

## OSMU N-스크린 서비스를 위한 WiMedia D-MAC에서 멀티캐스트 릴레이 전송 기술의 성능 분석

허경\*

### Performance Analysis of Multicast Relay Transmissions in WiMedia D-MAC for OSMU N-Screen Services

Kyeong Hur\*

Department of Computer Education, Gyeongin National University of Education, Anyangsi 13910, Korea

#### 요약

본 논문에서는 OSMU (One Source Multi Use) N-스크린 멀티캐스트 서비스를 위한 무선 통신 MAC 구조로서, WiMedia Distributed-MAC 프로토콜을 적용하였다. 그러나, 채널 에러율이 가변적인 무선 통신환경을 고려하면, N-스크린 고속 데이터가 손실될 가능성이 높다고 할 수 있다. 이러한 문제에 대해, WiMedia Distributed-MAC 프로토콜을 분석하여, 멀티캐스트 릴레이 기술을 제안하였다. 제안하는 멀티캐스트 릴레이 기술은 Multicast-free DRP Availability IE 기술과 결합되어, 멀티캐스트 통신에 대해 릴레이노드를 선정하고 에러율이 높은 채널을 회피하여 통신할 수 있다. 시뮬레이션을 통해 제안하는 멀티캐스트 릴레이 기술과 기존 WiMedia Distributed-MAC 멀티캐스트 기술을 멀티캐스트 노드 수에 따라 수율과 에너지 소모량을 비교 하였고, 다양한 BER (Bit Error Rate) 채널 환경에서 수율 성능을 비교하였다. 이를 통해, OSMU N-스크린 멀티캐스트 서비스에서 멀티캐스트 릴레이 기술이 적용되어야 함을 설명하였다.

#### ABSTRACT

In this paper, WiMedia Distributed-MAC protocol is adopted for development of an OSMU (One Source Multi Use) N-screen wireless multicast service. But, when considering wireless communication environment where channel error rate is time-variant, N-screen high-speed data is vulnerable to be lost. For this problem, a multicast relay scheme is proposed by analyzing Distributed-MAC protocol. In proposed multicast relay scheme, Multicast-free DRP Availability IE is combined and the relay node suitable for N-screen multicast transmissions is selected. Through this operation, it can avoid wireless channel with high errors and can transmit N-screen high-speed data. In simulation results, the proposed multicast relay scheme is compared with conventional Distributed-MAC multicast scheme in view points of throughput and energy consumption according to various numbers of multicast nodes and BER (Bit Error Rate) values in wireless channel. Through simulation results, it is explained that proposed multicast relay scheme should be adopted in WiMedia Distributed-MAC protocol to realize OSMU N-screen wireless multicast services.

**키워드** : N-스크린, 홈네트워크, WiMedia, 멀티캐스트, 무선 MAC

**Key word** : N-screen, Home Networks, WiMedia, Multicast, Wireless MAC

Received 13 September 2016, Revised 21 September 2016, Accepted 07 October 2016

\* Corresponding Author Kyeong Hur (E-mail: khur@ginue.ac.kr, Tel:+82-31-470-6292)

Department of Computer Education, Gyeongin National University of Education, Anyangsi 13910, Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkice.2016.20.12.2267>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.  
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

## I. 서 론

N-스크린 멀티캐스트란 그림 1과 같이, 공통된 운영 체제를 탑재한 다양한 단말기에서 공통된 콘텐츠를 끊임없이 이용할 수 있는 서비스를 의미한다. 초기에는 하나의 콘텐츠를 다수의 기기에서 연속적으로 볼 수 있는 OSMU (One Source Multi Use) 서비스로 한정되었으나, 최근에는 콘텐츠를 중심으로 다양한 정보를 인터랙티브하게 접할 수 있는 ASMD (Adaptive Source Multi Device) 서비스를 N-스크린 서비스의 최종 목표로 한다. 즉, N-스크린 서비스는 다양한 이동성, 스크린 크기, 화질 등의 특성을 갖는 단말에서 직렬적인 사용자 활동을 끊임없이 지원할 뿐만 아니라, 병렬적인 사용자 활동을 위한 서로 다른 스크린 단말간의 서비스의 분할 및 결합 등의 상호작용을 통해 방송, 통신 그리고 웹이 융합된 새로운 서비스를 제공하는 것까지 포함한다[1-3].



