

# 차세대 네트워킹 기술 기반 사물인터넷 연구동향

Research Trends on Internet of Things based on Next Generation Net-  
working

정희영 (H.Y. Jung) 초연결데이터처리연구팀 책임연구원

- I. 서론
- II. 연구동향
- III. 표준화 동향
- IV. 결론

\* 이 논문은 2015년 정부(미래창조과학부)의 재원으로 국가과학기술연구회 융합연구단 사업(No. CRC-15-05-ETRD)의 지원을 받아 수행된 연구임.

인터넷은 글로벌 네트워크 인프라로서 그 영역을 사물인터넷까지 빠르게 확장해가고 있다. 사물인터넷 시대는 인터넷 초기와는 완전히 차별화된 네트워크 환경이 예상되며 이러한 차별화된 환경에 효율적으로 대응할 수 있는 새로운 네트워킹 기술 개발에 대한 필요성이 최근 대두되고 있다. 본 논문에서는 사물인터넷이 추구하는 기술적 비전을 실현하기 위해 현 네트워킹 기술의 한계를 극복할 수 있는 차세대 네트워킹 기술을 기반으로 사물인터넷을 구축하고자 세계적으로 진행되고 있는 관련 연구동향 및 표준화 동향을 분석한다.

## 1. 서론

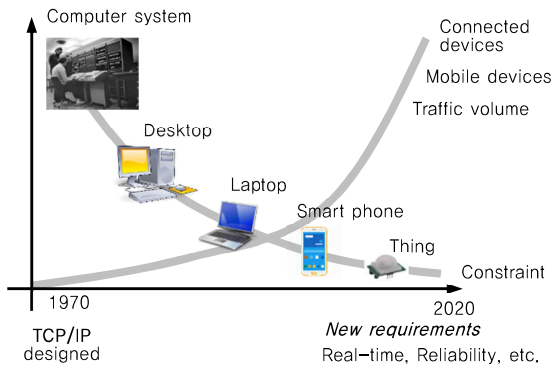
인터넷은 글로벌 네트워크 인프라로서 그 영역을 점점 넓혀가고 있다. 초기 대형 컴퓨터 간의 단순한 연결에서 데스크탑, 랩탑, 스마트폰 등으로 그 연결성을 점차 확대해가고 있으며 최근에는 사물인터넷(Internet of Thing: IoT)이라는 이름으로 센서나 RFID와 같은 제한된 능력을 가지는 디바이스까지 인터넷에 연결되고 있다. 또한, 디바이스의 연결에서 한발 더 나아가 사람, 데이터, 그리고 서비스까지 연결하는 Internet of Everything(IoE)이라는 개념까지 제안되고 있다[1]. 이러한 추세를 볼 때 사물인터넷은 그동안 인터넷 분야에서 심도있게 논의됐던 미래인터넷의 실제적인 모습으로도 볼 수 있을 것이다.

또한, 사물인터넷은 최근 정보통신 분야에서 가장 주요한 이슈로 연구되고 있는 5세대 이동통신과도 동전의 양면과 같이 서로 밀접하게 관련되어 있다. 다가올 5세대 이동통신의 비전을 정의하고 있는 ITU-R에서는 사물인터넷을 IMT-2020 및 이후의 시스템에서 지원하여야 할 주요한 서비스로 간주하고 있다. IMT-2020 및 이후 시스템에 대한 비전을 규정하는 ITU-R M,2083-0에서는 5G에서의 가장 중요한 3가지 사용 시나리오를 ① 향상된 이동성 광대역(enhanced mobile broadband), ② 대규모 사물통신(massive machine type communications), ③ 고신뢰 및 저지연 통신(ultra-reliable and low latency communication)로 규정하고 있는데 이는 사물인터넷의 요구사항과 거의 동일하다. 또한, 대표적인 사물인터넷 기반 서비스인 스마트 시티, 스마트 홈/빌딩, 자동운전 차량, 산업 자동화 등을 5G의 주요 서비스로 규정하고 있다[2]. 유럽의 대표적인 5세대 이동통신 연구 프로젝트인 5G-PPP에서도 사물인터넷, 미션크리티컬(mission critical) 서비스, 사용자 서비스 연속성(user experience continuity)을 5G가 제공하여야 할 3가지 주요 혁신 능력으로 규정하고 이동성, 디바이스

의 개수, 에너지 효율성 등을 사물인터넷과 관련된 필수 요구사항으로 제시하고 있다[3].

