

## Bilgi Merkezli Ağların Mevcut Ağ Mimarisine Adapte Edilmesi

Bilal BABAYİĞİT<sup>1\*</sup>, Fatma DOĞAN<sup>2+</sup>

<sup>1</sup>Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye

<sup>2</sup>Fen Bilimleri Enstitüsü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye

\*Sorumlu Yazar: [bilalb@erciyes.edu.tr](mailto:bilalb@erciyes.edu.tr)

+Konuşmacı: [fatmad@metu.edu.tr](mailto:fatmad@metu.edu.tr)

Sunum/Bildiri Şekli: Sözlü / Tam Metin

**Özet** – Bu çalışma gelecek nesil ağ teknolojisi olan bilgi merkezli ağların (Information Centric Networking, ICN) var olan ağ yapısıyla entegre (bütünleşmiş) bir şekilde nasıl çalışacağı üzerinedir. Kullanımda olan Internet ağı yapısında köklü bir değişikliğe gitmek oldukça zordur. Bu sebeple yeni sisteme geçiş, kısmi geçişler üzerinde çalışarak tüm sistemin değiştirilmesi ile tamamlanabilecektir. Bilgi merkezli ağları, geleceğin internet yapısını oluşturacak değerli bir sistem yapan en önemli özelliği ağda önbellekleme yapıyor olmasıdır. Ayrıca bu yeni ağ yapısı, mevcut ağdaki iletişim ağları yapısını, ağa bağlı cihaz sayısının artmasıyla birlikte günümüzün ihtiyacı olan dağıtık ağ yapısına geçirir. Bilgi merkezli ağlar konuma değil bilgiye odaklıdır. Ölçeklenebilir bir yapı sunar. Tüm bunlar için veri iletimini, IP bilgisinden vazgeçerek, verileri ve nesnelere adlandırarak gerçekleştirir. Bu çalışmada adlandırılmış verileri, IP adreslemesiyle veri iletimi yapan bir router (yönlendirici) üzerinden iletebilen yeni bir protokol önerilmektedir. Bu yönlendirici, hem eski sistemdeki kaynak ve hedef IP başlıklı veri paketini iletirken hem de yeni adlandırılmış veri paketini iletebilecek şekilde organize edilecektir.

**Anahtar Kelimeler** – Bilgi Merkezli Ağlar, Yönlendirme, Adlandırılmış Veri, Gelecek Nesil Ağlar

## Adapting Information-Centric Networking to the Current Network Architecture

**Abstract** – This work is about how the existing network will work in an integrated way with (information-centric networks)ICN which is the future-generation network technology. It is very difficult to make a fundamental change in the structure of the Internet network in use today. For this reason, transition to the new system can be completed by changing the whole system into working on partial transitions. The most important feature that makes ICN a valuable system that will create the Internet structure of the future is that it is doing caching in the network. In addition, this new network structure transfers communication networks structure in the existing network to the distributed network structure being need of today with the increasing number of devices connected to the network. Information-centric networks are information-oriented, not location. It provides a scalable structure. For all of this, it handles data transmission by giving up IP information and naming data. In this study, a new protocol is proposed to transmit the named data via a router instead of transmits data via IP addressing. This router will be organized so that it both can transmit the data packet in the former system and transmit the newly named data packet.

**Keywords** – Information Centric Networking, Routing, Named-Data, Next Generation Networks

## I. GİRİŞ

Akıllı cihaz teknolojisinin gelişimi ağa katılan cihaz sayısının bir anda artmasına yol açmıştır. Bu gelişme IPv4 adreslemenin yetersizliğini bir kez daha temel sorun halinde getirmektedir. Ayrıca uçtan uca veri iletiminin yol açtığı sorunlar, trafik sıkışıklığı, multihoming eksikliği, evrimsel bir niteliğe sahip olan Bilgi Merkezli Ağları (Information Centric Networking - ICN) günümüzde önemli bir çalışma alanı haline getirmektedir.