Fig. 1 N-screen Multicast services

서비스와 콘텐츠에 대한 끊임 없는 이동성 (Seamless Mobility)의 제공을 위한 무선 통신 기술은 N-스크린 서비스의 주요 핵심기술이다. 특히, 홈 및 오피스 네트워크는 맥내 케이블 배선의 문제 해결과 단말기의 이동성 부여를 위하여 점차 무선화되고 있는 추세이며, 이 경우 무선채널의 높은 에러율 및 단말의 이동 등으로 인하여 유무선 중단 간 끊임없는 Seamless QoS의 보장은 더욱 어려운 문제가 된다.

WiMedia Alliance는 WPAN을 위한 UWB 기반의 D-MAC (Distributed Medium Access Control) 프로토콜을 표준화하였다[4]. D-MAC 프로토콜에서는 디바이스간의 동기화, 패킷 송수신, 채널 예약 정보 교환의 목

적으로 각 노드는 자신의 비컨을 방송하며, 각 비컨에는 IE (Information Element) 필드들이 포함된다. 이러한 IE는 제어 및 관리 정보를 포함한다. 이러한 D-MAC의 분산적인 구조는 탁월한 Seamless 이동성 지원과 편리한 네트워크 확장을 가능하게 하며 높은 오류 내성 (Error Tolerance)을 갖는다[4, 5].

이에 본 논문에서는 OSMU N-스크린 멀티캐스트 서비스를 위한 무선 통신 MAC 구조로서, WiMedia D-MAC 프로토콜을 적용하였다. 그러나, 채널 에러율이 가변적인 무선 통신환경을 고려하면, N-스크린 고속 데이터가 손실될 가능성이 높다고 할 수 있다. 이러한 문제에 대해, WiMedia D-MAC 프로토콜을 분석하여, 멀티캐스트 릴레이 기술을 제안하였다. 제안하는 멀티캐스트 릴레이 기술은 Multicast-free DRP Availability IE 기술과 결합되어, 멀티캐스트 통신에 대해 릴레이노드를 선정하고 에러율이 높은 채널을 회피하여 통신할 수 있다. 2장에서는 WiMedia D-MAC의 멀티캐스트 통신 메커니즘을 설명하고, 3장에서는 N-스크린 서비스를 위한 효율적인 멀티캐스트 릴레이 기술을 제안한다. 4장과 5장에서는 시뮬레이션 결과 및 성능분석과 결론을 제시한다.

## II. WiMedia D-MAC의 멀티캐스트 통신 메커니즘

그림 2의 WiMedia D-MAC은 비동기 트래픽과 실시간 트래픽 모두의 QoS를 제공하기 위한 매체 접근 방법으로 예약 기반 Distributed Reservation Protocol (DRP) 과 경쟁기반 Prioritized Channel Access (PCA) 방식을 사용한다[4].

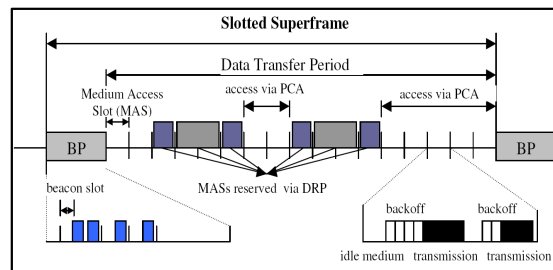


Fig. 2 Superframe Structure of WiMedia MAC protocol

WiMedia D-MAC은 슈퍼프레임이라는 시간 단위로 동작하며, 슈퍼프레임은 Medium Access Slot (MAS)이라는 다수의 타임슬롯들로 구성된다. 슈퍼프레임은 256개의 MAS들로 구성된다. 하나의 슈퍼프레임은 BP (Beacon Period)와 DTP(Data Transfer Period)로 나누어진다. 다른 MAC 프로토콜과 달리 D-MAC의 BP는 여러 디바이스가 자신의 Beacon frame을 전송할 수 있도록 여러 개의 작은 Beacon 타임슬롯으로 나뉘어져 있다[4].

