

NFC 통신기술을 활용한 사물인터넷 저전력 네트워킹

최영환 한국전자통신연구원 표준연구본부 선임연구원

윤주상 사물인터넷 네트워킹 프로젝트그룹(PG1002) 부의장/동의대학교 산업융합시스템공학부 교수

1. 머리말

2010년 초반, 사물인터넷 기술은 TCP/IP 기반의 인터넷 중심의 유·무선 통신으로 모든 사물을 연결하고, 그 가운데 수집된 정보를 공유 및 서비스에 활용함으로써 생활의 편리성을 개선한다는 목표를 두고 시작됐다. 모든 사물을 초연결하여 새로운 혁신 서비스가 가능해질 것이라는 당시의 막연한 기대는 10년의 세월 속에서 기술 발전과 함께 점차 현실이 되고 있다. 그뿐 아니라 인공지능, 블록체인, 빅데이터 등 다양한 기술과 융합하여 사물인터넷 기술의 지능화가 진행 중이며, 더 나아가 사물인터넷이 자율화되는 수준으로 진화를 거듭하고 있다.

사물인터넷 기술이 빠르게 진화하는 과정에서 스마트폰과 같은 무선 휴대 장비는 매우 중요한 역할을 한다. 이에 따라 휴대장비의 안정성과 신뢰성에 중요한 영향을 주는 저전력 기술이 핵심적인 기술적 요구사항으로 부상하고 있다. 저전력 기술은 서비스, 플랫폼, 디바이스, 네트워크

등 모든 사물인터넷 생태계 요소상 기술 변화에 대해 기본적인 방향을 제시했다. 본고에서 소개할 표준 역시 이와 관련된 것으로, 사물인터넷 저전력 네트워킹 기술 중 하나인 ‘저전력 NFC 무선통신 기술을 활용하기 위한 TCP/IP 적응계층’ 기술이다.

‘NFC 무선통신을 TCP/IP 네트워킹 기술로 활용’한다는 개념 자체가 2014년에는 일반적이지 않았으며, 아무도 시도하지 않은 기술이었다. 그러나 NFC 무선통신 기술은 2015년에 저전력 블루투스과 함께 스마트폰에 일반적으로 탑재되기 시작했다. 이는 NFC에 기반을 둔 다양한 서비스가 실용화되는 단계에 접어들었기 때문인데, 이에 따라 2015년 3월 TCP/IP 인터넷을 개발한 사실표준화 기구 IETF에서 사물인터넷 저전력 네트워킹 기술 중 하나로서 관련 표준을 개발하기 시작했다. 현재 본 기술은 IETF 6Lo WG[1]에서 IESG 기술위원회 검토 및 논의가 끝나고 표준화 제정 절차 중 마무리 단계에 있다. 조만간 새로운 RFC 표준으로 제정될 것으로 예상함에 따

라 본 표준 기술을 간략히 소개하고자 한다.

2. 사물인터넷 저전력 네트워킹 기술 개요

사물인터넷 초연결 기술의 대상인 '사물'은 크게 전력공급이 제한된 자원 제약적 사물과 그렇지 않은 사물 두 가지로 구분된다. 사물인터넷에서의 자원 제약적 사물은 일반적으로 휴대폰처럼 배터리에서 전원을 공급받는 무선통신이 가능한 사물들을 의미하고, 배터리 전력 소모를 최소화하는 통신기술을 사물인터넷 저전력 네트워킹 기술이라고 한다. 사물인터넷 저전력 네트워킹 기술은 다음과 같은 요구사항 및 특징이 있다.

