

# IoT 및 u-Office의 무선 IP 네트워크 전송을 위한 효율적 헤더 압축 기술의 분석

한동혁, 조성용, 하태영, 신성진, 정종문  
연세대학교

## 요약

유비쿼터스 정보 기술을 기반으로 다양한 업무 지원 기기간 네트워크를 형성하여 업무 처리를 지원하는 u-Office와, 지능화된 다양한 사물에 인터넷 연결성을 제공하여 지능적 서비스를 제공하는 Internet of Things(IoT)는 기하급수적으로 증가하는 다수의 객체간 통신을 수행하므로 네트워킹 자원의 최적화 기술이 필수로 뒷받침되어야 한다.

데이터 패킷의 오버헤드를 줄이고 통신 자원을 절약하기 위한 기술 연구는 다방면으로 진행되고 있으며, 특히 패킷의 오버헤드를 줄이고 통신 자원을 절약하는 패킷 헤더 압축 기술은 다양한 국제 표준이 개발되어 모바일 와이맥스(Mobile WiMAX), Long Term Evolution(LTE), IPv6 over Low power Wireless Personal Area Network(6LoWPAN) 등의 네트워크에 활용되고 있다.

본 고에서는 모바일 와이맥스, LTE, 6LoWPAN에서 각각 사용되는 패킷 헤더 압축 기술인 Payload Header Suppression(PHS), Robust Header Compression(ROHC), Header Compression(HC), Improved Header Compression(IPHC)의 개발 동향을 제시하고 각 기술의 특징을 비교 분석한다.

## I. 서론

기존 인터넷을 지원하는 스마트폰을 비롯한 다양한 스마트 기기와 PC뿐만 아니라 가전 제품, 자동차, 각종 기계 설비에까지 모든 사물이 인터넷으로 연결되는 Internet of Things(IoT) 시대가 다가옴에 따라 인터넷에 연결하는 기기의 수가 기하급수적으로 증가할 것으로 예측되고 있다. 시스코는 2012년에는 87억개였던 인터넷 기기가 2020년까지 500억개로 늘어날 것으로 예측하고 있고, 가트너는 2020년에는 전세계에서 사용되는 스마트 기기와 PC의 수가 73억대에 이르고, IoT기기는 260억대로 늘어날 것으로 예측하였다[1]. 이렇게 기하급수적으로 IoT를

사용하는 기기 수가 늘어나는 환경에서 식별(identification)은 중요한 문제 중 하나이다.

이러한 상황에서 internet protocol version 6(IPv6)는 기존의 네트워크 통신 구조를 그대로 활용하면서 동시에 거의 무제한( $2^{128}$ 개)에 가까운 식별정보를 생성해낼 수 있기 때문에 IoT의 필수조건으로 여겨지고 있다. 그러나 IoT 환경에서는 같은 채널을 공유하는 장비의 수가 증가함에 따라 패킷 충돌, 신호 간섭 등으로 인한 데이터 손실이 자주 발생하는데, IPv6의 패킷 헤더는 기존의 internet protocol version 4(IPv4) 헤더에 비해 2배 큰 40 바이트를 사용하므로 많은 시스템 자원을 사용하며 위와 같은 패킷 충돌, 신호 간섭 및 자원 낭비의 문제를 심화시킬 수 있다.

따라서 IoT 네트워크의 성능 향상을 위해 IP 패킷 압축 기술에 대한 연구가 다방면으로 진행되었으며, 현재 다양한 국제 표준이 개발 및 사용되고 있다. 모바일 와이맥스(Mobile WiMAX)와 Long Term Evolution(LTE) 기반의 이동통신망은 각각 Payload Header Suppression(PHS)[2]과 Robust Header Compression(ROHC)[3] 등의 헤더 압축 알고리즘을 이용하여 패킷의 오버헤드를 줄이고 무선 자원을 절약한다. 센서 네트워크에 IP통신을 적용한 IPv6 over Low power Wireless Personal Area Network(6LoWPAN)에서도 무선 자원의 효율성 증대를 위해 IPv6 패킷 헤더를 압축하는 Header Compression(HC)[4], Improved Header Compression(IPHC)[5] 등의 압축 알고리즘을 표준에 정의하고 있다.