이러한 5세대 이동통신 비전하에 관련 산업체들도 사물인터넷 관련 연구개발을 활발히 진행하고 있다. 시스코의 경우 각 이동통신의 세대별 목표 서비스를 정리하면서 1세대의 음성, 2세대의 디지털, 3세대의 데이터, 4세대의 IP에 이어 5세대 이동통신의 목표 서비스를 IoE로 규정하고 있으며[4], 에릭슨의 경우도 5세대 이동통신을 네트워크된 사회를 구현하는 기술로 정의하고 촉각 인터넷(tactile Internet), IoE 등을 5세대 이동통신의 핵심 가치로 규정하고 있다[5]. 노키아도 5세대 이동통신을 기존의 이동통신 시스템뿐만 아니라 사물인터넷을 포함하는 통합 구조로 간주하고 사물인터넷 실현을 위한 디바이스의 개수, 저지연, 배터리 수명 등을 5G을 위한 주요한 요구사항으로 규정하고 있다[6]. 최근 빠르게 네트워크 시장에서 지배력을 높여가고 있는 화웨이의 경우도 5세대 이동통신을 이동 인터넷과 사물인터넷을 위한 플랫폼으로 규정하고 천억 개의 디바이스 연결, 1ms 지연 등과 같은 항목을 주요 요구사항으로 규정하고 있다[7]. 따라서 네트워크 관점에서 볼 때 현시점은 기존의 인터넷에서 사물인터넷으로의 패러다임 전환이 이루어지고 있는 중요한 시기라고 할 수 있다.

현재의 네트워킹 기술은 대부분 기본적으로 종단간 원칙, 모래시계 모델 등 몇 가지 설계원칙을 가지고 개발된 인터넷의 IP기반 네트워킹 기술에 기반하고 있다. 실제로 지난 수십년 동안 인터넷 기술이 성공적으로 사회 인프라의 하나로 성장해온 것은 IP기반 네트워킹 기술이 제공하는 개방성과 유연성에 힘입은 바 크다. 원래 IP기반 네트워킹 기술이 다양한 이종 컴퓨터 네트워크 간의 연동을 지원하기 위해 개발된 기술이란 것과 All-IP 네트워크로 진화하고 있는 현재의 네트워크 상황을 고려한다면 IP기반 네트워킹 기술은 사물인터넷을 위한 가장 유력한 후보기술이라고 할 수 있다. IP기반 네트워



(그림 1) 인터넷 발전에 따른 네트워크 환경의 변화

킹 기술 중 IPv4의 경우 현재 주소 공간의 부족으로 사물인터넷을 위한 주소확보에 어려움이 있어 128비트의 넓은 주소 공간을 가지는 IPv6 기술이 사물인터넷을 위한 네트워킹 기술로 유력하게 고려되고 있다. 이에 따라 인터넷 표준화 기관인 Internet Engineering Task Force(IETF)에서는 기존 IPv6를 사물인터넷의 특수한 환경에 적용하기 위한 여러 가지 기술에 대한 표준화를 진행하고 있다[8].

그러나 인터넷의 급속한 성장으로 인한 네트워크 환경의 빠른 변화에 따라 현재의 IP기반 네트워킹 기술이 다가오는 사물인터넷 시대에도 계속 기반 기술로 사용될 수 있을 것인지에 대한 의문도 제기되고 있다. 즉, (그림 1)과 같이 인터넷 초기 IP기반 네트워킹 기술은 대형 컴퓨터 간의 소규모 연구 네트워크 기술로 사용되었으나 네트워크 환경의 변화에 따라 2020년 이후의 사물인터넷 시대에는 수백억개 이상의 사물에 대한 연결, 이동성 사물에 대한 구조적인 이동성 제공, 제한된 특성을 가지는 사물 및 사물 네트워크의 지원, 엑사바이트 이상의 대규모 트래픽의 효율적 처리, 사물 간의 실시간성 및 신뢰성 있는 통신 등을 제공할 수 있는 매우 도전적인 네트워킹 기술이 요구되고 있다.

최근 네트워크 분야의 주도적 기관들을 중심으로 이러한 사물인터넷 시대에서의 네트워크의 도전적 이슈를 기존의 IP기반 네트워킹 기술이 아닌 혁신적 개념의 새

로운 네트워킹 기술의 도입을 통해 해결하고자 하는 움직임이 시작되고 있다. 본 논문에서는 이러한 움직임과 관련하여 주요한 네트워크 기관들을 중심으로 기존 IP기반 네트워킹 기술의 한계를 극복하는 혁신적 개념의 차세대 네트워킹 기술을 기반으로 사물인터넷의 비전을 실현하고자 하는 연구 및 관련 표준화 동향을 분석하고자 한다.