ICN ek bir çözümden ziyade yeni bir mimari olarak ortaya çıkmaktadır. Yani ICN, ağ mimarisi için köklü bir değişimin sinyallerini vermektedir. Ancak global ağ yapısında bu köklü değişim kolay olmayacaktır. Hem çok maliyetli hem de zaman gerektiren bu değişim için parça parça yenilenme söz konusu olmalıdır. İlk çalışmalar için yeni yapıyla eski yapının bir arada entegre bir şekilde çalışması gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı küçük bir bilgi merkezli ağın global ağa (internet) katılarak, bir arada sorunsuz çalışabilmeleri için öneriler sunmaktır. Çünkü bilgi merkezli ağlar yakın bir gelecekte hayatımıza tamamı ile girmeye hazırlanan yeni bir ağ mimarisidir.

## II. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada mevcut ağ mimarisi ve ICN ile ilgili yapılan çalışmalar incelenmiştir. Cisco Paket Tracer Programı ile mevcut ağ yapısı ile ilgili çeşitli denemeler yapılmıştır. Ve ICN mimarisinin bu ağ yapısına nasıl entegre edilebileceği üzerine çalışılmıştır

### A. Mevcut Ağ Mimarisi

Bir ağ, en az iki bilgisayarın birbiriyle iletişim kurabilecek şekilde bağlanmasıyla oluşmaktadır. İnternet ise küçük küçük ağların birleşmesi ile tüm bağlı cihazların iletişimini sağlayan global bir iletişim ağıdır[1]. Bu devasa ağdaki amaç veri (içerik, bilgi) iletimidir. Ancak ağ yapısı, tasarımından kaynaklı olarak bilgiden ziyade bu bilgiye hangi yoldan gidileceğine, bilginin depolandığı yere odaklanmaktadır.

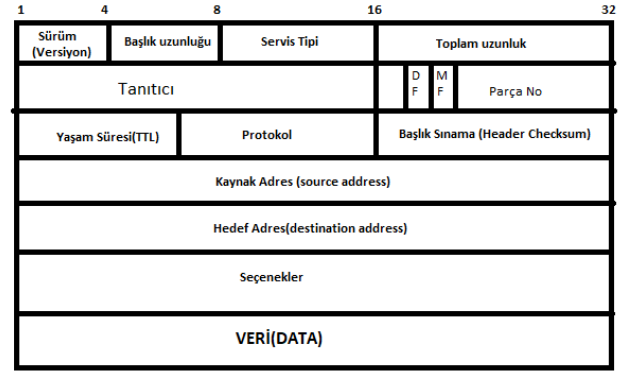
Günümüz ağ mimarisinde veriler bir IP adresle bilinen sunucularda tutulur. Bu adresler aracılığıyla veri istemciden sunucuya bir yol kurularak veriye ulaşılmaya çalışılır. Yani mevcut ağ yapısı hostlar arası iletişim mantığıyla çalışmaktadır. Bu ağ yapısı iletişim ağı olarak tasarlanmıştır[2]. İstemci ile sunucuyu birbirine bağlayan yollarda herhangi bir sıkıntı çıkması sonucu sunucuya ulaşamazsak konuma bağlılık bizi veri erişiminden uzaklaştıracaktır.

Bugünün ağındaki çoğu içerik URI'sı aslında, DNS çözümlemesinden sonra, URI'nin yerel bölümünü çözerek istekleri sunan bir web sunucusunun IP adresini gösteren nesne konumlandırıcılarıdır. Sonuç olarak, ad-nesne bağlaması kolayca bozulabilir, örneğin bir nesne taşındığında, sitenin etki alanını değiştirir veya bir nedenden dolayı siteye erişilemez. Ayrıca, aynı nesnenin kopyaları farklı web sunucularına yerleştirilirse, farklı URI'ler kullanılarak erişilebilirler ve temel olarak sisteme (önbellekler dahil) farklı nesnelere olarak görünürler[3]. Yani konuma bağlı veri iletişimi multihoming olarak veri saklama konusunda sıkıntılar çıkarmaktadır.