본 고에서는 IoT와 u-Office에서의 원활한 통신을 위해 필요한 자원 최적화 기술 중 하나인 IP 패킷 헤더 압축 기술의 개발 동향을 살펴보고, 주요 헤더 압축 기술의 특징과 성능을 비교 분석한다.

## II. 패킷 헤더 압축 기술 동향

패킷 헤더의 압축은 1984년 저속(low-speed) 인터넷 연결

망에서 전송 효율을 높이기 위한 Thinwire-II 프로토콜[6]에서 처음으로 개발되었다. Thinwire-II 프로토콜은 40 바이트의 transmission control protocol(TCP) 헤더를 13 바이트까지 압축할 수 있다. 이후 Thinwire-II를 기반으로 저속 인터넷(300 ~ 19,200 bps)에서 Thinwire-II보다 높은 압축율을 보이는 Van Jacobson header compression(VJHC) [7]가 개발되었으며, 이는 Thinwire-II보다 높은 압축율을 보여, 40 바이트의 TCP 헤더를 3 바이트까지 압축할 수 있다. VJHC는 TCP/IP 연결에서 헤더 필드의 50% 이상이 상수 값으로 유지된다는 사실에 기반하여, 헤더 값이 변하지 않는 필드는 생략하여 전송하지 않는다. 또한, 필드값이 변화하는 Sequence Number, packet ID 등의 필드는 필드값의 변화량만을 전송하여 전송 대역을 절약하는 특징이 있으며, TCP checksum error를 고려한 오류 복구 기능도 검토하고 있다. 이후, VJHC의 기능을 개선하여 IP, user datagram protocol(UDP), real-time transport protocol(RTP) 등 다양한 패킷 헤더에 적용하기 위한 압축 기술로 IP Header Compression(IPHC)[8]가 개발되었다. IPHC는 다양한 프로토콜의 반응시간, 압축율, 에러 손실율 성능을 개선하고자 개발되어 UDP, TCP 패킷을 4~7 바이트까지 압축할 수 있으며, 멀티캐스트 전송까지 지원하는 특징이 있다. 비슷한 시기에 개발된 Compressed RTP(cRTP)[9]는 RTP 헤더의 다수의 필드 값이 예상 가능한 범위에서 변화하며 특정 필드 값은 일련의 변화값이 상수로 유지되는 특징을 이용하여 IP/UDP/RTP 헤더를 압축하기 위해 개발되었으며, RTP 헤더를 2 바이트까지 압축하는 성능을 보인다.

전술한 패킷 헤더 압축 기술은 저속 연결 등의 제약 상황에서 잘 동작하는 것이 입증되었으나, IoT 및 u-Office를 위한 다수 장비의 무선 연결 환경에는 적합하지 않을 수 있다. 무선 환경에서의 패킷 헤더 압축을 위한 기술로 모바일 와이맥스를 위한 PHS, 높은 에러율과 높은 round trip time(RTT) 등의 채널 환경에서 높은 성능을 보이는 ROHC, 6LoWPAN의 센서 망을 위한 HC 및 IPHC 등이 개발되어 사용되고 있으며, 각 기술에 대한 개요는 3 장에서 자세히 기술한다.

### III. IoT를 위한 패킷 헤더 압축 효율 분석

#### 1. PHS

PHS는 모바일 와이맥스 표준인 IEEE 802.16에 적용된 기술로 IP 기반의 무선 광대역 서비스를 효율적으로 제공하기 위해 사용되는 패킷 헤더 압축 기술이다.

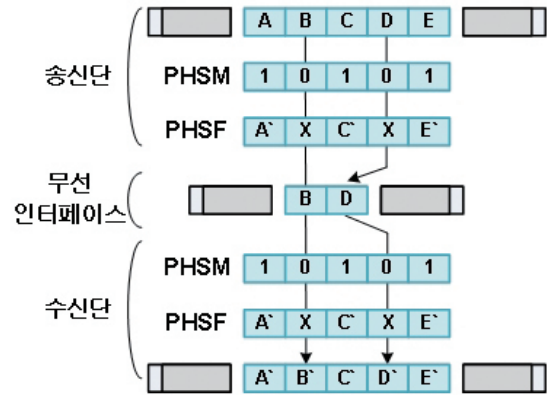


그림 1. PHS 압축 및 복원 절차 [10]

PHS 프로토콜은 헤더 압축을 수행하는 압축기와 압축된 헤더를 복원하는 복원기로 이루어지며, 다음과 같은 절차로 동작한다. 우선 헤더 복원을 위한 기준을 정하기 위해 PHS 프로토콜 세션 셋업이 이루어진다. 이러한 프로토콜 셋업을 통해 압축기와 복원기는 헤더의 압축 범위와 PHS 규칙을 공유하며, 이후 패킷의 헤더를 효율적으로 압축하여 전송하는 것이 가능해진다. PHS가 적용된 압축 패킷은 다음의 헤더 필드로 구성된다.