## II. 연구동향

기존의 IP기반 네트워킹 기술의 한계를 극복하는 새로운 네트워킹 기술에 대한 연구는 이미 2000년 초부터 미래인터넷이라는 이름으로 이루어져 왔다. 미국 과학재단의 지원으로 수행된 Named Data Networking (NDN), MobilityFirst, XIA 및 유럽의 FP7 및 Horizon-2020의 일환으로 수행된 SAIL, PURSUIT 프로젝트 등이 대표적이라고 할 수 있다. 이러한 새로운 네트워킹 기술들은 저마다의 설계원칙에 의해서 개발이 되었으나 한 가지 공통점을 가진다. 그 공통점은 기존 IP기반 네트워킹에서 추구하던 주소 기반의 통신에서 통신 객체 자체에 식별자를 부여하고 그 식별자에 기반한 식별자 기반 통신이라는 점이다. 대표적인 예가 정보 자체에 식별자를 부여하고 그 식별자를 기반으로 통신하는 정보 중심 네트워킹(Information Centric Networking: ICN) 기술로 NDN, MobilityFirst, SAIL, PURSUIT 등에서 제안하는 구조들이 대부분 이러한 설계 개념을 포함하고 있다. <표 1>은 현재 TCP/IP 기술과 대표적인 ICN 기술인 NDN과의 기술 특성에 대한 비교를 보여준다[9].

차세대 네트워킹 기반의 IoT 기술 관련 연구를 활발히 추진하고 있는 대표적인 기관으로는 시스코를 들 수 있다. 시스코는 현재 IP기반 네트워킹 관련 기술과 시장을 주도하고 있는 대표적인 기관임에도 불구하고 새로운 네트워크 기술인 ICN 기술의 선도적 도입을 통해 차세대 네트워크 시장에서도 시장의 지배력을 이어가려고

〈표 1〉 TCP/IP와 NDN 간 기술 비교

TCP/IP	NDN
Packet switching / routing	Packet switching / routing
Addresses Hosts	Addresses data
Reliable / unreliable transports	No discernable transport
Asymmetric routing	Symmetric routing
Stateless forwarding	Per-packet state during request forwarding
Channel-oriented security	Object security
Unicast / Anycast / Multicast	Multipoint Request / Response
Mobility Support via tunneling overlay	Implicit mobility support
Content delivery optimization via CDN overlay	Natural multipoint delivery from in-network cache