DRP Availability IE는 현재 슈퍼프레임에서 모든 1홉 거리 이웃 디바이스들이 예약하여 사용하고 있는 MAS 슬롯들의 상황을 나타낸다. DRP Availability IE의 비트맵 필드는 256 비트의 길이를 갖고, 1 비트는 하나의 MAS 슬롯을 나타낸다. 만약 임의의 MAS 슬롯이 자신의 디바이스로부터 1홉 범위 내에 있는 DRP 예약에서 예약 가능하면 해당 비트를 1로 설정하며, 그렇지 않으면, 0으로 설정한다. 이러한 DRP Availability IE는 자신과 1홉 거리의 모든 이웃 디바이스들로부터 수신된 DRP IE들을 결합하여 생성한다. DEV A가 DEV B로부터 DRP Availability IE를 수신하는 경우는 DEV A가 자신으로부터 2홉 범위 내 디바이스들의 DRP 예약 상황 정보를 수신하는 것을 의미한다.

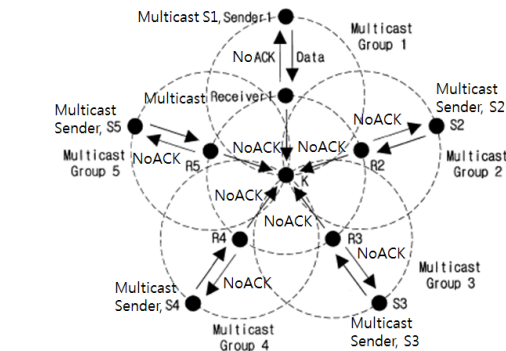


Fig. 3 Multicast communication Topology

그림 3에서 기준 D-MAC 디바이스 K와 1홉 거리에 5개의 디바이스들이 존재하고, 각 1홉 거리 디바이스 R1, R2, R3, R4 및 R5 디바이스는 멀티캐스트 송신 디바이스 S1, S2, S3, S4 및 S5와 DRP 예약을 실시하여 멀티캐스트 데이터를 수신하고 있다. 표 1은 그림 3의 D-MAC 멀티캐스트 기술에서 수정된 Owner 비트를 나타낸다. Owner 필드가 2 비트로 확장되어, DRP IE

를 전송하는 D-MAC 디바이스의 4가지 상태를 나타낸다. 이러한 4가지 디바이스 상태는 1홉 거리의 디바이스들로부터 수신되는 비컨 내부의 DRP IE들로부터 알 수 있다. 따라서, 가용한 멀티캐스트 DRP 구간을 표기하는 Multicast-free DRP Availability IE가 요구되며, Multicast-free DRP Availability IE의 포맷은 DRP Availability IE와 동일하다. 그림 4는 Multicast-free DRP Availability IE의 생성 과정을 설명한 것이다.

Table. 1 Multicast DRP IE Owner/Target Field

Owner/Type field (b10-b11, 2bits)	Information
11	Sender (Unicast)
10	Sender (Multicast)
01	Receiver (Unicast)
00	Receiver (Multicast)

수신된 DRP IE들 중에 멀티캐스트 DRP 리시버 통신이 존재하면, Multicast-free DRP Availability IE 정보는 DRP Availability IE 정보와 다르게 되고, 예약 가능한 MAS 구간이 DRP Availability IE 보다 증가하게 되고, 그렇지 않은 경우에는 예약 가능한 MAS 구간이 DRP Availability IE와 동일하게 된다.

