

Sağlıkta Blok Zinciri Uygulamaları

Blockchain Applications in Healthcare

Ahmet EKİN

IGT Business Incubation
BG Image Guided Therapy, Royal Philips
Best, The Netherlands
ahmet.ekin@philips.com

Devrim ÜNAY

Biyomedikal Mühendisliği
İzmir Ekonomi Üniversitesi
Sakarya cd. 156 Balçova (İzmir, Türkiye)
devrim.unay@ieu.edu.tr

Özetçe—Bu çalışmada sağlıkta Blok Zinciri teknolojisinin uygulamaları sunulmaktadır. Ayrıca sağlık uygulamalarında Blok Zinciri teknolojisinin seçimi ve gerçekleşmesi değerlendirilmiş, bu teknolojinin avantaj ve dezavantajlarını gözden geçirilmiştir. Ulusal seviyedeki ilk Blok Zinciri temelli sağlık sistemi olan Estonya sistemini ayrıntılı olarak incelenmiş ve Türkiye’ye etkileri yorumlanmıştır. Bildiğimiz kadarıyla sunulan çalışma bu alandaki ilk makalelerden biridir ve Türkçe yazılmış ilk bildiri olma özelliği taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler — blok zinciri; sağlık; hasta kayıt; ilaç geliştirme; ürün geliştirme; Türkiye.

Abstract—In this paper, we present the applications of blockchain technology in healthcare. Furthermore, we evaluate the choice and deployment of Blockchain technology in such applications, review the advantages and disadvantages of such an approach. We review the Estonian system, which is the first blockchain-based health system at the national level, in detail and discuss its ramifications to Turkey. This paper is one of the first papers in this domain and, to the best of authors’ knowledge, the first in Turkish.

Keywords — blockchain; healthcare; patient records; drug development; product development; Turkey.

I. GİRİŞ

2017’nin en çok konuşulan konularından birisi Blok Zinciri (Blockchain) teknolojisi ve ona bağlı olarak da kripto paraları. Google Trends’e göre “Bitcoin” Global haberler alt başlığında 2017’de en çok aranan ikinci kelime olmuştur [1]. Kripto paralar Blok Zinciri teknolojisinin en bilinen uygulama alanı olsa da Blok Zinciri sadece finans sektörüyle sınırlı kalmayacak kadar güçlü ve genel bir konudur. Dijital kayıtların tutulduğu ve bu kayıtların değişmemesinin önemli olduğu hemen her alanda Blok Zinciri teknolojisi kullanımı düşünülebilir. Bu çalışmada Blok Zinciri teknolojisinin sağlık sektöründeki potansiyel uygulama alanları incelenmiştir.

Sağlık sektörü, ilaç ve tıbbi ürün geliştirme sürecinden tanı koymaya, e-reçete sürecinden hasta kayıtlarının daha iyi korunup kullanılabilmesine kadar değişik aşamalarda Blok Zinciri teknolojisinden faydalanabilir. Veri güvenliğini artırma konusunda da, Mayıs 2017’de özellikle hastaneleri hedefleyen Ransomware tarzı siber saldırılara karşı da, Blok Zinciri teknolojisi önemli bir savunma olabilir. Amacımız bu değişik kullanım olanaklarını derleyip, şu ana kadar yapılmış

çalışmaları ve sistemleri incelemektir. Bildirimizin hedefi herhangi bir uygulama için yapılmış tüm çalışmaları incelemekten ziyade, sağlıkta Blok Zinciri teknolojisini olabildiğince değişik uygulama alanlarını derleyebilmek, varsa o uygulama alanlarında önemli birkaç çalışmayla da teknik detayları irdelemektir.

İçeriği açısından bildirimiz Türkçe kaynaklar bakımından bildiğimiz kadarıyla bu konudaki ilk yayındır. Sağlıkta Blok Zinciri İngilizce kaynaklar açısından da şu ana kadar son derece kısıtlı çalışmaların yapıldığı bir alandır. Konuyla ilgili çalışmaların en önemlisi olan Deloitte’un raporu [2] daha çok hasta kayıt ve verilerinin kullanımıyla ilgilenmektedir. Bu bildirideyse hem hasta kayıt ve verileri hem de ilaç ve ürün geliştirme aşamalarında Blok Zinciri teknolojisini kullanımı irdelemiştir.