〈표 2〉 기관별 관련 연구동향

연구 기관	연구 동향
Cisco[14]	5세대 이동통신을 위한 새로운 기반 구축을 위해 현 IP 네트워크에서 오버레이로 제공되는 이동성, 보안성 및 컨텐츠 분산을 NDN 도입을 통해 구조적으로 해결 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 이동성: 요청/응답 모델을 통해 기존 이동성 기술에서의 터널링 오버헤드 제거</li> <li>• 보안: 데이터 자체에 대한 보안 기능 제공을 통해 데이터 무결성의 구조적 제공</li> <li>• 데이터 분산: 전송 과정에서 구조적 데이터 분산 제공</li> </ul>
Huawei[11]	5G-IoT를 구현하기 위해 ICN의 도입이 필요하며 기존 IP 기반 네트워킹 기술과 새로운 네트워킹 기술인 ICN의 공존을 위한 네트워크 가상화 기반의 네트워크 구조를 제안 <ul style="list-style-type: none"> <li>• NG C-RAN: ICN 기반 종단 클라우드</li> <li>• CIBUS: 제한성/비제한성 디바이스를 수용하는 미들웨어</li> <li>• 주요 협력 기관: Winlab</li> </ul>
Winlab[15]	주도적으로 개발한 ICN 기술인 MobilityFirst 기반의 5세대 이동통신 네트워크 구조 제안 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 호스트, 데이터, 서비스 등 통신 객체는 flat한 GUID (Global Unique Identifier)로 식별자 부여</li> <li>• GUID는 자기인증(Self-certifying) 기능의 추가를 위해 공개키의 해쉬함수로 생성</li> <li>• GUID와 네트워크 주소와의 매핑은 GNRS (Global Name Resolution Service)를 통해 지원</li> <li>• 주요 참여 기관: 화웨이</li> </ul>
Imria[16]	ICN이 IoT를 지원하는 경우 생기는 장점과 해결해야 될 문제점 관련 연구 수행 <ul style="list-style-type: none"> <li>• ICN-IoT 구현을 위해 IoT에 경량화된 ICN 코드를 사용하고 ICN에서의 링크상태 라우팅 프로토콜 운영 시의 오버헤드를 줄이기 위한 VIF(Vanilla Interest Flooding), RONR(Reactive Optimistic Name-based Routing) 기술 제안</li> <li>• 장점: 데이터 획득 및 계획된 데이터 갱신 등을 간단히 구현, 에러 제어를 위한 케칭이나 버퍼링 구현이 용이, IoT 자동구성의 복잡성 획기적 개선 및 기존 방식에 비해 더 작은 메모리로서 지원 가능</li> <li>• 단점: 케칭 기능이 최신의 데이터를 요구 시 비효율, 예정되지 않는 트래픽 요청은 기존의 종단간 통신 방식에서 더 구현이 용이, 이름 기반의 라우팅 포워딩으로 인한 오버헤드 증가</li> </ul>
Horizon-2020 POINT (2015~2017)[17]	현 IP 기반의 주요한 서비스들을 ICN 기반으로 지원하기 위한 구조 및 관련 기술 개발을 목표로 하며 ICN 기반 코어 네트워크 구조 및 IoT 환경에서 ICN의 장점 제시 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존 IP 기반 디바이스와 ICN 코어와의 변환을 지원하는 NAP (Network Attachment Point) 기반의 코어 네트워크 구조 제시</li> <li>• CoAP을 ICN 상에서 추상화 시킴으로써 ICN 네임에 보안과 프라이버시를 포함시킬 수 있으며 사용자 보안도 경량 프로토콜로 지원</li> <li>• 아직 초기 단계인 IoT 환경이 새로운 네트워크 기술인 ICN 도입에 용이</li> <li>• 주요 참여 기관: 인터디지탈</li> </ul>
FP7 SAIL-NetInf (2010~2013) [18]	Publish/Subscribe 기반의 ICN 기술인 NetInf의 IoT에서 효율적인 적용 방안 제시 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 디바이스는 주기적 정보제공이 아닌 자신의 상태에 따라서 정보를 제공 가능 (Publish)</li> <li>• 화재경보와 같은 빈번하지 않은 정보의 제공이나 디바이스가 오프라인인 경우와 같은 환경에서 효율적인 통신을 제공</li> <li>• 주요 참여 기관: 에릭슨</li> </ul>
AETHER [13]	통합사물 식별자 기반 네트워킹을 이용한 이기종 사물 네트워크 간 인터넷네트워킹 기술 제시 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존 사물 식별자와 호환성을 제공하는 통합사물 식별자 체계</li> <li>• 사물ID와 네트워크 주소 분리 구조 및 매핑 시스템</li> <li>• 수행기관: 한국전자통신연구원</li> </ul>

하고 있는 것으로 보인다. 시스코는 현재의 네트워크 환경이 수십억개 이상의 디바이스들이 연결되고 있으며 이 디바이스 중 스마트폰과 사물 디바이스의 비중이 빠른 속도로 증가하고 있으며 이러한 디바이스들을 통해 매달 수십 엑사바이트(exabyte) 이상의 데이터들이 생산되고 있다는 점에 주목하고 있다. 이러한 네트워크 환경의 변화에서 기존의 기술로는 더이상 시장이 요구하는 응용과 유즈 케이스들을 비용 효율적으로 제공하지 못하며 새로운 네트워킹 기술, 즉 ICN의 도입을 통해 이를 달성할 것을 제안하고 있다[10].

최근 빠르게 통신 장비 시장을 점유해가고 있는 화웨이의 경우 5세대 이동통신의 주요 목표 중 하나가 IoT임을 지적하고 5G-IoT를 구현하기 위해 요구사항으로 스마트 웨어러블 디바이스, 고제한성 센서 네트워크, 이동 데이터 지원, 촉각 인터넷을 위한 실시간 통신, 차량 제어나 로봇 협업, e헬스 지원을 위한 고신뢰 통신 등을 제시하고 있다. 화웨이는 이러한 요구사항을 달성하기 위하여 기존의 IP기반 네트워킹 기술뿐만 아니라 차세대 네트워킹 기술인 ICN의 도입이 필요함을 주장하고 있으며 기존 IP 네트워크 기술과 새로운 네트워킹 기술인 ICN의 공존을 위한 네트워크 가상화 기반의 네트워크 구조를 제안하고 있다[11].