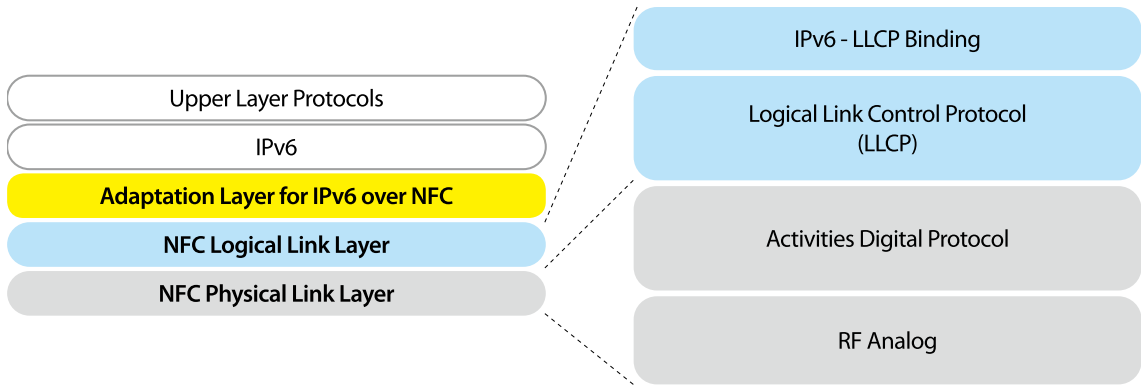
- **제한된 공급전력 소모의 효율성 고려:** 소형 배터리에서 제한적으로 전원이 공급되므로, 최소 혹은 효율적 전력 소모가 필수다. 이러한 이유로 저전력 네트워킹 장치들은 소비전력 절감을 위해 활성(active) 및 비활성(inactive) 상태로 선택적 변경되는 특징이 있다.
- **이기종 저전력 네트워크 구성:** 제한적 전원공급으로 인해 통신 역시 저전력 모듈(예를 들어, IEEE 802.15.4, BLE, Z-Wave, MS/TP, DECT-ULE, NFC, 저전력 PLC 등)을 사용한다. 저전력 네트워크 인터페이스들은 전송거리, 에너지 소비량 등 물리적 특성이 각각 다르다. 또한, 사물인터넷은 단일 네트워킹 인터페이스가 아닌 다양한 이기종 네트워크 인터페이스들이 함께 네트워크를 구성할 가능성이 크다.
- **데이터 전송 및 통신속도:** 전력 네트워킹의

주요 특징 중 하나는 통신 중 교환되는 데이터의 크기가 작고 통신속도도 느릴 수 있다는 점이다. 저전력 네트워크 인터페이스 중 IEEE 802.15.4의 경우는 물리계층 헤더를 제외하고 최대 127바이트의 데이터 전송 단위(PDU)를 가지며, 대다수의 저전력 네트워킹 기술들의 통신속도도 IEEE 802.11과 같은 무선 네트워킹 기술보다도 비교적 느리다.

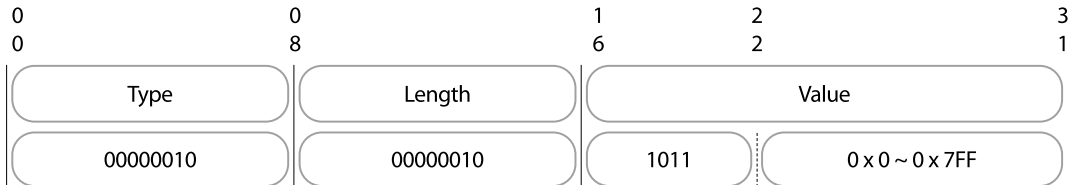
- **처리능력:** 자원 제한적 사물들은 응용에 따라 소형 혹은 저가형이므로 느린 통신속도뿐만 아니라 프로세서의 처리능력 및 메모리의 저장능력까지 제한적일 수 있다.

상기한 특징으로 인해 기존 유선통신을 위해 개발된 TCP/IP 인터넷 기술을 그대로 활용하는 것은 적절하지 않다. 또한 TCP/IP 통신 구조에서도 EUI-64 형식을 준용하여 IPv6의 IID(Interface Identifier)를 생성하던 기존 방식을 IEEE 802.15.4, G.9959, MS/TP, DECT-ULE, NFC 등의 저전력 네트워킹을 위해 그대로 활용하는 것 또한 불가능하다.