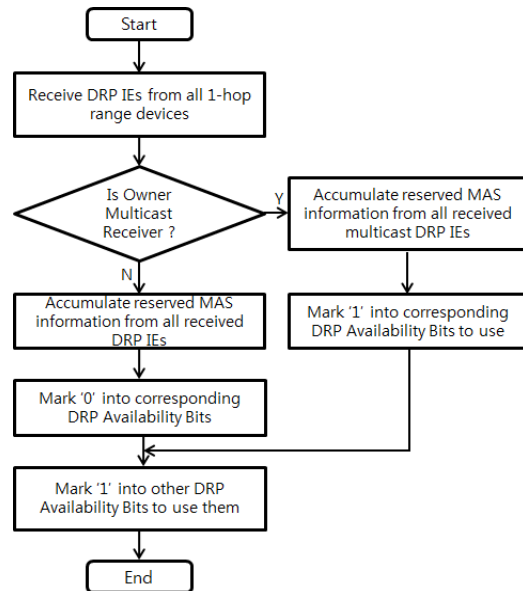


Fig. 4 Generation procedure of Multicast-free DRP Availability IE

WiMedia D-MAC 시스템에서의 멀티캐스트 DRP 구간 충돌 방지 및 예약 구간 설정 방법을 설명한다. 우선, 송신측 DRP Owner는 DRP Target으로부터 Multicast-free DRP Availability IE를 수신한다. 그리고 수신한 Multicast-free DRP Availability IE 내의 가용성 비트맵을 통해 가용한 MAS들을 확인하고, 이를 자신의 Multicast-free DRP Availability IE를 통해 확인한 가용 MAS들과 비교한다. 그 다음 DRP Owner는 DRP Target과 공통되는 가용한 MAS가 존재하는 경우, 해당 MAS 구간을 할당하고 해당 구간을 표기한 DRP IE를 생성하여 DRP Target에게 전송하고, DRP Target과 DRP 예약이 성공적으로 종료된 후, 자신의 Multicast-free DRP Availability IE를 갱신한다. 한편, DRP Target의 가용한 MAS 구간과 자신의 가용한 MAS 구간에서 공통되는 가용한 MAS들이 존재하지 않는 경우에는 해당 슈퍼프레임에서의 DRP MAS 할당 절차를 종료한다.

### III. N-스크린 서비스를 위한 효율적인 멀티캐스트 릴레이 기술 설계

Link Feedback IE에는 여러 송신 디바이스들에 대해 수신 디바이스가 추천하는 송신 디바이스의 PHY 데이터 전송률과 송신 전력 레벨에 관한 정보가 담기게 된다. Link Feedback IE의 포맷과 Link 필드 포맷은 표 2 및 표 3과 같다. Link 필드 포맷에서 DevAddr는 피드백을 제공하는 송신 디바이스 주소를 나타낸다.

**Table. 2** Link Feedback IE format

octets:1	1	3	...	3
Element ID	Length (=3xN)	Link 1	...	Link N

**Table. 3** Link Field format

bits: b23-b20	b19-b16	b15-b0
Data Rate	Transmit Power Level Change	DevAddr

이웃 디바이스들에 대한 정보를 얻은 후에, 최소의 릴레이 전송 시간을 제공하는 최적의 이웃 디바이스를 결정할 필요가 있다. 표 4는 경로별 전송 지연 시간을 계

산하는 데 사용되는 수식에 대해 설명한다. Direct transmission의 경우, source와 target 디바이스이어야 하며 source와 target 디바이스 간 PHY 데이터 전송률이 사용되어야 한다. 반면에 릴레이 전송 시간은  $T_{S-R}$  과  $T_{R-T}$ 의 합이 된다. 만약 Relay transmission time이 Direct transmission time보다 짧다면, source 디바이스는 수율 극대화 관점에서 Relay transmission이 적합하다고 판단하며, 따라서 Relay transmission을 실행한다. 이때, N-스크린 멀티캐스트 전송의 경우 No ACK 방식이므로, 이 경우 예상되는  $T_{relay}$ ,  $T_{direct}$  값들이 식(1)과 같이 도출되며,  $T_{relay} < T_{direct}$  조건이 릴레이노드를 선택하는 기준이 된다[6-8]. 이 기준을 만족하는 릴레이 노드를 선택하여, 그림 4에서 설명된 N-스크린 멀티캐스트 릴레이 전송을 위한 Multicast-free DRP 예약 구간을 설정한다.

$$\begin{aligned}
 T_{direct} &= \frac{N_f \cdot L_h}{R_{min}} + \frac{N_f \cdot L_p}{R_{S-T}} + (N_f - 1) \cdot T_{MIFS} + T_{SIFS} \\
 T_{relay} &= 2 \cdot \frac{N_f \cdot L_h}{R_{min}} + \frac{N_f \cdot L_p}{R_{S-R}} + \frac{N_f \cdot L_p}{R_{R-T}} \\
 &\quad + 2(N_f - 1) \cdot T_{MIFS} + 2T_{SIFS} \\
 T_{direct} &= T_{S-T}, T_{relay} = T_{S-R} + T_{R-T}, \\
 &\quad T_{relay} < T_{direct} \tag{1}
 \end{aligned}$$

