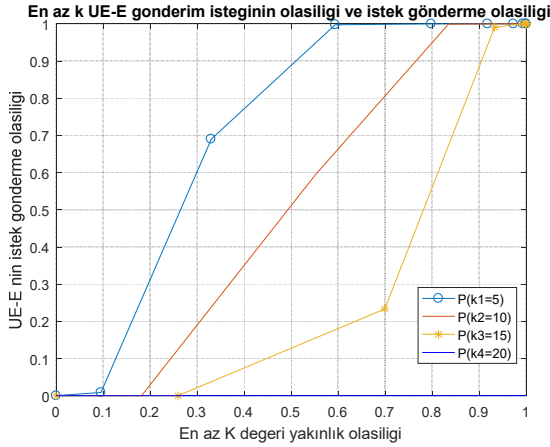
Şekil 7'de, UE-R'nin D mesafesi içindeki en yakın komşu olarak en az UE-E (s) sayısına sahip olduğunu açıklar. N sayısı UE-E (s) arasında n sayıda UE-E (s) seçildiğini ifade eder. UE-E (n) aralığında, UE-R, UE-R'den D mesafesi içinde yer alan en yakın komşu UE-E (ler) en yakın k sayısına sahip olmalıdır. Bu k UE-E (ler), UE-R ile D2D çiftlerini oluşturur. N gözlemlerinden k başarısını öğrenmek için, binom dağılımı [17] olarak kullanılır:

$$P(k) = 1 - \sum_{i=0}^{\infty} \binom{n}{i} (1-p)^i p^{(n-i)} \quad \text{Denklem (6)}$$

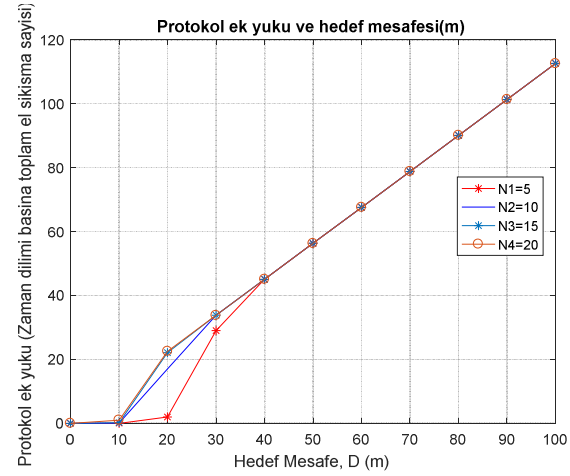
Burada p, D mesafesi içinde en yakın komşu olmaksızın hesaplanır:

$$p = 1 - P(d \leq D) \quad \text{Denklem (7)}$$

Şekil 7’de, kapsama alanı dışındaki yoğunluk faktörünün(λ) artması durumunda, P(k) değerleri için seçilen 4 farklı N değeri(N1=5,N2=10,N=15,N4=20) için k değerlerine (k1=5,k2=10,k3=15,k4=20) bağlı en az K değeri yakınlığı ile UE-E(s) lerin istek gönderme olasılığı görülmektedir. k değerlerinin küçük olduğu noktalarda K yakınlık değeri olasılığı düşüken UE-E(s) istek gönderme olasılığı artmıştır. k4 değeri simülasyon parametrelerinde seçilen n=20 degeriyle aynı olduğundan K değeri olasılığı artarken UE-E(s) istek gönderme olasılığı sıfır olmuştur.



Şekil 7. Yoğunluk durumuna göre UE-Es'in istek gönderme olasılığı ile en az k değeri yakınlığı ilişkisi



Şekil 8. Hedef mesafesi ve protokol ek yükü ilişkisi

Şekil 8’de kapsama alanı dışındaki yoğunluk faktörünün(λ) artması durumunda, N değerlerine(N1=5,N2=10,N=15,N4=20) bağlı hedef uzaklık arttıkça belirlenen zaman diliminde toplam el sıkışma(protocol yükü) arttığı görülmektedir. Küçük N değerlerinde yoğunluk faktörü düşük olacağından kısa mesafelerde el sıkışma sayısının çok az olduğu görülmüştür.40 m den sonra tüm N degerleri için doğrusal şekilde artmıştır.

3.2 Örnek D2D Senaryo Başarım Değerlendirmesi

Şekil 4’teki afet sonrası iletişim senaryosu, Tablo 1’de verilen simülasyon parametrelerine göre MATLAB ortamında çalıştırılmıştır.

Tablo 1. Simülasyon Parametreleri

Parametreler	Semboller	Değerler	Parametreler	Semboller	Değerler
UE-Es nin toplam sayısı	N	15	Kapsama Alanı yarıçapı(m)	R	500
D2D haberleşmesine katılan UE-Es nin sayısı	N	20	BS ile UE-R arasındaki mesafe	r	480
Toplam zaman dilimi	T	20	Kapsama alanı yarıçapı ile UE-R arasındaki mesafe	h	20
D2D isteği meydana gelen zaman dilimleri	T'	1 den T ye	KY (kontrol yükü-zaman dilimi başına toplam el sıkışma sayısı)	KY	(K*M*15)/T
Her zaman dilimindeki D2D isteği	M	1 den 10 a	D2D isteklerinin gerçekleştiği toplam zaman dilimleri.	K	15
Hedef mesafe (m)	D	100			