Mevcut ağ mimarisi IP Version4 (IPv4) adresleme yapısını kullanmaktadır. Bu yapı 32 bitlik bir adresleme alanına sahiptir. Bu yapıya göre mevcutta  $2^{32}$  (4 294 967 296) tane IP adres bulunmaktadır. Bu adreslerin ağdaki cihaz sayısına

yetebilmesi için NAT cihazları ile farklı yerelerde benzer IP'ler ağdan çıkışta benzersiz IP'ler kullanılması sağlanmaktadır. Bu yapı bugüne kadar çözüm sağlamıştır. Ancak nesnelere interneti kavramının etrafımızdaki pek çok cihazı akıllı hale getirmesi bu cihazlarında ağda bir yer edineceği anlamına gelmektedir. Yani artık veri iletişimi sağlamak için bu akıllı cihazlar da bir IP adresi ile ağa çıkmaktadırlar. Bu sebeple IP adres sayısı tükenme noktasına gelmiş bulunmaktadır. [4]

Bu gibi problemlere sahip mevcut ağda bir istemci örneğin tarayıcıda bir istekte bulunduğu insan okunabilir yazılan adres satırı Domain Name Serverlara (DNS) gönderilir. Burada IP karşılığı bulunur ve istemciye gönderilir. İstemci gelen bu adresi kaynak adresi (source address) olarak IP paketine yazar. Kendi adresi ise hedef adrestir (destination address). Ağa gönderilen bu IP paketi yapı olarak Şekil 1'deki gibidir.



Şekil 1. IPv4 Paket Yapısı (IP Datagram)

Bu paket routerlarda route tablolarına bakılarak istenilen veri kaynağına yönlendirilir. Veri pakete eklenir. Paket hedef adrese istenilen veriyle geri gönderilir. Bu iletişim uçtan uca gerçekleşmiştir.

### B. Bilgi Merkezli Ağlar

Bilgi merkezli ağlar (Information Centric Networking-ICN) verileri adlandırarak ve konumdan bağımsız olarak ve veriyi merkez olarak mevcut ağ yapısının sorunlarını çözebilen yepyeni bir mimari anlayışıdır. Bu yeni ağ yapısı geleceğin ağ mimarisi olmaya adaydır.

#### Getirdiği Yenilikler ve Özellikler:

- Ağ önbellekleme
- Hareketlilik (Mobility)
- Ölçeklenebilirlik (Scability)
- Ağdaki bilgilerin paylaşılması (İçerik dağıtımı)
- Konuma değil, bilgiye (veri, içerik) dayalı ağ yapısı

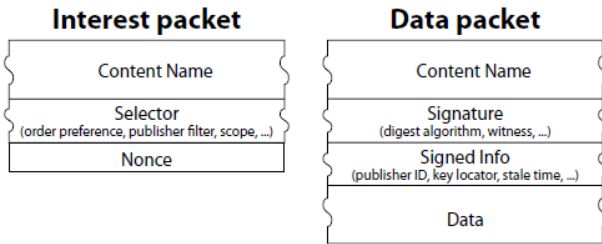
Şu anda çeşitli ülkelerin katıldığı testbedlerle yürütülmekte olan ICN projeleri vardır. Bu projelerden en bilinenleri şunlardır:

1. Data-Oriented Network Architecture (DONA)[5]
2. Şu anda çalışmaları devam eden Adlandırılmış Veri Ağları (Named Data Networking- NDN) projesi[6][7] , İçerik Merkezli Ağlar (Content-Centric Networking - CCN)[8] projesinin devamıdır.

3. Yayınla-Abone ol Yönlendirme Paradigması (Publish-Subscribe Internet Routing Paradigm - PSIRP)[9] , şu anda Yayınla-Abone ol İnternet Teknolojisi (Publish-Subscribe Internet Technology - PURSUIT) projesi[10] adıyla sürdürülmektedir.
4. Geleceğin İnternet Tasarımı (Design for the Future Internet - 4WARD)[11] Projesinden Bilginin Ağı (Network of Information - NetInf)[12][13], şu anda Ölçeklenebilir ve Uyarlanabilir İnternet Çözümleri (Scalable and Adaptive Internet Solutions - SAIL) projesi[14][15] ile sürdürülmektedir.