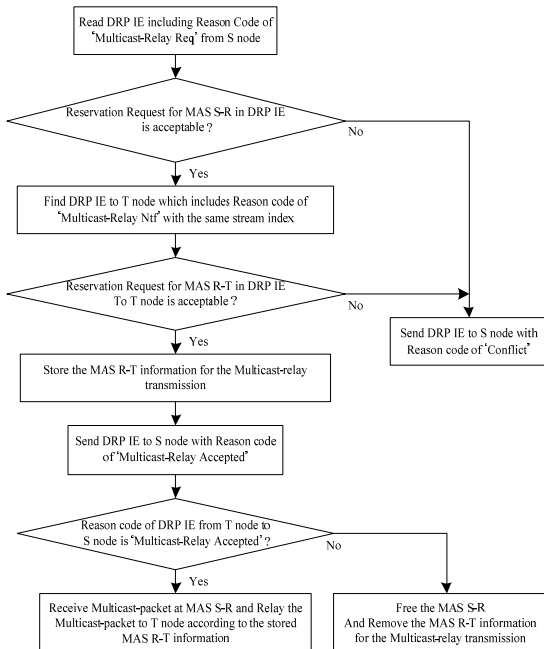
**Table. 4** Variables in Multicast relay node selection

Variable	Information
$T_{direct}$	Direct transmission delay between sender and target nodes
$T_{relay}$	Relay transmission delay between sender and target nodes
$T_{S-R}$	Transmission delay between sender and relay nodes
$T_{R-T}$	Transmission delay between relay and target nodes
$R_{S-R}$	Data transmission rate between sender and relay nodes
$R_{R-T}$	Data transmission rate between relay and target nodes
$R_{S-T}$	Data transmission rate between sender and target nodes
$T_{MIFS}, T_{SIFS}$	Time length of MIFS and SIFS
$R_{min}$	Basic WiMedia PHY data rate
$N_f$	Number of transmitted data frames
$L_h$	MAC header size
$L_p$	MAC frame payload size

**Table. 5** Reason codes of Multicast relay DRP

code	Information
Multicast Relay Req	Sender requested multicast relay transmission to relay node.
Multicast Relay Ntf	Relay node permitted multicast relay transmission to target node.
Multicast Relay Accepted	Relay node and target node permitted the multicast relay transmission.

본 논문에서 제안할 N-스크린 멀티캐스트 릴레이 DRP는 기존 WiMedia D-MAC과 호환되기 위해 앞서 설명한 WiMedia D-MAC 프로토콜을 준수한다. 멀티캐스트 릴레이 DRP는 표준 DRP 프로토콜 [4]의 예약상세상태코드 (Reason Code) 중 미사용 (reserved)인 세 개의 코드 포인트를 이용하여 D-MAC 프로토콜에서의 멀티캐스트 릴레이 통신을 지원한다. 추가로 사용될 세 개의 예약상세상태코드 (Reason Code)는 표 5와 같다. 멀티캐스트 릴레이요청 ('Multicast-Relay Req') 예약상세상태코드는 예약 주체 노드가 멀티캐스트 릴레이 노드에게 Multicast DRP 예약을 요청하기 위해 전송한다.

**Fig. 5** Operation of relay node for multicast relay DRP

멀티캐스트 릴레이 통보('Multicast-Relay Ntf') 예약상세상태코드는 멀티캐스트 릴레이요청('Multicast-Relay Req') 예약상세상태코드를 통해 요청한 자원이 릴레이 노드에 의해 승인될 경우, 예약 주체 노드(S node)가 예약 대상 노드(T node)에게 릴레이 노드(R node)를 통해 예약 대상 노드로 데이터가 멀티캐스트 릴레이 전송될 것을 통보하기 위해 사용한다. 멀티캐스트 릴레이요청 ('Multicast-Relay Req') 예약상세상태코드를 수신한 릴레이 디바이스와 멀티캐스트 릴레이통보 ('Multicast-Relay Ntf') 예약상세상태코드를 수신한 예약 대상 디바이스(T node)가 해당 멀티캐스트 릴레이 전송을 승인하는 경우에만 멀티캐스트 릴레이승인 ('Multicast-Relay Accepted') 예약상세상태코드를 전송한다. 따라서 두 노드 모두 멀티캐스트 릴레이승인 예약상세상태코드로 DRP 구간을 예약한 경우에만 그림 5와 같이 멀티캐스트 릴레이 전송이 실행된다.