차세대 무선 통신 기술을 선도하고 있는 대표적인 연구기관 중 하나인 미국의 Winlab에서도 현재 4세대 이동통신은 다양한 프로토콜들이 혼재되어 있고 게이트웨이에 기반한 구조로 5세대 이동통신에서 목표로 하는 서비스를 지원하기에는 한계가 있다고 지적하고 있다. 따라서 5G를 위한 새로운 네트워크 구조가 필요하며 이 구조는 새롭게 등장하고 있는 임베디드 센서들 간이나 차량 네트워크를 위한 Machine to Machine(M2M) 통신, 수십억 개에 달할 것으로 예상되는 IoT 디바이스들을 효율적으로 지원할 수 있는 구조를 가져야 함을 주장하고 있으며 ICN 도입을 그 방안으로 제시하고 있다 [12].

한국에서도 기존의 IPv6기반의 사물인터넷 기술 개

발과 더불어 통합사물 식별자 기반의 차세대 네트워킹을 이용하는 사물인터넷 연구를 한국과학기술연구회의 지원으로 최근 시작하였다. 관련 연구는 2010년대초부터 국내에서 수행해 오던 미래인터넷 기술을 사물인터넷에 적용하여 사물인터넷에서 예상되는 대규모성, 이동성, 신뢰성, 실시간성을 제공하는 새로운 네트워킹 기술 개발을 목표로 진행 중이다[13].

〈표 2〉에 주요 기관의 차세대 네트워킹 기술 기반의 사물인터넷 연구 동향을 정리하였다.

### III. 표준화 동향

ICN 기반의 사물인터넷 기술은 아직 표준화 전 단계로 차후 본격적인 표준화를 위한 사전작업들이 몇몇 표준기관에서 진행되고 있다. 그 대표적인 기관이 장기적 관점에서 인터넷에 대한 연구 및 표준화 이슈를 발굴하는 Internet Research Task Force(IRTF)이다. IRTF에서는 ICN기술에 대한 연구를 위해 2012년도에 Information Centric Networking Research Group(ICNRG)을 신설하였다. 현재 ICNRG는 NEC, 에릭슨, 시스코에서 공동으로 의장을 맡고 있으며 ICN 기술의 하나인 CCNx에 대한 세부 작업, ICN에 대한 연구 이슈 도출, ICN 평가 방안 및 ICN 상에서의 비디오 스트리밍 전송 등을 주요 작업 항목으로 선택하고 있다. 또한, ICN을 IoT에 적용하는 방안, ICN을 위한 이름해석(name resolution) 시스템 및 ICN 네이밍 방안에 대한 논의를 진행하고 있다.

ICNRG에서 진행되고 있는 ICN의 IoT 적용 방안에 관련하여서는 IoT에 ICN를 적용하는 경우의 요구사항과 기술적 이슈를 분석하는 문서[19]와 효율적인 IoT를 위해 ICN을 사용하는 경우의 응용 및 트레이드 오프를 규정하는 문서[20] 등 두 가지 문서작업이 그동안 이루어 왔으나 최근 두 문서가 하나로 통합되었다[21]. 통합 문서의 에디터는 화웨이에 담당하고 있으며 Winlab, Inris, UCLA REMAP, SCIS, Lulea University of

Technology에서 각각 문서의 저자로 참여하고 있다. 아래에 이 통합 문서의 주요 내용을 간단히 정리한다.

문서에서는 그동안 독자적으로 구축되어 왔던 IoT 시스템들이 점차 서로 다른 도메인에 존재하는 수십억개의 디바이스들이 인터넷에 연결되는 글로벌하게 통합된 IoT 네트워크 플랫폼으로 발전하고 있고 이러한 IoT 네트워크 플랫폼은 기존의 네트워크와는 다른 요구사항을 가지며 이에 따른 도전적인 기술 이슈를 가짐을 지적하고 있다. 이러한 관점에 기반하여 글로벌 IoT 네트워크 플랫폼의 설계 요구사항을 정의하고 ICN 기술을 적용했을 경우의 장점 및 기술적 이슈를 정리하고 있다.

먼저 이 문서에 정의하고 있는 IoT 네트워크 플랫폼에 대한 주요 요구사항을 정리하면 다음과 같다.

- 네이밍(naming)

IoT 네트워크 플랫폼을 실현하는 첫번째 단계로서, 객체에 할당되는 네임은 lifetime, mobility, migration 등과 같은 IoT의 동적인 환경에서도 연속성을 보장하여야 하며, 보안성 및 응용 편리성을 제공하여야 함.