- PHS Index(PHSI): 패킷 헤더의 PHS 사용 규칙(PHS rule)을 알려주는 8 비트 필드로서, PHS를 사용하나 압축이 적용되지 않은 경우 0의 값을, 그 외의 경우 1~255 범위의 값을 가진다.
- PHS Field(PHSF): 압축하여 전송할 헤더의 정보를 저장하는 필드이다.
- PHS Mask(PHSM): PHSF를 바이트 단위로 매핑(mapping)하여 압축해야 할 부분을 가리기 위한 필드로서, PHSM이 1로 설정된 부분은 압축하고, 0으로 설정된 부분은 압축하지 않는다.
- PHS Size(PHSS): 압축할 헤더의 크기로서, PHSF의 바이트 단위 크기를 나타내는 필드이다.
- PHS Valid(PHSV): 압축기가 압축 전 패킷 헤더와 PHSF가 일치하는지 검증 작업을 수행할 것을 판단 내리는 플래그이다.

패킷 헤더의 압축 전송을 위한 PHS의 전송 절차는 <그림 1>과 같다. 압축기는 PHSM을 이용하여 패킷 헤더의 1, 3, 5 번째 바이트(A, C, E)를 압축할 것을 가리킨다. 압축해야 할 바이트가 PHSF의 A', C', E'와 일치하는지 검증한 후, 송신단은 압축된 필드와 압축되지 않은 바이트(B, D)를 전송한다. 복원기는 압축된 부분을 캐시 저장된 정보(A', C', E')로부터 복원하여 압축 이전의 헤더를 복원하고 수신을 완료한다.

## 2. ROHC

ROHC는 Internet Engineering Task Force (IETF) ROHC working group (WG)에서 IP, UDP, RTP, TCP 등의 헤더를 압축하기 위해 제안한 기술로써, 그 표준안이 IETF RFC 3095에 기술되어 있다. ROHC는 현재 ROHC version 2까지 개발되어 IETF RFC 4996, 4997, 5525 등의 기술 문서가 발표되었으며, Bit Error Rate (BER) 및 RTT가 높은 채널 상황에서 높은 압축 성능을 보이는 특징이 있다.

ROHC의 헤더 압축은 압축기와 복원기의 finite state machines (FSMs) 간 상호작용으로부터 동작한다. 압축기의 FSM 동작은 initialization and refresh (IR) state, first order (FO) state, second order (SO) state로 구성되며 각각 다음과 같이 동작한다.

- IR state: 패킷 헤더에서 변화하지 않는 (static) 부분의 전송을 담당하는 state로, 근원지 주소 (source address), 목적지 주소 (destination address) 등이 이에 해당된다.
- FO state: 압축기와 복원기 간 부분적 context가 생성된 상태로 이 state에서 전송하는 헤더들은 일부만 압축하여 전송한다.
- SO state: 최적의 헤더 압축 상태로, 압축기와 복원기 간 full context를 설립한 상태이다. 복원기는 압축기 헤더의 전송 패턴을 파악할 수 있는 충분한 정보를 가지고 있으며, SO state의 최대 압축 패킷을 복원하는데 실패할 경우 피드백에 의해 압축 상태는 FO 또는 IR state로 전환될 수 있다.

복원기의 FSM은 no context (NC) state, static context (SC) state, full context (FC) state의 3 가지 state로 구성되며, 각각 다음의 상태를 의미한다.

- NC state: 복원기의 최초 상태로 NC state의 복원기는 압축된 헤더를 복원할 수 있는 정보가 부족하다.
- SC state: NC state에서 압축 헤더의 복원에 성공하면 복원기의 FSM은 SC state가 될 수 있으며, 이는 복원기가 헤더의 static field 정보를 가지고 있는 상태로 헤더가 일부 압축된 FO state의 헤더를 성공적으로 복원할 수 있는 상태이다.
- FC state: 복원기가 static field와 dynamic field의 헤더 정보를 모두 가지고 있는 상태로 FC state의 복원기는 최대 압축된 SO state의 패킷을 복원할 수 있다.