Bir sonraki kısımda Blok Zinciri teknolojisini önemli parçaları açıklanmıştır. Sağlık alanında kullanılan blok zincirlerinin hemen hepsi “smart contract” kavramını desteklediğinden Ethereum’dan da bahsedilmiştir. Sonra sağlık sektöründeki uygulamalar açıklanmış, var olan sistemler incelenmiştir. Bu noktada ülke olarak ilk kez bu teknolojiyi kullanan Estonya’ya odaklanılmıştır. Son olarak Türkiye için kısa bir analiz ile bildiri sonlandırılmıştır.

II. BLOK ZİNCİRİ TEKNOLOJİSİ

Bu kısımda Blok Zinciri teknolojinin kısaca genel özellikleri ve halihazırda var olan ilgili platformlar/altyapılar incelenmiştir.

Blok Zinciri Genel Özellikleri

Blok zinciri teknolojisi 3 önemli prensip üzerine kurulmuştur [11, 13]:

1. Dağıtılmış (decentralized) hesaplama düğümleri sisteme siber saldırılar karşısında ya da düğümlerdeki problemlere karşı gürbüzlük katar.
2. Veri, açık, değiştirilemez bir kayıt (ledger) sisteminde kaydedilir. Kayıtlarda silme ve değiştirme operasyonları geçerli olmadığından, kayıtların her zaman tam ve çürütülemez kanıtı sistemdedir.
3. Bütün işlemler için üstveri (metadata) sistemdeki herkes tarafından görülmesine rağmen Blok Zinciri’ndeki bütün veriler okunabilir değildir. Blok

zincirinde bazı içerikler şifrelenmiştir, şifreyi kırıp içeriğe erişmek çok zordur.

Ethereum

Ethereum, yazılımcıların dağıtılmış uygulamalar geliştirebildiği, kendine ait *Ether* isimli kripto parası olan 2015'te lanse edilmiş açık kaynak kodlu bir platformdur. Golang, C++ ve Python dillerinde uygulamalara olanak sağlayan Ethereum'da akıllı sözleşmeler (smart contracts), bu sözleşmeleri uygulayan bir dağıtılmış küresel bilgisayar (Ethereum Virtual Machine) ve herkese açık bir Blok Zinciri vardır. Temelde Microsoft tarafından desteklenmektedir.

Hyperledger

Hyperledger ise 2017'de IBM tarafından lanse edilmiş yetkili (permissioned) Blok Zinciri temelli yapıların işbirlikçi yaklaşım ile geliştirilmesine olanak sağlayan modüler mimariye sahip bir altyapıdır. Golang ve Java dillerinde uygulamalara olanak sağlar.

Ethereum, daha uzun geçmişi nedeniyle daha olgun bir ekosisteme sahiptir; akıllı sözleşmeler ve ticaret mantığının geliştirilmesini basitleştirmiştir. Öte yandan daha genç bir yapı olan hyperledger'in kripto paraya ve herkese açık, oy birliği temelli ağlara gerek duyulmayan uygulamalarda tercih edilebilir [25].

III. SAĞLIK UYGULAMALARI

2016 yılında Amerikan Sağlık ve İnsani Servisler Ofisi tarafından sağlıkta Blok Zinciri uygulamaları konusunda bir açık çağrı yapılmıştır. Çağrıya 70'ten fazla katılım olmuş, bu 70 bildiri arasından 15'i [3]-[17] önerdikleri uygulamaların yeniliği, pazara etkisi ve ulusal sağlık kriterlerine katkılarının dolaylı ödüllendirilmiştir. Bu kısımda hem bu 15 bildiriden hem de diğer kaynaklardan derlediğimiz önemli sağlık uygulamaları sunulmuştur.