- 규모성(scalability)

수백억개 이상으로 예상되는 사물 디바이스뿐만 아니라 데이터, 서비스 등과 같은 모든 엔티티를 관리해야 하므로, 네이밍, 보안, 네임 해석 및 라우팅/포워딩에서의 규모성을 지원하여야 함. 또한, 이동성으로 인한 규모성 약화에 대한 대응 및 대규모 네임 해석에서 실시간성이 보장되어야 함.

- 자원 제한성(resource constraints)

IoT 디바이스는 전력, 컴퓨팅, 저장, 대역폭 및 사용자 인터페이스 측면에서 제한성을 가질 수 있으므로 이러한 제한성을 효율적으로 지원할 수 있어야 함.

- 트래픽 특성(traffic characteristics)

IoT 트래픽은 데이터 집적 및 필터링, 실시간성, 빠른 발견 및 연결 등에서 기존 트래픽과는 차이점을

가지므로 이를 효율적으로 지원할 수 있어야 함.

- 내용기반 통신(contextual communication)

많은 IoT 응용들이 정보의 내용에 기반하고 있으므로 이를 효율적으로 지원하여야 함.

- 이동성 제어(handling mobility)

IoT는 데이터 생산자, 데이터 소비자, IoT 네트워크 및 데이터 소스와 목적지 간의 연결성 상실 등 다양한 이동성 형태를 가질 수 있으며 이 경우에도 수용 가능한 정도의 지연으로 데이터 전달이 이루어질 수 있어야 함.

- 저장 및 캐싱(storage and caching)

저장 및 캐싱 기능은 콘텐츠의 액세스 지연을 줄여 줄 수 있으므로 네트워크 플랫폼은 캐시된 복사본의 효율적인 해석(resolution)과 캐싱, 보안, 프라이버시, 규정(regulation) 간의 균형성을 제공하여야 함.

- 통신 신뢰성(communication reliability)

전달의 필수적 보장이 요구되는 IoT 응용을 위해 지연 감내형, QoS 지원, 리턴턴시의 추가 등이 필요함.

ICN과 IoT는 콘텐츠가 중심이 된다는 점에서 공통점을 가질 수 있지만 여러 가지 차이점도 동시에 가진다. 따라서 실제 IoT에 ICN을 적용하는 경우 복잡한 트레이드오프가 있을 수 있다. 이러한 관점에서 이 문서에는 IoT에 ICN을 적용하는 경우의 장점과 기술적 과제를 다음과 같이 제시하고 있다.

- 디바이스와 데이터 및 서비스에 대한 네이밍 (naming of device, data and services)

기존 호스트 기반의 네트워킹에서는 디바이스나 네트워크 인터페이스만을 네이밍하고 데이터나 서비스는 응용 계층에서 처리하는 것으로 간주함. 그러나 IoT 서비스에서는 데이터나 서비스가 주요 목적이며 디바이스 간의 통신은 이차적인 경우가 많음.