4. Sonuçlar

D2D haberleşmesi afet sonrası baz istasyonunun hasar görmesi ya da işlev görememesi durumunda iletişim için çözüm olabilmektedir. Çalışmasını yaptığımız senaryoda kapsam içi olan UE ve kapsam dışı olan yani felaket durumu sonrası hasar gören baz istasyonundan iletişim sağlayamayan bir UE için D2D haberleşmesinde mesafelere göre D2D çifti olma olasılığı ve hedef mesafeye (D) ye göre belli bir zaman diliminde D2D haberleşmesi için el sıkışma sayısı olan protokol ek yükü verileri gösterilmiştir. D2D çifti olma olasılığı rasgele seçilen noktalar için yakın olanların daha yüksek oranda iletişim kurduğu gözlenmiştir. Belirlenen hedef mesafe için ise 10m ye kadar el sıkışmanın çok az olduğu ya da varolan el sıkışmanın kullanıldığını 10m den sonra mesafe artışına bağlı el sıkışma sayısının arttığı gözlenmiştir.

Kaynaklar

- [1] Gomez K, Goratti L, Rasheed T, Reynaud L. Enabling disaster-resilient 4G mobile communication networks. IEEE Communications Magazine 2014;52:12,66–73. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2014.6979954>
- [2] Rawat P, Haddad M, Altman E. Towards efficient disaster management: 5G and Device to Device communication. In Proceedings of the 2015 2nd International Conference on Information and Communication Technologies for Disaster Management ICT-DM 2015 2016; 79–87. <https://doi.org/10.1109/ICT-DM.2015.7402056>
- [3] Wang X, Zhou H, Zhong L, Ji Y, Takano K, Yamada S, Xue G. Capacity-aware cost-efficient network reconstruction for post-disaster scenario. In IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications PIMRC 2016. <https://doi.org/10.1109/PIMRC.2016.7794910>
- [4] Ali K, Nguyen HX, Shah P, Vien QT, Ever E. D2D multi-hop relaying services towards disaster communication system. In Proceedings of the 24th International Conference on Telecommunications: Intelligence in Every Form, ICT 2017. <https://doi.org/10.1109/ICT.2017.7998287>

- [5] Babun L, Yürekli AI, Güvenç I. Multi-hop and D2D communications for extending coverage in public safety scenarios. In Proceedings - Conference on Local Computer Networks, LCN 2015;912–919. <https://doi.org/10.1109/LCNW.2015.7365946>
- [6] Fodor G, Parkvall S, Sorrentino S, Wallentin P, Lu Q, Brahmi N. Device-to-Device Communications for National Security and Public Safety. In Perspectives of the Next Generation Mobile Communications and Networking, IEEE Access: 5G Wireless Technologies 2014;2:1510-1520.
- [7] Ali K, Nguyen HX, Shah P, Vien, QT, Bhuvanasundaram N. Architecture for public safety network using D2D communication. IEEE Wireless Communications and Networking Conference Workshops, WCNCW 2016;206–211. <https://doi.org/10.1109/WCNCW.2016.7552700>
- [8] <https://firstnet.gov/> (Erişim Tarihi:18/03/2018)
- [9] Akyildiz IF, Nie S, Lin SC, Chandrasekaran M. 5G roadmap: 10 key enabling Technologies, Computer Networks 2016;106:17–48
- [10] Agiwal M, Roy A, Saxena N. Next Generation 5G Wireless Networks: A Comprehensive Survey. IEEE Communications Surveys & Tutorials 2016;18-3:1617-1655.
- [11] Gandotra P, Kumar JR. Device-to-Device Communication in Cellular Networks: A Survey. Journal of Network and Computer Applications 2016; 71:99–117
- [12] Araniti, G, Raschellá A, Orsino A, Militano L, Condoluci M. Device-to-Device communications over 5G systems: Standardization, challenges and open issues. In: Xiang W, Zheng K, Shen XS, editors. 5G Mobile Communications 2016, p.337–360. https://doi.org/10.1007/978-3-319-34208-5_12.
- [13] Xinzhou W, Tavildar S, Shakkottai S, Richardson T, Junyi L, R. Laroia, et al. FlashLinQ: a synchronous distributed scheduler for peer-to-peer ad hoc networks. IEEE/ACM Trans. Networking 2013;21-4:1215–1228.
- [14] Asadi A, Wang Q, Mancuso V. A survey on device-to-device communication in cellular networks. IEEE Communications Surveys and Tutorials 2014;16-4:1801–1819. <https://doi.org/10.1109/COMST.2014.2319555>
- [15] Bista A, Radin M. Neighbor and Service Discovery Protocols with Security Enhancement for Device-to-Device Communication in LTE/ LTE-A Cellular Networks. Frank YL, Supervisor. Department of Information and Communication Technology Faculty of Engineering and Science University of Agder. 2015;pp.103.
- [16] 3GPP, Study on architecture enhancements to support, Tech. Rep 2013. <http://www.3gpp.org/DynaReport/23703.htm> (Erişim Tarihi:18/03/2018)
- [17] Yanhuai Q, Jianan F, Zhang S. Nearest neighbor nodes and connectivity of wireless sensor networks with poisson point process. In Control Conference (CCC) 29th Chinese 2010;4776–4780.
- [18] Harris JW, Stöcker H. Handbook of mathematics and computational science. 1st ed. New York; Springer-Verlag:1998.