그래서 네트워크 계층(OSI 3계층)과 링크 계층(OSI 2계층) 간의 프로토콜 연동을 위한 적응계층(adaptation layer)이 새로 설계되었다. 그 시작은 2007년 IEEE 802.15.4 네트워크 기반 적응계층 프로토콜, 즉 6LoWPAN [2] 기술 표준 개발이었으며, 그 후 다양한 저전력 네트워킹 관련 기술 활용에 대한 요구사항이 사물인터넷 네트워킹의 쟁점으로 떠올랐다. 이에 따라 2013년부터 BLE, Z-Wave, MS/TP, DECT-ULE, NFC, 저전력 PLC 등 각각 네트워크 특성에 맞도록 개선된 6Lo 기술 표준이 개발됐다. 그 중 NFC 기반 사물인터넷 저전력 네트워킹에 대



[그림 1] NFC MAC/PHY 및 NFC 통신을 위한 적응계층 구조[3]



[그림 2] NFC 링크계층 MTU 확장 옵션[3]

해 조금 더 알아본다.

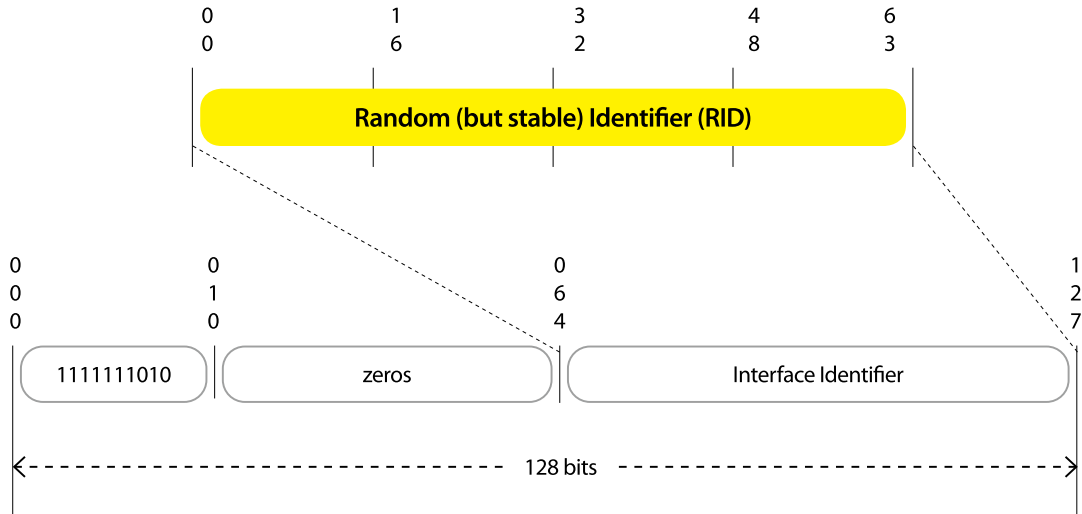
3. NFC 기반 사물인터넷 저전력 네트워크

[그림 1]은 NFC 기반 사물인터넷 저전력 네트워크를 위해 필요한 프로토콜 계층 구조를 보여준다. NFC 기반 사물인터넷 저전력 네트워크에서는 NFC 무선통신 MAC/PHY 계층만을 위한 별도의 적응계층이 상위 네트워크 계층과의 연결고리 역할을 담당한다. 네트워크 계층과 MAC/PHY 계층 사이에서 적응계층의 역할은 6Lo 표준에서 중점적으로 다루는 핵심기술로, 패킷 단편화 재조립, 헤더 압축, IP 주소 생성, 이웃탐색 및 네트워크 관리 등이 있다.

3.1 패킷 단편화 및 재조립

적응계층의 패킷 단편화 및 재조립은 링크계층의 최소전송단위(MTU)와 네트워크 계층의 패킷 크기와 관련된다. 즉, 링크계층에서 한 번에 전송할 수 있는 데이터의 양이 네트워크 계층에서 전송할 수 있는 데이터의 양(예를 들어, IPv6 패킷 크기는 1,280바이트)을 모두 수용할 수 있으면, 단편화 및 재조립이 불필요하다. 하지만 사물인터넷 저전력 네트워크의 많은 통신기술이 링크계층의 최소전송단위(예를 들어, IEEE 802.15.4 및 BLE의 MTU는 127바이트)가 작아서 필수적으로 단편화 및 재조립 절차를 수행해야 한다.