〈표 3〉 IoT에 ICN 적용 시의 기술적 과제

분류	기술적 과제	설명
Naming devices, data, and services	Naming of devices	액추에이터(actuator)와 같이 디바이스가 특정화 되어야 하는 경우를 위해 디바이스를 유일하게 식별하는 방법
	Size of data/service name	작은 데이터가 주로 생성되는 센서나 액추에이터 환경에서 상대적으로 긴 네임의 비효율성 해결 방법
	Hash-based content name	요청 콘텐츠를 검증하기 위해 사용되는 해쉬 알고리즘을 사용하는 경우 해당 콘텐츠가 사전에 생성되어 있어야 하며 이를 찾기 위한 디렉토리 서비스가 제공되어야 하는 문제
	Metadata-based content name	메타데이터를 사용하는 경우 콘텐츠 생성 전에 네임을 사용할 수 있으나 이 경우 메타데이터와 매칭을 위한 시멘틱 방법
	Naming of services	디바이스나 데이터와 같이 서비스도 유일한 식별자로 구별될 수 있으며 이를 위한 적절한 네이밍 및 관련 절차
	Trust	네트워크 요소에 대한 네임이 신뢰할 수 있는 발행자에 의해 발행된 것임을 보장할 수 있는 방법
	Flexibility	계층적 네이밍 구조에서의 네임 구성 방법
	Control/scoping	특정 정보에 대해서 주어진 범위 내에서만 접근 가능하도록 제한하는 방법
	Confidentiality	네임이 통신 특성 관련 정보를 포함하고 있는 경우 이에 대한 기밀성을 제공할 수 있는 방법
Name resolution	Scalability	다양한 네임 형태 (hierarchical/flat names, names with limited scope 등)를 가지는 대규모의 네임/서비스를 지원하기 위한 방법
	Deployment and interoperability	시장 도입에 필수적인 기존 플랫폼에 대한 용이한 배치 및 연동을 제공하기 위한 방법
	Latency	실시간 또는 지연에 민감한 응용에 대하여 QoS지원에 영향을 주지 않을 수 있는 저지연 제공 방법
	Locality and network efficiency	요청자에 가까운 곳에 위치한 엔터티에 접근을 용이하게 하는 방법
	Agility	데이터가 빈번히 생성 및 소멸되는 동적 환경을 지원하기 위한 방법
Caching/storage	<ul style="list-style-type: none"> <li>라우팅 경로 중 어느 노드가 요청된 데이터를 캐싱하고 있는 지 결정하기 위한 방법</li> <li>제공 IoT 서비스에 대해서 어떤 내용을 캐싱할 것인지에 대한 문제</li> <li>응용에 따라 분산된 캐싱의 효율성이 다를 수 있는 문제</li> </ul>	
Routing and forwarding	<ul style="list-style-type: none"> <li>네임 기반 라우팅과 주소 변환 기반 라우팅 방법간의 선택</li> <li>정보 제공자 및 요청자에 대한 이동성 지원 방법</li> </ul>	
Contextual communication	<ul style="list-style-type: none"> <li>실시간으로 컨텍스트 정보를 추출하는 방법</li> </ul>	
In-network computing	<ul style="list-style-type: none"> <li>센서 노드와 ICN 라우터에서 컨텍스트 추론 방법</li> <li>센서 데이터에 대한 노이즈 데이터 필터링 방법</li> </ul>	
Security and privacy	<ul style="list-style-type: none"> <li>자원제약 상황에서 보안과 프라이버시 제공 방법</li> </ul>	
Self-organization	<ul style="list-style-type: none"> <li>IoT 서브시스템 간의 분리를 위한 범위 기반의 자동 구성 방법</li> </ul>	
Communication reliability	<ul style="list-style-type: none"> <li>ICN이 제공하는 다중 경로 환경에서 다양한 트래픽 패턴이 사용될 때 QoS 측면에서의 성능 분석</li> </ul>	
Energy efficiency	<ul style="list-style-type: none"> <li>에너지 효율화를 위한 최적화 방법</li> </ul>	

네트워크에 분산되어 데이터나 서비스가 분포된 경우 데이터 및 서비스에 대한 네이밍을 이용하여 데이터나 서비스가 다수의 디바이스 또는 디바이스의 그룹에서 제공될 수 있음.

- 분산 캐싱 및 처리(distributed caching and pro-

cessing)

ICN의 구조적인 캐싱은 자원 제약성을 가지는 IoT에서 장점을 가질 수 있음. 즉, IoT 디바이스가 다중의 장소에서 데이터를 가져오거나 데이터를 보내는 경우 해당 데이터를 네트워크에 저장함으로써 제한

된 디바이스에서의 전송을 줄일 수 있음. 또한, 지역적인 캐쉬는 전송 시의 지연을 줄여 줄 수 있음.

- 송신자와 수신자와 분리(decoupling between sender and receiver)

IoT 디바이스는 이동성을 가지거나 또는 불완전한 연결성을 가질 수 있다. ICN에서는 디바이스 간의 직접적인 연결없이 데이터의 전달이 가능함.

또한, 이 문서에서는 ICN을 적용하는 경우 해결하여야 할 도전적 기술 이슈는 <표 3>과 같이 정리할 수 있다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 사물인터넷이 추구하는 기술적 비전을 실현하기 위해 현 IP기반 네트워킹 기술의 한계를 극복할 수 있는 차세대 네트워킹 기술을 기반으로 사물인터넷을 구축하고자 세계적으로 진행되고 있는 연구 및 표준화 동향을 분석하였다. 분석을 통해 볼 때 네트워킹 분야를 주도하는 몇몇 기관은 사물인터넷 시대의 주도권 확보를 위해 이미 자체적인 방안을 확보하고 연구개발을 활발히 추진하고 있음을 알 수 있다. 또한, 연구개발 결과를 국제 표준 기술화하기 위한 사전작업을 시작한 것으로 보인다.