ROHC 프로토콜은 압축기와 복원기의 FSM 변화를 구현하는 방법에 있어 3 가지 동작 모드를 사용한다. 이는 Unidirectional mode (U-mode), Optimistic mode (O-mode), Reli-

able mode (R-mode)로, 각각의 동작 모드는 다음과 같다.

- U-mode: 피드백 채널이 없는 구조이다. 따라서 압축기의 IR 패킷 혹은 압축 패킷에 대한 ACK 응답이 불가능하므로, 압축기는 오류를 방지하기 위해 주기적으로 IR 패킷을 전송하여 복원을 가능하게 한다.
- O-mode: 피드백 채널이 존재하는 양방향 전송 구조로, IR 패킷에 대한 ACK는 전송하나 압축 패킷에 대한 ACK는 전송하지 않으며, 복원 오류가 발생하는 경우에만 negative ACK (NACK)를 전송한다. 이는 피드백 채널의 활용을 최소화하여 압축 효율을 향상시키는 장점을 가진다.
- R-mode: 피드백 채널이 존재하는 양방향 전송 구조로, IR 패킷과 압축 패킷 모두에 대해 ACK 및 NACK를 전송한다. 피드백 채널을 최대한 활용하여 패킷 전송의 안정성 확보를 목적으로 하는 동작 모드이다.

<그림 2>는 ROHC 압축 프로토콜의 압축기와 복원기의 FSM 상태 변화에 따른 동작 예시도이다.

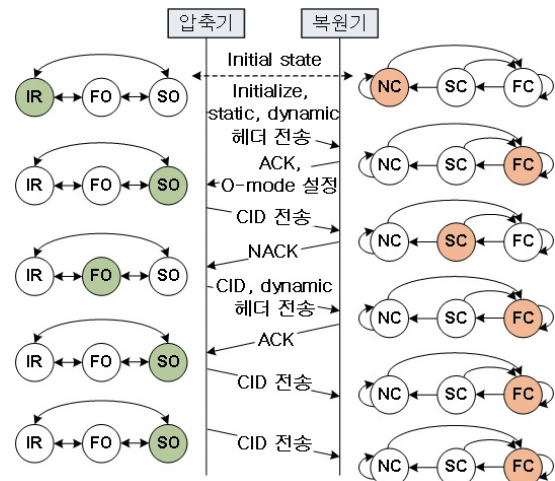


그림 2. ROHC 동작 예시도 [11]

압축기는 초기화(initialize) 작업을 수행하여 ROHC를 시작하고 헤더의 static 및 dynamic 필드를 context 할당한다. 복원기는 패킷을 수신하면 FC state로 전환하고 ACK를 전송하며, 이로부터 동작 모드는 O-mode로 설정된다. ACK를 수신하면 O-mode의 압축기는 SO state로 전환되며, 압축기는 다음 패킷의 압축 헤더로 context identifier (CID) 만을 전송한다. 복원기가 압축 패킷을 성공적으로 복원하지 못하는 경우, 복원기는 SC state로 전환하고 NACK를 전송하며, NACK를 수신한 압축기는 FO state로 전환하고 다음 전송하는 패킷은 dynamic header 필드와 CID를 포함한 헤더를 가진다. 이후 복원기가 패킷을 성공적으로 수신 및 복원하면 복원기는 FC state로 전환되고 ACK

로 이를 알리며, ACK를 수신한 압축기는 SO state로 전환되고 CID만을 헤더로 갖는 패킷을 전송한다. O-mode에서 매 패킷의 ACK를 수신하지 않아도 되므로, 이후 일련의 전송에 있어 압축기는 CID만을 헤더로 갖는 패킷을 전송하게 된다.