Güvenli Tıbbi Kayıt Yönetim Sistemi

Güvenliğin artırıldığı dağıtılmış (decentralized) tıbbi veri kayıt sistemleri en çok önerilen Blok Zinciri uygulamalarının başında gelmektedir [4], [5]. MedRec [7] sistemi böyle bir uygulama için geliştirilmiştir. Veri madencileri ise tıbbi veri kullanan enstitüler ve bireyler olarak düşünülmüştür. Örneğin, araştırmacılar, halk sağlığı otoriteleri ağa madenci olarak katılabilir ve çabaları karşılığı isimsizleştirilmiş (anonymized) verileri ödül olarak alabilmektedirler. MedRec "Proof of Work" sistemi üzerine kurulmuştur ve Ethereum Blok Zinciri ile Akıllı Kontratlar kullanmaktadır.

Ethereum Blok Zinciri temelli bir başka uygulama da ABD menşeli Gem şirketinin başlattığı paylaşımlı ağ altyapısı olan (shared network infrastructure) Gem Health Network'tür [18]. Bu altyapı sayesinde bir hastanın tüm geçmiş tedavisi şeffaflaştırılarak hekimlerin bu bilgiye erişimi sağlanacak ve böylece eski/erişime açık olmayan bilgiye dayalı tıbbi ihmal vakaları azaltılabilecektir. Ek olarak Blok Zinciri yaklaşımı ile tıbbi kayıt yönetimine odaklanmış Healthware Data Gateways [21], MedVault [22], Fatcom [23] ve BitHealth [24] gibi birçok çalışma mevcuttur.

Tıbbi veri kayıt sistemleri başka uygulamaların kullanımını da kolaylaştırdığından önemlidir. Örneğin, uzaktan teşhis ve tedavi (TeleHealth) ve E-reçete gibi uygulamalar gürbüz bir tıbbi veri kayıt sistemine ihtiyaç duyarlar.

Klinik Deneyler ve Araştırmalarda Veri Paylaşımı

Klinik deneylerde birden fazla tıbbi merkezin, üniversitenin ve şirketin bir araya gelip bir Blok Zinciri içerisinde ortak veri paylaşması uygulamasını kapsar. Hem veri her ortak tarafından anında ulaşılabilir, hem de veri üzerinde sonradan oynama yapılamayacağı için deney veya araştırma sonuçları üzerinde soru işaretleri kalkar.

Kullanıcılarına kendi sağlık verilerini depolama ve yönetme olanağı sağlayan bir platform sunan İsviçre menşeli sağlık şirketi Healthbank, Blok Zinciri teknolojisini ve veri ticaretini iş modeline entegre etmeyi planlamaktadır [18]. Böylece sağlık kayıtlarını araştırma amaçlı kullanıma açan kullanıcılar karşılığında maddi tazminat alabileceklerdir.

Sigorta Primlerinin Ödenmesi

Sağlık sisteminde servis ücretlendirme ve ödemelerin birbiriyle uyumlu sistemlerde yapılması da Blok Zinciri uygulamalarına bir örnek olarak gösterilmiştir [6], [10]. ABD'de 2018'de Faturalandırma ve Sigorta-ilişkili işlemlerin toplam maliyetinin 315 milyar dolar civarında olacağı tahmin edilmektedir. Verimli olmayan ücretlendirme sistemi hem zaman kayıplarına hem de maliyete sebep olmaktadır. Akıllı konratlarla desteklenmiş bir Blok Zinciri sisteminin halihazırdaki sistemlere göre çok daha verimli olabileceği iddia edilmektedir.

Nesnelerin İnterneti ile Hasta izlenmesi

Goldwater [8] ilginç bir uygulama önermiştir. Günümüzde değişik aletlerin içinde sağlık için faydalı olabilecek bilgiler toplandığını ama bu bilgilerin güvenliği ve erişimi daha az kontrollü olan bulut sisteminde tutulduğunu belirtirken, daha güvenli ve uyumlu Blok Zinciri sisteminin ağ içinde olan nesnelerden gelen bilgileri daha iyi koruyup kaydedebileceğini belirtmektedir.