### ICN Paket Yapısı

Bu çalışmalardan NDN tasarımında, veri iletiminde iki tür paket kullanılır: 1) İnterest Paket 2) Data Paket [8]

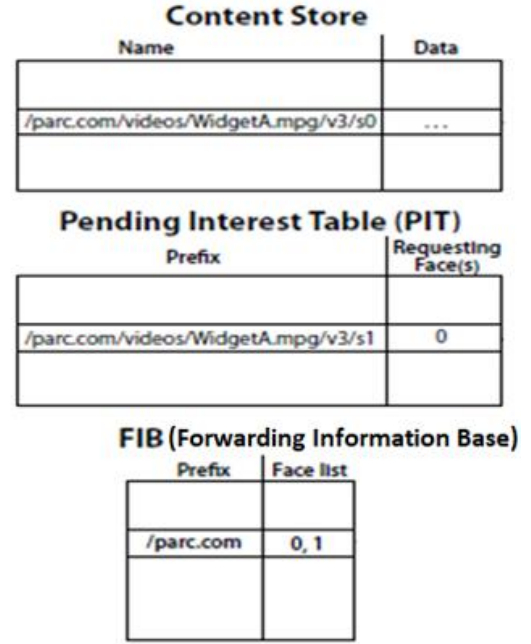


Şekil 2. Interest ve Data Paket Yapısı[8]

Şekil 2’de bu paketlerin yapısı görülmektedir. ICN’de Interest Paketi ağdan veri isteyen pakettir. Ağı, IP paketindeki hedef ve kaynak IP adreslerinin konuma yönelik aramalarından soyutlayan ICN mimarisi, içerik adını kullanan Interest Paketi yapısıyla ağda doğrudan içerik arar. Data paketi ise Interest Paketine cevap olarak yollanan, aranan içerik adıyla, içeriği (datayı) ve üretici imzalarını içeren ICN paketidir. Bu paketlerin ağda nasıl kullanıldığı yönlendirme bölümünde anlatılacaktır.

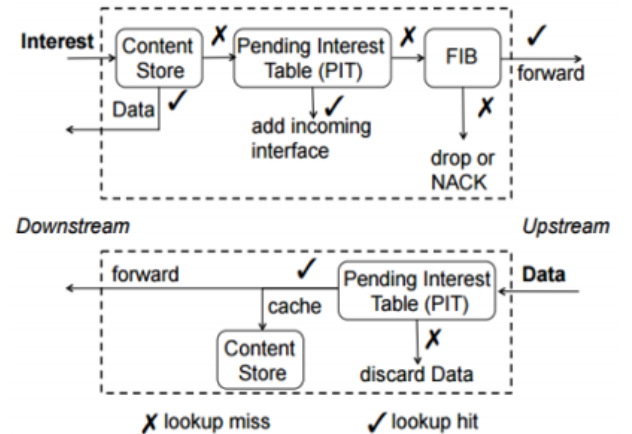
### ICN Yönlendirme ve Önbellekleme

ICN’de yönlendirme ICN yönlendiricilerle (router) sağlanır. Bu routerlar Şekil 3’teki yapıya sahip üç tablo barındırırlar. ICN routerlardaki Content Store (CS) önbellek tablosudur. Bu tablo, ICN ağ yapısının en önemli getirisi olan önbellekleme sağlar. İkinci tablo Bekleyen İstek Tablosudur (Pending Interest Table-PIT). Bu tablo routerdan yönlendirilen bir Interest Paketinden geri dönüş beklendiği bilgisini sağlar. Burda Interest Paketi data paketi olarak geri döndüğünde bu paketin hangi arayüzden istemciye yönlendirileceği bilgisi de tutulur. Diğer bir tablo ise Yönlendirme Bilgi Tabanı (Forwarding Information Base-FIB) tablosudur. Interest Paketinden gelen içerik adlarını tablosunda tuttuğu öneklerle kıyasayarak, Interest Paketinin takip etmesi gereken yolları tutar. Bu tablo, önek yönlendirmesi ile veriye en verimli şekilde ulaşılmasını sağlar.