### 3. 6LoWPAN HC

6LoWPAN은 IP 및 상위 계층을 IEEE 802.15.4 frame에 적용하기 위한 기술이다. IEEE 802.15.4 프로토콜의 데이터 유닛은 81 바이트로, 이는 IPv6 패킷의 크기에 훨씬 못 미치는 작은 값이다. IPv6의 optional 헤더를 제외한 크기가 40 바이트이므로, 8 바이트의 UDP, 20 바이트의 TCP 헤더 크기를 감안하면 통신 데이터를 전송할 자원이 부족해지며, 이를 해결하기 위해 IETF의 6LoWPAN WG은 패킷 단편화 (fragmentation), 패킷 재조립 (reassembly), 헤더 압축 (header compression) 등의 방법을 개발하고 있다. 특히 패킷 단편화 및 재조립을 적용하는 경우 추가의 오버헤드를 요구하게 되므로 헤더 압축은 6LoWPAN에서 필수적으로 고려하는 사항이다.

LoWPAN 상에서 IPv6 패킷을 전송할 목적으로, RFC 4944에 6LoWPAN의 헤더 압축 기술인 HC가 정의되어 있다. 6LoWPAN HC는 UDP/IPv6 헤더를 최대 7 바이트까지 압축할 수 있으며, 압축된 패킷의 양식은 아래 그림과 같다.

6LoWPAN HC는 IPv6의 헤더를 압축하는 HC1과 UDP 헤더를 압축하는 HC2로 구성된다. 6LoWPAN HC는 통신 중에 상수로 유지되는 값, 통신 장치가 이미 알고 있는 정보, 다른 layer의 헤더에서 반복적으로 사용되는 정보(cross-layer redundancy)를 압축하는 방식으로 UDP/IP 헤더를 효율적으로 압축한다. 따라서 IPv6 헤더의 Version, Network Prefix, Traffic Class & Flow Label, Next Header, Payload Length, IID for source and destination 등의 필드가 생략 또는 2 비트의 작은 값으로 압축될 수 있다.

HC2는 UDP의 헤더 압축을 담당하고 있으며 HC1 헤더의 HC2 플래그가 on일 경우 UDP 압축을 위한 HC2 헤더가 추가된다. HC2 헤더는 UDP 포트가 well-known 포트 일 때 (61616-61631), 총 16 비트의 UDP 포트 필드를 4 비트로 압축

하는 것이 가능하다. 또한 UDP Length 필드는 IPv6 Payload Length 필드로부터 유도 가능하므로 생략할 수 있다. 따라서 위 기술(HC1, HC2)을 사용하여 UDP/IPv6의 헤더를 최대한으로 압축할 경우 link-local prefix를 포함한 대다수의 헤더 필드가 생략 및 압축되어 7 바이트까지 압축이 가능하다. 하지만 link local 범위를 벗어나거나 멀티캐스트를 사용하는 통신의 경우 cross-layer redundancy를 활용하기 어려우며 IPv6 주소의 suffix가 최소 64 비트로 전송되어야 하기 때문에 압축 효율이 감소한다. LoWPAN 범위를 벗어나는 통신의 경우 IPv6 근원지 주소의 prefix 및 목적지 주소의 full address를 필요로 하기 때문에 압축율이 더욱 감소한다.

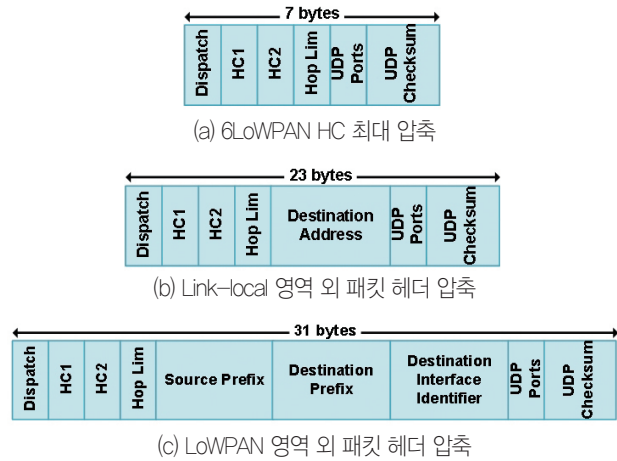


그림 4. 6LoWPAN HC의 압축 성능

이러한 문제를 해결하고 더욱 다양한 범위의 통신에서 효율적인 압축을 지원하기 위해 IETF 6LoWPAN WG는 LoWPAN의 모든 장치가 공유하는 state 정보인 Context를 활용하는 헤더 압축 기법으로 IPHC를 개발하였다. IPHC는 LoWPAN에 국한되지 않은 범위의 prefix를 지정하여 Context에 저장함으로써, Context를 가리키는 4 비트의 index로 IPv6 주소를 효율적으로 압축할 수 있는 특징이 있으며, 멀티캐스트 통신의 헤더 압축 또한 지원한다.