최근 정보통신분야에서 가장 뜨거운 이슈인 5세대 이동통신도 그 중심에는 사물인터넷이 있다는 것을 고려할 때 차세대 네트워킹 기술 기반의 사물인터넷 기술은 국내에서도 세계적인 연구 동향을 파악하고 자체적인 핵심 기술을 확보하여야 하는 중요한 분야라고 할 수 있다. 공격적 측면에서 보자면 현 인터넷과는 달리 차세대 네트워킹 기반의 사물인터넷 기술은 전 세계적으로도 아직 초기단계이므로 국내에서 이러한 흐름에 효율적으로 대응한다면 한국도 다가오는 사물인터넷 기반 사회에서 네트워킹 분야에서 기술 주도가 가능할 것으로 판단된다.

#### 용어해설

**식별자 기반 네트워킹** 현 주소 기반의 IP 네트워킹과는 달리 디바이스, 데이터, 서비스 등 다양한 통신 객체에 할당된 식별자를 기반으로 통신하는 차세대 네트워킹 방식

**ICN(Information Centric Networking)** 식별자 기반 네트워킹의 일종으로 콘텐츠 정보에 식별자를 부여하고 이를 기반으로 통신하는 방식

#### 약어 정리

IoT	Internet of Things
IoE	Internet of Everything
ICN	Information Centric Networking
NDN	Named Data Networking
M2M	Machine to Machine
IETF	Internet Engineering Task Force
IRTF	Internet Research Task Force
ICNRG	Information Centric Networking Research Group

#### 참고문헌

- [1] Cisco, "The Internet of Everything," <https://www.cisco.com/web/about/ac79/docs/innov/IoE.pdf>
- [2] ITU-R, "IMT Vision-Framework and Overall Objectives of the Future Development of IMT for 2020 and Beyond," Recommendation ITU-R M.2083-0, Sept. 2015.
- [3] EU 5G-PPP, "5G Vision," <http://www.5g-ppp.eu>
- [4] D. Wolter, "Mobile Evolution to 5G," Cisco, Apr. 2015.
- [5] D. Pakiry, "IoT, 5G, Big Data," Ericsson, July 2015.
- [6] Nokia, "5G use cases and requirements," [http://networks.nokia.com/sites/default/files/document/5g\\_requirements\\_white\\_paper.pdf](http://networks.nokia.com/sites/default/files/document/5g_requirements_white_paper.pdf)
- [7] Huawei, "5G: A Platform for the Mobile Internet and IoT," [http://huawei.eu/ft-etno-summit/20151008\\_Huawei\\_FT-ETNO\\_5G.pdf](http://huawei.eu/ft-etno-summit/20151008_Huawei_FT-ETNO_5G.pdf)
- [8] 홍용근, "IETF에서의 사물인터넷 기술 표준화 현황," TTA Journal, 제155호, 2014. 9, pp. 45-51.
- [9] J. Cozzolino, "Laying the foundation for 5G," Cisco, May 26th, 2015.
- [10] T. Anderson, "Laying the foundation for 5G," Cisco, Nov. 2015.
- [11] G. Q. Wang and R. Ravindran, "Information-Centric IoT over 5G," Huawei, Dec. 2015.



- [12] D. Raychaudhuri, "5G Network Architecture and the Future Mobile Internet," IEEE 5G workshop, May 2015.
- [13] H.Y. Jung, "A Thing ID Based IoT Internetworking Framework," IEEE ICTC, Oct. 2015.
- [14] D. Reshytnik, "Setting the Stage for 5G," Cisco, Jan. 2015.
- [15] S. Li et al., "ICN-IoT and its Evaluation," WINLAB, Feb. 2014.
- [16] E. Baccelli et al., "Information Centric Networking in the IoT: Experiments with NDN in the Wild," ACM ICN, Sept. 2014.
- [17] EU Horizon-2020 POINT project, <https://www.point-h2020.eu/>
- [18] EU FP7 SAIL project, <http://www.sail-project.eu/>
- [19] Y. Zhang et al., "ICN based Architecture for IoT - Requirements and Challenges," IRTF draft-zhang-iot-icn-challenges-02, Aug. 2015.
- [20] A. Lindgren et al., "Applicability and Tradeoff of Information-Centric Networking for Efficient IoT," IRTF draft-lindgren-icnrg-efficientiot-03, Jul. 2015.
- [21] Y. Zhang et al., "Requirements and Challenges for IoT over ICN," IRTF draft-zhang-icnrg-icniot-requirements-00, Nov. 2015.