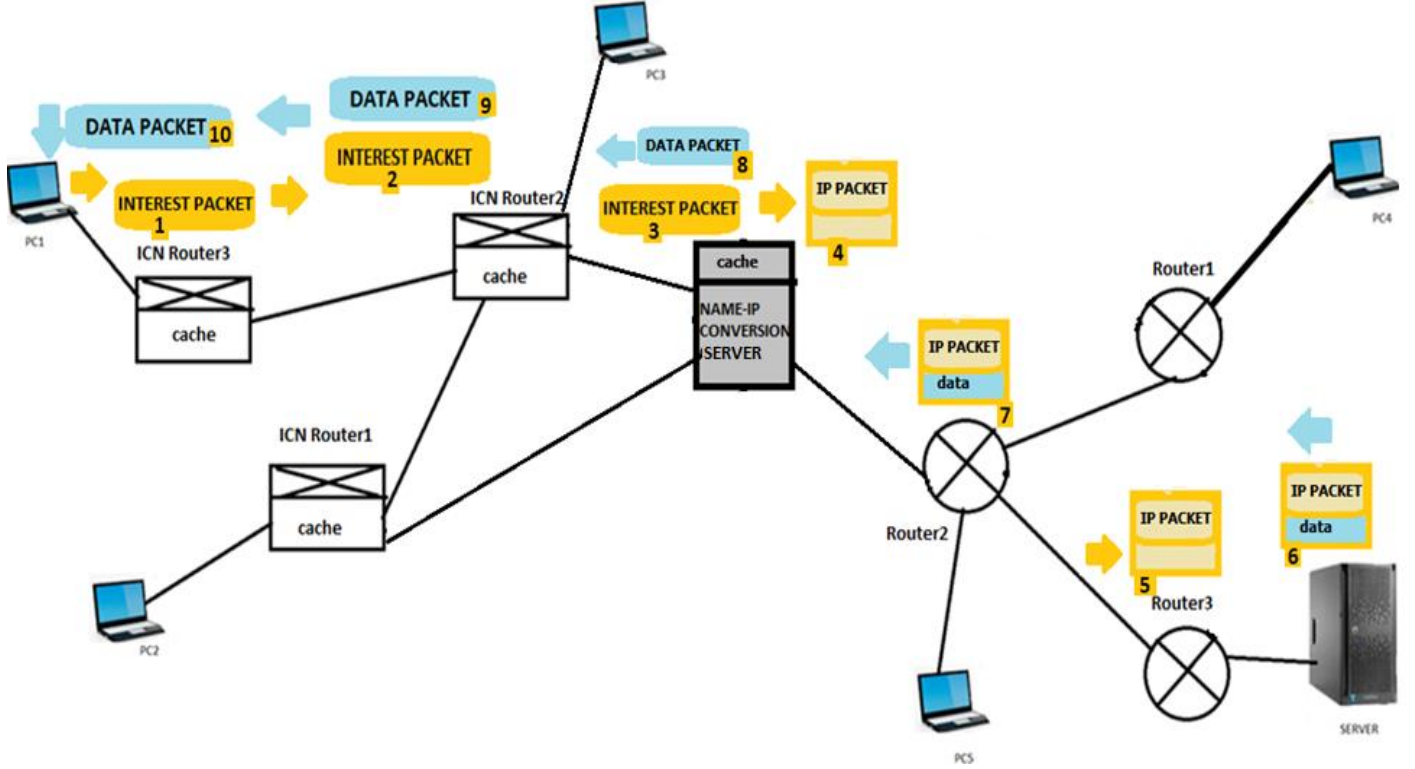


Şekil 3. ICN Router Yönlendirme Tabloları[8]

Şekil 4’teki şemada görüldüğü üzere yönlendiriciye bir Interest paketi geldiğinde ilk olarak Content Store tablosuna bakılır. Router içindeki bu tablo önbellekteki verileri ve bu verilerin adlarını tutmaktadır. Eğer veri önbellekte varsa bu veri doğrudan iletilir. Yoksa Bekleyen Interest Tablosuna (Pending Interest Table - PIT) bakılır. Bu tabloda, routerdan yönlendirilmiş olan Interest paketi var mı yok mu bilgisi tutulur. Varsa data paketi geldiğinde istekte bulunan istemciye de gelen veri yollanır. Bu tablo aracılığıyla istek paketinin kaynak noktasına gitmeden benzer istekler için Interest paketinin kaynağa gitmesi engellenir. Interest pakeinin ağ da istediği veri adı PIT’de de yoksa FIB tablosuna bakılır. FIB ile önek yönlendirme yapılmaktadır. FIBden sonra Interest Paketi kaynağa ulaşır. Kaynaktan data paketi olarak geri döner. Bu data paketi ICN routera geldiğinde PIT tablosuna bakar ve burdan hangi arayüzle geri döneceği belirlenir. Yönlendirmeden sonra bilgiler bu tablodan silinir. Aynı zamanda önbelleğine (Content Store tablosu) de bu verileri kaydeder. Yönlendirme işlemi bu şekilde çalışmaktadır.