IPHC의 헤더는 <그림 5>와 같으며, IPHC의 헤더 타입임을 알리는 필드값 '011', Traffic Class 혹은 Flow Label 필드의 압축 여부를 알리는 TF, Hop Limits가 1, 255 등의 일반적인 경우일 경우 압축하고 이를 알리는 HLIM, default Context의 사용 여부를 알리는 CID 필드, 근원지 주소의 압축 여부를 알리는 SAC, SAM 필드, 멀티캐스트 및 유니캐스트 전송 여부를 가리키는 M 필드, 목적지 주소의 압축 여부를 나타내는 DAC, DAM 필드로 구성된다.

Dispatch	Source Address	Dest. Address	TF	Next Header	HC 2	IPv6 Hop Limit	Uncompressed Fields
01000010							

(a) 6LoWPAN HC1 헤더 양식

Src Port	Dst Port	Len	00000	Uncompressed Fields
----------	----------	-----	-------	---------------------

(b) 6LoWPAN HC2 헤더 양식

그림 3. 6LoWPAN HC 헤더 양식

011 TF NH HLIM CID SACSAM MDACDAM Uncompressed Fields

그림 5. IPHC 헤더 양식

IPHC는 UDP/IPv6 헤더를 6 바이트까지 압축 가능하고, 멀티 캐스트 전송의 경우 Well-known multicast address에 group ID를 지정하는 방식으로 7 바이트까지 헤더 압축 가능하다. LoWPAN 범위를 벗어나는 전송의 경우 Context 기반의 압축으로 9~10 바이트 수준의 헤더 압축 성능을 보인다.

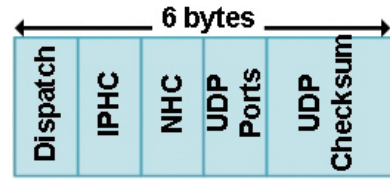
#### 4. 주요 헤더 압축 프로토콜 성능 분석

IoT 를 위한 주요 헤더 압축 프로토콜 PHS, 6LoWPAN HC, ROHC의 특징 및 장단점은 아래 표와 같이 요약할 수 있다.

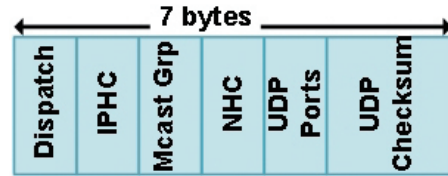
표 1. 헤더 압축 프로토콜 비교 분석

	PHS	ROHC	6LoWPAN HC
개발 년도	2004	2007	2007
표준	IEEE 802.16-2004	IETF RFC 3095	IETF RFC 4944
특징	이전 패킷 대비 변화한 부분만을 바이트 단위로 압축 전송	압축기와 복원기의 FSM을 3 단계로 세분화하여 압축을 조정	cross-layer redundancy를 고려하여 압축
장점	비교적 간단한 구현 가능	불안정한 채널 상황에서 패킷 압축 및 복원을 이 뛰어남	낮은 구현 복잡도로 망 내에서 높은 압축 효율을 보임
단점	패킷 헤더가 자주 변화하는 상황에서 압축 효율 감소	압축, 복원 단계와 전송모드의 다양화로 인한 구현 복잡도 증가	통신 범위에 따라 cross-layer 헤더 필드간 redundancy가 적어지는 경우 압축 효율 감소

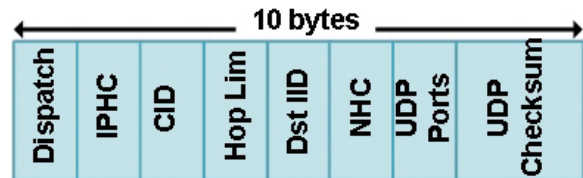
PHS는 압축 프로토콜의 구현 복잡도가 낮으나 채널 상황이 좋지 않을 경우 여러 복구가 힘든 단점이 있다. PHS는 이전에 전송된 패킷의 헤더에서 변화한 부분을 추가 전송하는 방식으로 압축 이득을 얻으므로, 연이은 전송 시퀀스에서 필드 값이 변화하는 정도에 따라 압축 이득이 달라질 수 있다. ROHC는 채널 상황을 고려한 압축 단계의 세분화로 채널이 좋지 않은 경우에도 압축 성능을 보장하는 장점이 있으며, 동작 모드 또한 세분화하여 채널상황을 고려한 안정성 보장이 가능하다. 무선 통신의 경우 계산 복잡도 및 처리 능력에 대한 비용보다 무선