반면, NFC 링크계층의 경우, 최초 연결설정 과정에서 [그림 2]의 옵션 설정을 통해 기본



[그림 3] NFC 링크 주소를 활용한 IID 생성 및 IPv6 주소 설정 [3]

MTU인 128바이트를 2,175바이트까지 확장할 수 있다. 이러한 기능을 활용해 6lo에서 NFC는 확장 MTU를 통해 전송성능에 큰 영향을 주는 불필요한 단편화 및 재조립은 하지 않는 것으로 표준화했다.

3.2 헤더 압축

6lo 기술에서 헤더정보를 압축하는 기술로 RFC 4944 [4] 및 RFC 6282 [5]를 정의한다. RFC 4944는 IEEE 802.15.4를 위해 개발되었지만, 같은 링크상에서는 헤더압축 효율이 낮은 문제점을 개선하여 RFC 6282에서 헤더 압축을 위한 확장 기법을 새로 정의했다. 여기에는 IPv6 헤더 압축뿐 아니라 Traffic Class, Flow Label, Hop Limit 등 압축대상을 추가했으며, 멀티캐스트와 지정되지 않은 주소, 문맥 기반 주소 압축 등을 통해 헤더 압축 효율을 높였다. 또한 UDP와 IPv6 확장 헤더 압축도 지원한다. 다양한 유무선 저전력 네트워크 통신기술을 기반으로 하는 6lo에서는 RFC 6282 헤더 압축 기술을 네트워크 특성에 맞추어 전부 혹은 일부를

그대로 준용한다.

3.3 IP 주소 생성 및 설정

IPv4 주소 고갈이나 비효율적인 활용 및 관리와 같은 문제점을 보완하기 위해 개발된 IPv6는 128비트의 확장된 주소영역, 순차적 할당에 따른 효율적 관리, 그리고 IPsec과 같은 보안기술의 자체 지원, 자동설정 등을 갖췄다.

이 중 적응계층에서 고려해야 할 사항이 주소 생성 및 설정 방법인데, IPv6 주소는 [그림 3]과 같이 크게 프리픽스(prefix)와 인터페이스 식별자(IID, Interface Identifier)의 두 영역으로 구분된다. 프리픽스 주소는 망을 구분하기 위해 사용되는 영역이며, IID는 로컬 네트워크에서 통신장치간 식별을 위해 사용된다.

일반적으로 IEEE 802.15.4 및 BLE와 같은 IEEE 802계열의 경우 EUI-64 형식을 따라 6바이트 링크주소를 활용하여 IPv6 IID를 생성한다. 하지만 ITU-T G.9959, MS/TP, DECT-ULE, NFC 네트워크는 [그림 3]과 같은 수정된 EUI-64 형식을 따르며, 생성된 IID는 글로벌 프리픽스

주소와 함께 유일한 128비트의 공용 IPv6 주소를 생성하거나 링크로컬 자동 주소설정(SLLAC, Stateless Address Auto-Configuration)을 통해 FE80::/64 프리픽스를 붙여 128비트 링크주소를 생성한다.

NFC의 경우, 6비트 링크계층 ID를 사용한다. 로컬망을 26 혹은 28개의 단말까지만 주소를 할당할 수 있어 망 확장성에 한계가 있으며, 주소를 오래 사용할수록 주소 중복성과 같은 문제에 노출되는 것처럼 불안정한 특징이 있다. 이를 보완하기 위해 RFC 7217[6]에서 정의한 보안 강화된 임의값 IID (RID)를 NFC 링크계층 6비트 주소 기반으로 생성한다.