İlaçta Sahtekarlık Tespiti ve Engellenmesi

Sektörler arası bir araştırma ağı olarak kurulmuş olan hyperledger'in bir faaliyeti olarak Accenture, Cisco, Intel, IBM, Block Stream ve Bloomberg tarafından ilaçta sahtekarlık tespiti ve engellenmesi üzerine bir proje (Counterfeit Medicines Project) kısa süre önce hayata geçirilmiştir [18, 20]. Projenin amacı üretilen her ilaca Blok Zinciri yaklaşımıyla bir tarih damgası vurularak yasa dışı, düşük kalite veya çalıntı ilaçların tespit edilebilmesidir.

IV. VAR OLAN SİSTEMLER

Sağlık sektöründe kısa süre önce kullanılmaya başlanan Blok Zinciri tabanlı sistemlerin analizi bize bu teknolojinin daha yaygın kullanım amaçları için iyileştirilmesi gereken yönlerini gösterebilir. Sayısal teknolojilerde önde gelen bir ülke olan Estonya, Blok Zinciri teknolojisini sağlık sistemine entegre eden ilk ülke olmuştur. Bu kısımda öncelikle Estonya sistemi irdelenecektir. Sonra uygulama alanları daha kısıtlı birkaç ticari sistem tahlil edilecektir.

A. Estonya örneği

Estonya, sayısal teknolojilere 20 yılı aşkın süredir yoğun yatırım yapan bir AB ülkesidir. 2000 yılında Estonya parlamentosu hem internet erişiminin temel insan hakkı olduğunu hem de sayısal imzaların yasallığını kabul etmiştir. Bu aynı zamanda bütün Estonya kurumlarında sayısal imzaların geçerli kabul edileceği anlamına gelmektedir. Aynı yasal çerçevede, halihazırda veri tabanına kayıtlı verilerin kopyasının yaratılamayacağı (“once-only” writing), sadece ana kayıta (master record) güncelleme yapılabileceği belirtilmiştir. Böylece verinin birden fazla kopyasının saklanması hem gereksiz hem de geçersiz hale gelmiştir. Bütün bu hedefler Blok Zinciri teknolojisiyle gerçekleştirilebilir.

Estonya’nın Blok Zinciri teknolojisi KSI (Keyless Signature Infrastructure) merkezli, birçok devlet kurumunun kayıt sistemine entegre edilmiş çok-amaçlı bir sistemdir. Bu sistemde istemli ya da istemsiz veri tahrifinin (manipulation) hızlı tespiti amaçlanmaktadır. Çok-amaçlı bir sistem olduğu için, veriler Blok Zinciri sisteminde tutulmaz, geleneksel veri tabanlarında saklanan verinin sadece karma değeri (hash value) sisteme kaydedilir ve her kaydedilen orijinal veri için kullanıcı bir jeton (token) alır. Bir veri sisteme girilirken sistemde kayıtlı karma değerleriyle karşılaştırılıp önce orijinalliği kontrol edilir. Bu yapı sayesinde kullanıcı verileri, örneğin hastanın MR verisi, hastane sisteminin dışına çıkarılmamış olur.

Estonya sisteminde (e-Estonia) farklı kurumların Blok Zincirine katılabilmesini sağlayan platform X-Road ismiyle anılmaktadır. X-Road, sisteme dahil olan devlet ve özel sektör kurumlarının veri tabanlarının entegrasyonu ve kurumlar arası veri transferi ile iletişimi sağlamaktadır. Güvenli veri transferi için, X-Road’da kurum dışına gidecek bütün veriler sayısal olarak imzalanıp şifrelenir, dışarıdan gelecek veriler ise ancak doğrulukları ispatlandıktan sonra veri günlüğüne işlenir [29]. X-Road veri tabanına yazma, büyük veri dosyalarını transfer etme ve sistemdeki veri tabanlarında arama gibi fonksiyonları da desteklemektedir.