(a) 6LoWPAN IPHC 최대 압축



(b) 멀티캐스트 전송의 헤더 압축



(c) LoWPAN 영역 외 패킷 헤더 압축

그림 6. 6LoWPAN IPHC의 압축 성능

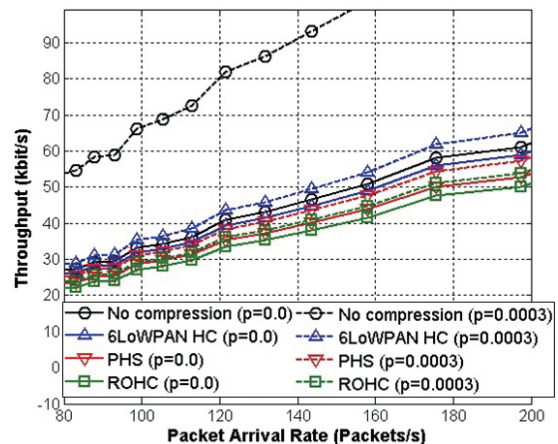


그림 7. 압축 헤더에 따른 성능 분석

대역 사용 비용이 높은 경우가 많아 무선 환경에서 특히 적합한 압축 프로토콜이며, 현재 LTE 네트워크에서 활용되고 있다. 6LoWPAN에서 사용하는 헤더 압축 알고리즘은 이미 알고 있는 정보가 중복하여 사용되는 경우 이를 생략하며, 다른 layer의 헤더에서 반복적으로 사용되는 부분을 생략함으로써 전송에 필요한 데이터 양을 줄이는 알고리즘이다. 6LoWPAN의 헤더 압축 알고리즘은 이해하기 쉽고 확장 적용하기 쉬운 장점이 있으며, 무선 환경에 따른 패킷 손실을 고려하지 않아 통신 환경에 적응적인 압축 데이터 전송이 불가능한 단점이 있다.

<그림 7>은 헤더 압축 기술들의 성능을 비교하기 위해 UDP/IP 헤더에 압축 프로토콜을 적용한 성능 분석 그래프이다. 헤

더 압축 프로토콜인 6LoWPAN HC, PHS, ROHC의 성능을 비교 분석하기 위해 BER의 변화( $p=0$ ,  $p=0.0003$ )에 따라 각각의 압축 프로토콜이 갖는 대역폭 사용량을 비교 분석하였다. 비압축 패킷 대비 압축된 패킷의 패킷 크기 감소량을 압축 이득이라 정의할 때, 시뮬레이션 분석 결과 채널 에러가 존재하지 않는 환경에서 6LoWPAN HC, PHS, ROHC 압축 프로토콜의 성능은 각각 3.82%, 13.7%, 18.16%의 압축 이득을 보이며, 채널 에러가 존재하는 환경( $BER=0.0003$ )에서 6LoWPAN HC, PHS, ROHC 프로토콜은 각각 46.81%, 53.15%, 55.94%의 압축 이득을 보인다.

## IV. 결론

본 논문은 IoT 네트워크 환경에서 다수의 노드간 효율적인 데이터 전송을 지원하기 위한 필수 기술인 패킷 헤더 압축 기술의 개발 동향을 제시하였다. 또한, 모바일 와이맥스, LTE, 6LoWPAN에서 사용되는 대표적인 헤더 압축 기술인 PHS, ROHC, 6LoWPAN HC, IPHC의 동작원리를 분석하고 각 기술의 장단점을 비교하였다.

IoT 및 u-Office를 위한 패킷 압축 프로토콜은 높은 압축율로 인한 전송의 효율을 제공하는 것도 중요하지만 에러에 대한 대응 능력, 무선의 불안정한 채널 상황에서의 안정적인 압축 및 복원 능력, 멀티캐스트 전송 등 통신 범위의 변화에 대응하는 압축 능력 등을 종합적으로 고려하여야 한다.