#### IV. 성능 분석

N-스크린 멀티캐스트 릴레이 DRP 방식의 성능 분석을 위해, WiMedia D-MAC PHY/MAC 변수 값들을 반영한 NS-2 시뮬레이션 환경을 구성했다[2-4]. 10m\*10m의 범위 내에 랜덤하게 분포한 디바이스들을 가정하고, -41.25dBm/MHz의 고정 전송 전력과 2048 byte 크기의 패킷 전송을 고려하였다.

그림 6은 N-스크린 멀티캐스트 노드 수에 따른 수율 성능의 변화를 나타낸다. 제안한 멀티캐스트 릴레이 DRP의 성능이 기존 멀티캐스트 DRP 방식에 비해 우수한 성능을 보이며, 멀티캐스트 노드 수의 증가에 따라 보다 향상된 성능을 보인다. 이는 멀티캐스트 노드의 수가 증가하고 채널 환경에 따라 각 멀티캐스트 노드 간 통신에 장애가 발생하는 경우 멀티캐스트 릴레이 DRP를 통한 멀티캐스트 릴레이 전송을 수행하여 각 노드 간 송수신 수율을 향상시키는 것으로 판단된다. 또한, 배치된 디바이스의 수가 증가함에 따라 멀티캐스트 릴레이 기술의 수율이 향상되는 사실 또한 확인할 수 있다. 이는 디바이스의 증가에 따라 더 많은 디바이스가 relay 디바이스 역할을 할 수 있기 때문이다.

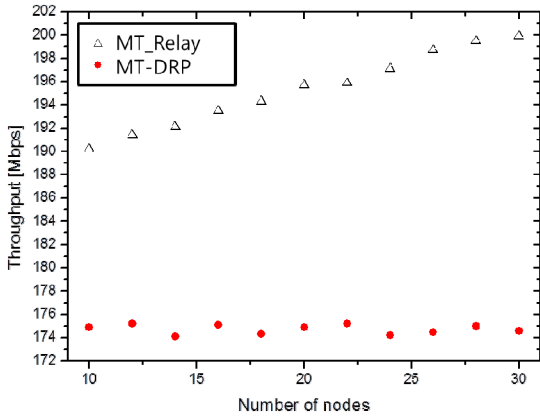


Fig. 6 Throughput of multicast relay at each number of nodes

그림 7은 20개의 노드가 존재하는 경우 채널 환경에 따른 수율의 변화를 보여준다. 채널 환경이 악화됨에 따라 수율 성능은 저하되지만, 제안한 멀티캐스트 릴레이 DRP의 경우 기존 멀티캐스트 DRP 방식에 비해 성능 저하 정도가 덜하다. 멀티캐스트 릴레이 DRP 방식에 대한 성능의 BER (Bit Error Rate)  $10^{-4}$ ~ $10^{-3}$  구간을 살펴보면, 이전 구간에 비해 성능 저하의 정도가 다소 심해짐을 관찰할 수 있다. 이는 모든 디바이스들 간의 채널 환경이 열화됨에 따라 릴레이 전송을 통해서도 안정적인 채널을 획득하지 못하게 되고, 이로 인해 멀티캐스트 릴레이 DRP 방식의 수율도 기존 멀티캐스트 DRP 방식과 유사하게 저하되는 것이다.

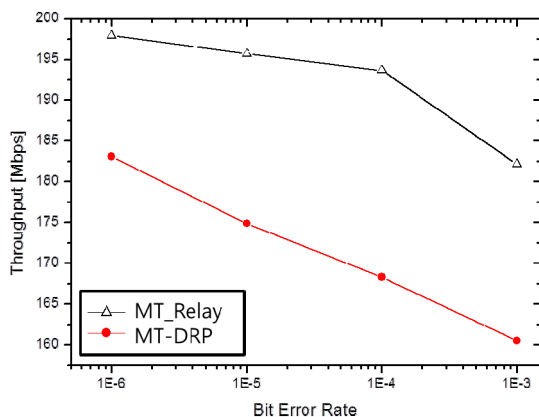


Fig. 7 Throughput of multicast relay at each channel BER

Relay transmission의 경우, 멀티캐스트 릴레이에서 No-ACK 방식을 고려하면, source 디바이스는 relay 디바이스로 data frame을 전송한 후에 sleep 할 수 있다. 따라서 에너지 소모를 줄이는 데 효과가 있다. 에너지 절약율을  $E_{MT\_Relay}/E_{MT}$ 로 정의한다. 여기서  $E_{MT\_Relay}$ 와  $E_{MT}$ 는 각각 멀티캐스트 Relay transmission과 멀티캐스트 Direct transmission에서의 에너지 소모량을 나타낸다.