Estonya’nın sağlık sistemi de bu genel Blok Zinciri sisteminde kendine yer bulmaktadır. Sistemde hasta kendisine ait bütün verilerin esas sahibi olarak kabul edilir ve üçüncü şahısların erişimine kendisi karar verir. Verilerin kimler tarafından görüntülediği Blok Zinciri sisteminde günlüğe kaydedilmektedir ve hasta verisine izinsiz bakmak cezai suç kapsamında değerlendirilir. Sistemin iki ana uygulaması vardır: 1) Elektronik hasta kayıtları, 2) Elektronik reçete (E-reçete). Elektronik hasta kayıt sistemi, birçok sağlık kurumundan gelen bilgileri birleştirir ve merkezi ulusal bir sistem gibi davranarak standart bir ara yüzle bu bilgileri hastaya ve erişim hakkı olan sağlık personeline sunar. Hasta kayıtlarının güvenilirliği ve veriye erişim günlüğü Blok Zinciri teknolojisi tarafından kontrol edilmektedir. E-reçete, reçetelerin tamamına yakınının (şu anda %99) elektronik olarak doldurulmasını sağlamış durumdadır. Eczanede hastanın kimlik kartıyla reçeteye ulaşılabilirken, sistem sigorta bilgilerini otomatik olarak çekerek, reçete için ücretlendirmeyi yapabilmektedir. Tekrar alınacak ilaçlar için doktoru ziyaret

etmek yerine hasta randevu almadan doktora talebini belirtince, e-reçete aracılığıyla doktor yeni bir reçete yazabilmekte, ilaç da en yakın eczaneden alınabilmektedir.

KSI Blok Zinciri Karma Ağaçları (Hash Trees, HT) kullanımına dayanır. Yüksek sayıdaki imzalama işlemlerini desteklemek için bir zaman dilimi içinde olan bütün işlemler topluca bir karma ağacı olarak kaydedilir. Ağaçların en üstündeki anahtar değerleri birbirleriyle bağlanarak genel bir HT oluşturulur ve ismine karma takvimi denilmektedir. Takvimin en üstündeki anahtar düzenli zaman aralıklarında gazete gibi fiziksel bir mecrada basılarak tarih değişikliğinin çok zorlaştırıldığı bir sisteme dönüştürülmüştür [31].

B. Diğer örnekler

Kısa bir süre önce Apple iOS 11.3 ile beraber Kişisel Sağlık Kayıtları adı altında sisteme katılan (şu ana kadar ABD’de 12 hastane) kurumlardan toplanmış hasta bilgilerini derleyip kullanıcıya sunacağını duyurmuştur. Blok Zinciri teknolojisinde olmasa da sağlık kayıtlarının derlenmesi ve teknoloji şirketlerinin de konuya ilgisini göstermesi açısından bunun çok önemli bir gelişme olduğu düşünülmektedir [32]. Yine çok kısa bir süre önce, Ocak 2018’de, Dubai Sağlık Kurumu (DHA) bireysel aşı kayıtları için entegre bir sistem geliştireceklerini açıklamıştır [33]. Aynı zamanda, DHA, Blok Zinciri tabanlı bir Sağlık Personeli Kayıt sistemi inşa etmekte ve bu sayede profesyonellere belli süreler için yarı zamanlı çalışma veya geçici tıbbi lisans verme işlemini hızlandırmayı amaçlamaktadır.

V. VARGILAR

Blok zinciri teknolojisi gerçekliği doğrulanabilir kayıtlar sunmak, kayıtların mülkiyetini ve kontrolünü sahibine vermek, hizmet bedelinin anlık transferine olanak sağlamak gibi yararlarının yanı sıra hesaplama karmaşıklığının yüksek ve dolayısıyla enerji harcaması açısından sürdürülemez olması, Bitcoin’in fide yazılımlar ve yasa dışı madde alışverişi ile ilişkisine bağlı olarak günümüzde kötü bir imaja sahip olması gibi dezavantajlara sahiptir [19]. Maliyeti düşürmek için özel, izne tabi üyeliğin olduğu blok zincirleri sistemleri herkese açık sistemlere alternatif olarak düşünülmektedir [28].

Bir diğer dezavantaj ise şu anda güçlü, herkesin kabul ettiği referans bir platformun olmayışıdır. Elektronik hasta verilerinin verimli paylaşımının önündeki en büyük engel olarak sıraladığımız platform farklılıkları, Blok Zinciri uygulamalarını da etkileyebilir. Sağlık sektörüne göre daha önce Blok Zinciri uygulamalarını araştıran finans sektöründe bu durum şu anda en temel sorunlardan birisi olarak düşünülmektedir [26]. IBM Hyperledger Fabric, J.P. Morgan Quorum, R3 konsorsiyumu Corda, gibi değişik Blok Zinciri ağları önermektedirler.