Şekil 4. ICN Yönlendirme[2]



Şekil 5. Ad- IP Dönüştürme Sunucusu kullanarak, ICN-IP Hibrit Yönlendirme

### C. ICN Hibrit Yönlendirme Önerisi

ICN üzerine çalışmalar yapılırken bu yeni ağ yapısının çalışma prensibine sahip olan ICN yönlendiricileri (ICN Router) devreye alınmalıdır. Bu cihazlar ağda önbellekleme yapabilen, gelen adlandırılmış paketleri (Interest / NDO paket) adlarına göre bilgiye ulaştıran bir yapıya sahiptirler.

#### Ad- IP Dönüşüm Sunucusu (Name-IP Conversion Server- NIPCS)

Ad-IP dönüştürme sunucusu, iki farklı ağ mimarisini birlikte çalıştırmak için bu çalışmanın yeni bir önerisidir. NIPCS, IP paketini Interest Paketine, Interest Paketini IP paketine dönüştürür. Gelen ICN isteklerine doğrudan cevap vermek için bir önbelleği vardır. Hem ICN Router hem de IP router özellikleri taşır ve ICN routerlardaki PIT ve CS tablolarına da sahiptir.

NIPCS, gelen Interest Paketi için ilk olarak paketteki adı Content Store tablosunda arar varsa gönderir. Yoksa PIT tablosuna bakar. Bekleyen istekler arasındaysa data paketinin gelmesi beklenir ve isteğin geldiği istemciye de bu data yollar. Bu tabloda da bulunamazsa bu paket IP ağ mimarisinin çalıştığı ağda aranmak üzere IP paketine dönüştürülür. NIPCS, Interest Paketini IP paketine dönüştürürken kendisi istemciymiş gibi davranır ve bu şekilde istekte bulunur. NIPCS, Interest Paketinden gelen içerik adını ad-IP tablosunda arar ve bu IP adresini kaynak adres olarak IP paketine atar. NIPCS'nin kendisine ait bir IP adresi vardır. Bu IP adresini de istemci konumuna kendisini koyarak IP paketindeki hedef adrese kendi IP adresini atar. Bu şekilde eski ağ sistemi tarafına paketi yönlendirir. NIPCS bunları yaparken, PIT tablosuna da dönüşte data paketine dönüşüm ve gönderim için gerekli bilgileri kaydeder.

PIT tablosunda ad alanı ve data paketini geri yollarken hangi arayüzden gideceği bilgisine ek IP alanı da bulunur. Buraya kaynak IP bilgisi eklenir ki geri dönen data eklenmiş IP paketi açıldığında hem IP adresi hem ad alanı kıyaslanırsın ve böylece bilgi merkezli ağ tarafına dönmek için data paketi oluşturulup ne yöne gideceği belirlensin. Interest paketinin IP paketine dönüştürülmesinden sonra bu IP paketi routerlar tarafından route tablolarına bakılarak kaynağa yönlendirilir. Uçtan uca gerçekleşen bu işlem mevcut ağ sistemde normal işleyişinde gerçekleşecektir. Pakete kaynaktaki verilerin eklenmesiyle datalı paket NIPCS'a geri gelir. Gelen bu paket açılır ve PIT tablosunda kontrol edilir. İçerik adı içeren bir Data Paketine dönüştürülüp PIT'ta hangi arayüzden istenildiği bilgisine göre dönüş yoluna çıkar. Gelen bu data aynı zamanda NIPCS'nin önbelleğine (Content Store Tablosuna) ve dönerken uğradığı ICN Routerların önbelleğine de yazılır. ICN tarafından benzer bir Interest paketi NIPCS'ye geldiğinde NIPCS önbelleğine bakar ve herhangi bir dönüştürme işlemi uygulanmadan doğrudan istek sahibine ilgili veriyi iletir.