## Acknowledgement

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 대학IT 연구센터육성 지원사업/IT융합고급인력과정지원사업(NIPA-2014-H0301-14-1015)과 정보통신기술연구진흥센터의 정보통신·방송연구개발사업[13-911-05-002, 다양한 IoT 서비스를 위한 액세스 네트워크 제어 기술]의 일환으로 수행하였음.

## 참고 문헌

[1] Cisco Visual Networking Index (2013, Feb.), Global Mobile Data Traffic Forecast Update, Cisco, San Jose, CA. [Online]. Available: [http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white\\_paper\\_c11-520862.html](http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white_paper_c11-520862.html)

- [2] IEEE Std. 802.16-2009, IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks, part 16, "Air Interface for Broadband Wireless Access Systems," IEEE Press, May 2009.
- [3] C. Borman et al., "RObust Header Compression (ROHC): Framework and Four Profiles: RTP, UDP, ESP, and Uncompressed," IETF RFC 3095, July 2001.
- [4] G. Montenegro, et al., "Transmission of IPv6 Packets over IEEE 802.15.4 Networks," IETF RFC 4944, Sep. 2007.
- [5] J. Hui and P. Thubert, "Compression Format for IPv6 Datagrams over IEEE 802.15.4-Based Networks," IETF RFC 6282, Sep. 2011.
- [6] D. Farber, G. Delp, and T. Conte, "A Thinwire Protocol for Connecting Personal Computers to the Internet," IETF RFC 914, Sep. 1984.
- [7] V. Jacobson, "Compressing TCP/IP Headers," IETF RFC 1144, Feb. 1990.
- [8] M. Degermark, B. Nordgren, and S. Pink, "IP Header Compression," IETF RFC 2507, Feb. 1999.
- [9] S. Casner and V. Jacobson, "Compressing IP/UDP/RTP Headers for Low-Speed Serial Links," IETF RFC 2508, Feb. 1999.
- [10] B. G. Lee and S. Choi, Broadband Wireless Access and Local networks: Mobile WiMAX and WiFi, Artech House, 2008.
- [11] E. Ertekin and C. Christou, "Internet Protocol Header Compression, Robust Header Compression, and Their Applicability in the Global Information Grid," IEEE Commun. Mag., vol. 42, no. 11, pp. 106-116, Nov. 2004.

## 약 력



한 동 혁

2009년 연세대학교 공학 학사  
2009년~현재 연세대학교 대학원 전기전자공학부 석·박사 통합 과정  
2009년~현재 연세대학교 통신네트워크 연구실 연구원  
관심분야: 핸드오버, 라우팅, 6LoWPAN



조 성 응

2011년 연세대학교 공학 학사  
2011년~현재 연세대학교 대학원 전기전자공학부 석·박사 통합 과정  
2011년~현재 연세대학교 통신네트워크 연구실 연구원  
관심분야: QoS 스케줄링, 무선 네트워크, 저전력 임베디드 시스템



하 태 영

2012년 연세대학교 공학 학사  
2012년~현재 연세대학교 대학원 전기전자공학부 석·박사 통합 과정  
2012년~현재 연세대학교 통신네트워크 연구실 연구원  
관심분야: IoT, 스마트기기, 소모전력개선



신 성 진

2011년 연세대학교 공학 학사  
2011년~현재 연세대학교 대학원 전기전자공학부 석·박사 통합 과정  
2011년~현재 연세대학교 통신네트워크 연구실 연구원  
관심분야: 핸드오버, WLAN, Bluetooth



정 종 문

1992년 연세대학교 공학 학사  
1994년 연세대학교 공학 석사  
1999년 펜실베이니아 주립대학교 전기공학 박사  
1997년~1999년 펜실베이니아 주립대학교 조교수  
2000년~2004년 오클라호마 주립대학교 조교수  
2004년~2005년 오클라호마 주립대학교 부교수(정년보장)  
2000년~2005년 미국 OCLNB 연구소 소장  
2000년~2005년 미국 국방부(US DoD)연구책임자  
2005년~현재 연세대학교 전기전자공학부 교수  
관심분야: IoT, M2M, 위성통신, 이동통신, 스마트폰 설계, MANET, VANET