Diğer taraftan hem dezavantaj hem de avantaj sayılabilecek bir nokta Blok Zinciri konusunun oldukça güncel ve Türkiye de dahil olmak üzere farklı ülkelerdeki birçok insanın bu konuyla (şimdilik sadece kripto paralarla sınırlı olsa da) ilgili olmasıdır. Bu durum bu konuda yapılacak çalışmalara finansal

desteğin bulunabilmesine ve ilerde çıkacak Blok Zinciri temelli ürünlere erişim potansiyelinin artmasına yardım edecektir. Öte yandan Blok Zinciri teknolojisi gelişimi açısından “hype” noktasında olabilir ve mevcut sistemlere ait tüm problemlerin hızlı çözümüne olanak sağlayacağı beklentisi nedeniyle düş kırıklıklarına yol açabilir.

Türkiye için Bölüm III’te bahsettiğimiz sağlık uygulamalarından, elektronik hasta kayıtlarının tutulması ve sigorta primlerinin ödenmesi etkisi büyük olabilecek iki uygulama olarak gözükmektedir. Elektronik hasta kayıtlarında imge tabanlı verilere erişim sağlanabilirse, ihtiyaç dışı görüntülemeler azaltılarak hem tasarruf yapılabilir hem de hastalara gereksiz radyasyon verilmesinin önüne geçilebilir. Aynı sistem tele-sağlık (uzaktan teşhis ve tedavi) amacıyla da kullanılabileceği için, Türkiye’nin şehirden uzak bölgelerinden uzman bilgisine erişim sağlanarak halihazırda şehir hastanelerindeki yoğunluk azaltılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] <https://trends.google.com/trends/yis/2017/GLOBAL/> (Erişim: 1 Şubat 2018).
- [2] A. Narayanan and J. Clark, Bitcoin’s Academic Pedigree, Communications of the ACM Magazine, vol. 60, no 12, Dec. 2017, p 36-45.
- [3] RJ Krawiec et al., Blockchain: Opportunities for Health Care, Deloitte Report, Aug. 2016. <https://goo.gl/y423dT> (Erişim: 1 Şubat 2018).
- [4] A. Acherman Shrier, et al. Blockchain and Health IT: Algorithms, Privacy, and Data, <https://goo.gl/NfG7qU> (Erişim: 1 Şubat 2018).
- [5] C. Brodersen et al., Blockchain: Securing a New Health Interoperability Experience, <https://goo.gl/1N8Fk3> (Erişim: 1 Şubat 2018).
- [6] K. Culver, Blockchain Technologies: A Whitepaper Discussing how Claims Process can be Improved, <https://goo.gl/qtp5Fy> (Erişim: 1 Şubat 2018).
- [7] A. Ekblaw, et al., A Case Study for Blockchain in Healthcare: “MedRec” Prototype for Electronic Health Records and Medical Research Data, <https://goo.gl/e9nbJX> (Erişim: 1 Şubat 2018).
- [8] JC Goldwater, The Use of a Blockchain to Foster the Development of Patient-Reported Outcome Measures, <https://goo.gl/WHVmtT> (Erişim: 1 Şubat 2018).
- [9] A Gropper, Powering the Physician Patient Relationship with ‘HIE of One’ Blockchain Health IT, <https://goo.gl/SLvUli> (Erişim: 1 Şubat 2018).
- [10] IBM Global Business Services Public Sector Team, Blockchain: The Chain of Trust and its Potential to Transform Healthcare - Our Point of View, <https://goo.gl/oYaC5k> (Erişim: 1 Şubat 2018).
- [11] D. Ivan, Moving Toward a Blockchain-based Method for the Secure Storage of Patient Records, <https://goo.gl/2kFdzf> (Erişim: 1 Şubat 2018).
- [12] T. Kuo, C. Hsu, and L. Ohno-Machado, ModelChain: Decentralized Privacy-Preserving Health Care Predictive Modeling Framework on Private Blockchain Networks, <https://goo.gl/Swp4tp> (Erişim: 6 Şubat 2018).