### III. SONUÇLAR

Bilgi merkezli ağlar (ICN) mevcut ağ sistemine göre daha verimli, ölçeklenebilir ve güvenilir bir ağ hizmeti sunar. ICN'i en değerli kılan özellikleri bilgiye odaklı olup bilgiyi doğrudan ismiyle araması ve ağda önbellekleme yapmasıdır. Bu bildiri ile bilgi merkezi ağlar mevcut ağ üzerindeki üstünlükleri hakkında bilgi verilmiştir. Bu bildiriye ICN ve mevcut ağın bir arada çalışması için bir yönlendirme protokolü önerilmiştir. Önerilen hibrit bir yönlendirme sunucusudur. Hem ICN paketlerini hem de IP paketlerini kontrol edip birbirine dönüştürebilir. Önerilen çözüm sonucunda mevcut ağın kökten değiştirilmesinin neden olacağı sorunlar ve bu değişikliğin ihtiyaç duyacağı yüklü maliyet ortadan

kalkmaktadır. Bu çözüm ICN için mevcut ağ ortamında deneme çalışmaları yapabileme imkanı verebilmektedir.

#### KAYNAKLAR

- [1] Website [online] Available: <https://www.armadigital.net/bilgi-bankasi/internet-nedir>
- [2] L. Zhang, A. Afanasyev, J. Burke, V. Jacobson, K. Claffy, P. Crowley, C. Papadopoulos, L. Wang, B. Zhang "Named data networking," ACM SIGCOMM Comput. Commun. Rev., vol. 44, no. 3, pp. 66–73, 2014.
- [3] B. Ahlgren, C. Dannewitz, C. Imbrenda, D. Kutscher, B. Ohlman, A Survey of Information-Centric Networking, IEEE Communications Magazine, 2012, p.26,36
- [4] A. Bolat, A. Tözer, "IPv6 ve Türkiye," Akademik Bilişim'09 - XI. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri ss.323-331, Şanlıurfa, 2009.
- [5] T. Koponen, M. Chawla, B. Chun, A. Ermolinskiy, K. Kim, S. Shenker, and I. Stoica, "A data-oriented (and beyond) network architecture," in ACM SIGCOMM Computer Communication Review, vol. 37, pp. 181–192, ACM, 2007
- [6] L. Zhang, D. Estrin, J. Burke, V. Jacobson, J. Thornton, D. Smetters, B. Zhang, G. Tsudik, D. Massey, C. Papadopoulos, et al., "Named data networking (ndn) project," tech. rep., Tech. report ndn-0001, PARC, 2010.
- [7] (2010) The NDN website. [Online]. Available: <http://www.named-data.net>
- [8] V. Jacobson, D. K. Smetters, J. D. Thornton, M. F. Plass, N. H. Briggs, and R. L. Braynard, "Networking named content," in Proceedings of the 5th International Conference on Emerging Networking Experiments and Technologies, ACM, 2009.
- [9] D. Lagutin, K. Visala, and S. Tarkoma, "Publish/ subscribe for internet: Psirp perspective.," Future Internet Assembly, vol. 84, 2010.
- [10] N. Fotiou, P. Nikander, D. Trossen, and G. C. Polyzos, "Developing information networking further: From psirp to pursuit," in Broadband Communications, Networks, and Systems, pp. 1–13, Springer, 2012.
- [11] N. Niebert, S. Baucke, I. El-Khayat, M. Johnsson, B. Ohlman, H. Abramowicz, K. Wuenstel, H. Woesner, J. Quittek, and L. M. Correia, "The way forward to the creation of a future internet," in Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2008. PIMRC 2008. IEEE 19th International Symposium on, pp. 1–5, IEEE, 2008.
- [12] C. Dannewitz, "Netinf: An information-centric design for the future internet," in Proc. 3rd GI/ ITG KuVS Workshop on The Future Internet, 2009.
- [13] B. Ahlgren, M. D'Ambrosio, C. Dannewitz, A. Eriksson, J. Golic, B. Grönvall, D. Horne, A. Lindgren, O. Mämmelä, M. Marchisio, et al., "Second netinf architecture description," 4WARD EU FP7 Project, Deliverable D-6.2 v2. 0, 2010.
- [14] T. Edwall, "Scalable & adaptive internet solutions (sail)," 2011
- [15] The SAIL website. [Online]. Available: <http://www.sail-project.eu>