3.4 이웃탐색 및 네트워크 관리

자원 제약적 사물인터넷의 특징 중 제한된 공급전력은 네트워크 관리에 심각한 영향을 줄 수 있는 요소다. 6lo 기술은 IPv6 이웃노드 탐색 기법을 최적화하여 저전력 무선 네트워킹을 위해 사용한다. 유선 IPv6 망에서 라우터에 탑재된 하나의 네트워크 인터페이스로 전달된 패킷은 또 다른 인터페이스로 포워딩된다. 하지만 사물인터넷 저전력 네트워킹을 구성하는 단일 무선통신 모듈 탑재 장치들은 수신한 네트워크 인터페이스로 다시 송신하므로, 에너지 소모의 효율성을 위해 유선 IPv6 네트워크에서 멀티캐스팅 기술이 아닌 브로드캐스팅을 이웃탐색에 사용한다.

또한, NFC는 활용될 응용 및 서비스 특성을 고려했을 때, 단순한 형태의 다중 홉 네트워크 혹은 단일 홉 액세스 네트워크가 인터넷에 연결된 두 가지 형태의 구성을 예상할 수 있다. 이때 게이트웨이(6LBR), 라우터(6LR) 그리고 단말(6LN)의 역할로 구분되어 RFC 6775 [7] 기반의 라우팅을 위한 기술을 준용하여 동작한다.

앞서 소개한 적응계층 기능 외에도 네트워크 구성에 있어 메시 형태의 토폴로지를 형성하는 등 더 복잡한 구성에서는 상위 응용 프로토콜 혹은 이웃노드 탐색 최적화와 관련된 것보다 많은 고려 사항이 발생할 수 있다.

4. 맺음말

본고에서는 NFC 무선통신을 위한 사물인터넷 저전력 네트워킹 개념을 소개하고 관련 기술 요소 및 특징이 저전력 네트워킹의 기술적 세부 요소에 미치는 영향을 함께 살펴보았다. 일반적으로 사물인터넷을 위한 네트워킹은 인터넷을 기반으로 더 이상 개선할 것이 없다고 생각하는 편견이 있다. 그러나 본고에서 강조하는 바와 같이 자원 제약적 사물인터넷을 위한 저전력 네트워킹 기술은 우선 개발되어야 할 필수 요소 중 하나로 향후 사물인터넷 첨단 서비스를 이끄는 고부가가치를 확보할 수 있는 기반 기술로 활용될 수 있을 것이다. TTA

주요용어풀이

- NFC (Near Field Communication): 근거리 무선통신 기술
- BLE (Bluetooth Low Energy): 저전력 블루투스 통신 기술
- Z-WAVE: 800-900 MHz 무선 주파수 기반의 가정용 자동화에 사용되는 무선 통신 기술
- MS/TP (Master-Slave/TokenPassing): BACnet 규격을 위해 제안된 데이터링크 계층 프로토콜
- DECT-ULE (DECT Ultra Low Energy): 저전력 기반의 디지털 무선 전화 (DECT) 통신 기술
- PLC (Power Line Communication): 전력선 기반의 통신 기술

참고문헌

- [1] IETF 6lo WG, <https://datatracker.ietf.org/wg/6lo/about/>
- [2] IETF 6lowpan WG, <https://datatracker.ietf.org/wg/6lowpan/about/>
- [3] Y. Choi et al., "Transmission of IPv6 Packets over Near Field Communication," IETF draft-ietf-6lo-nfc (Work in progress), August 2020.
- [4] G. Montenegro, et al., "Transmission of IPv6 Packets over IEEE 802.15.4 Networks," IETF RFC 4944, September 2007.
- [5] J. Hui and P. Thubert, "Compression Format for IPv6 Datagrams over IEEE 802.15.4-Based Networks," IETF RFC 6282, September 2011.
- [6] F. Gont, "A Method for Generating Semantically Opaque Interface Identifiers with IPv6 Stateless Address Autoconfiguration (SLAAC)," IETF RFC 7217, April 2014.
- [7] Z. Shelby, et al., "Neighbor Discovery Optimization for IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks (6LoWPANs)," IETF RFC 6775, November 2012.