- [13] L Linn and M. Koo, Blockchain for Health Data and Its Potential Use in Health IT and Health Care Related Research, <https://goo.gl/36psCi> (Erişim: 1 Şubat 2018).
- [14] K. Peterson, R. Deedvanu, P Kanjamala, and K Boles, Blockchain-based Approach to Health Information Exchange Networks, <https://goo.gl/CdAqfm> (Erişim: 1 Şubat 2018).
- [15] R. Prakash, Adoption of Blockchain to enable the Scalability and Adoption of Accountable Care, <https://goo.gl/pU1avh> (Erişim: 1 Şubat 2018).
- [16] K Vian, A Voto, and K Haynes-Sanstead, A Blockchain Profile for Medicaid Applicants and Recipients, <https://goo.gl/FVxmLc> (Erişim: 1 Şubat 2018).
- [17] K. Yip, Blockchain & Alternate Payment Models, <https://goo.gl/jvVpSs> (Erişim: 1 Şubat 2018).
- [18] M. Mettler, "Blockchain technology in healthcare: The revolution starts here," 2016 IEEE 18th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom), Munich, 2016.
- [19] M.B. Hoy, An Introduction to the Blockchain and Its Implications for Libraries and Medicine, Medical Reference Services Quarterly, vol. 36, no 3, Jul-Sep 2017, p 273-279.
- [20] P. Taylor, Applying blockchain technology to medicine traceability, [Online]: <https://goo.gl/r6cTN3> (Erişim: 1 Şubat 2018).
- [21] Yue X, Wang H, Jin D, Li M, Jiang W. Healthcare data gateways: found healthcare intelligence on blockchain with novel privacy risk control. J Med Syst. 2016;40(10):218.
- [22] Blough D, et al., MedVault: Ensuring security and privacy for electronic medical records. NSF CyberTrust PI Meeting. 2008. http://www.cs.yale.edu/cybertrust08/posters/posters/158_medvault_poster_CT08.pdf (Erişim: 1 Şubat 2018).
- [23] Snow P, Deery B, Kirby P, Johnston D. Factom, Ledger by Consensus.. <http://www.factom.org> (Erişim: 1 Şubat 2018).
- [24] Sarwal A, Insom P. BitHealth. <https://devpost.com/software/bithealth>. (Erişim: 1 Şubat 2018).
- [25] J. Richardson, Ethereum vs. Hyperledger, [Online] <http://goo.gl/64a3Gg>
- [26] Wall Street Firms to Move Trillions to Blockchains in 2018, IEEE Spectrum, Sept. 2017, [Online] <http://goo.gl/bhr3Ck> (Erişim: 1 Şubat 2018).
- [27] D. Yaga, P. Mell, N. Roby, K. Scarfone, Blockchain Technology Overview, Draft NISTIR 8202, US NIST, [Online] <https://csrc.nist.gov/publications/detail/nistir/8202/draft> (Erişim: 1 Şubat 2018).
- [28] I. Martinovic et al., Blockchains for Governmental Services: Design Principles, Applications, and Case Studies, WP no: 7, Center for Tech. & Global Affairs, Univ. Oxford, UK, Dec. 2017, <http://goo.gl/1MXYZx> (Erişim: 1 Şubat 2018).
- [29] X-road, <https://e-estonia.com/solutions/interoperability-services/x-road/> (Erişim: 1 Şubat 2018).
- [30] N. Heller, Estonia, The Digital Republic, The New Yorker, [online] <https://www.newyorker.com/magazine/2017/12/18/estonia-the-digital-republic> (Erişim: 1 Şubat 2018).
- [31] A. Buldas, A. Kroonma, R. Laanoja, Keyless Signatures’ Infrastructure: How to Build Global Distributed Hash-Trees, Secure IT Systems, NordSec, 2013.
- [32] Apple to launch Health Records app with HL7’s FHIR specifications at 12 hospitals, [online] <http://goo.gl/FsS5mx> (Erişim: 24 Ocak 2018).
- [33] Dubai Health authority to have unified immunization records, [online] <http://wam.ae/en/details/1395302663873> (Erişim: 31 Ocak 2018).