그림 8은 에너지 소모량의 비를 도시한 것이다. 제안한 멀티캐스트 릴레이 DRP 방식이 기존 멀티캐스트 DRP 방식에 비해 에너지 소모 측면에서도 우수한 성능을 보이며, 노드의 수가 증가함에 따라 제안한 방식의 에너지 소모량이 보다 감소함을 알 수 있다. 이는 N-스크린 인프라 노드의 수가 증가됨에 따라 채널 환경에 따라 각 노드 간 통신에 장애가 발생하는 경우, 멀티캐스트 릴레이 DRP를 통해 보다 좋은 채널로 멀티캐스트 릴레이 전송을 수행하여 각 노드 간 송수신 성능을 향상시키고, 여러 멀티캐스트 릴레이 노드가 서로 릴레이 역할을 분담하여 수행함으로써 전체적인 에너지 소모량을 감소시키는 것으로 판단된다.

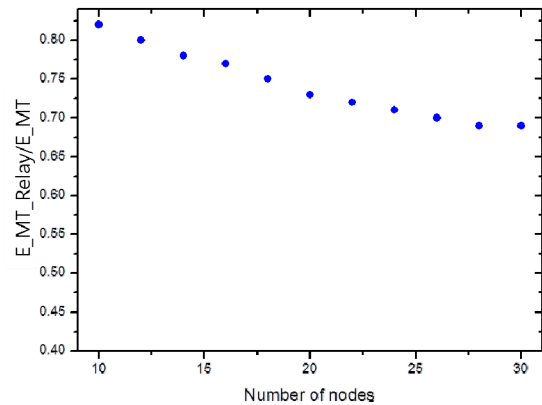


Fig. 8 Energy consumption of multicast relay at each number of nodes

## V. 결론

본 논문에서는 OSMU N-스크린 멀티캐스트 서비스를 위한 무선 통신 MAC 기술로, 멀티캐스트 릴레이 기술을 제안하고 성능을 분석하였다. 시뮬레이션 결과를

통해 제안한 멀티캐스트 릴레이 DRP 방안을 적용한 경우, 노드 수에 따른 수율 성능에서는 8.1%~13.9%, BER 채널 환경에 따른 수율 성능에서는 7.4%~12.9%, 노드 수의 증가에 따른 에너지 소모량 비교에서는 16.8%~30.7% 정도로 제안한 멀티캐스트 릴레이 DRP 방식이 기존 멀티캐스트 DRP 방식에 비해 성능이 향상됨을 확인하였다. 그리고 제안된 방식은 표준 WiMedia D-MAC과도 상호 호환될 수 있으므로 기 설치된 N-스크린 멀티캐스트 시스템과의 연동 시에도 별도의 시스템 수정 없이 적용 가능하다.

## REFERENCES

- [1] C. Yoon, T. Um, and H. Lee, "Classification of N-Screen Services and its standardization," in *Proceeding of IEEE 2012 14th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)*, pp. 597-602, Feb. 2012.
- [2] J. K. Woo, and F. Ullah, "Dynamic addition and deletion of device in N-screen environment," in *Proceedings of Fourth international conference on ubiquitous and future networks (ICUFN 2012)*, pp. 118-122, 2012.
- [3] J. Lee, K. Lim, H. Kahng, J. Park, and K. Lee, "A hybrid transmission scheme for multiple IPTV streams in UWB bridged networks," in *Proceedings of IEEE ICOIN 2009*, pp. 21-24, 2009.
- [4] WiMedia MAC Release Specification 1.5 [Internet]. Available: <http://www.wimedia.org/en/specs.asp?id=specs>.
- [5] V. M. Vishnevsky, A. I. Lyakhov, A. A. Safonov, S. S. Mo, and A. D. Gelman, "Study of Beaconing in Multi-Hop Wireless PAN with Distributed Control," *IEEE Transactions on MOBILE COMPUTING*, vol. 7, no. 1, pp. 113-126, Jan. 2008.
- [6] P. Liu, Z. Tao, S. Narayanan, T. Korakis, and S. Panwar, "CoopMAC: A Cooperative MAC for Wireless LANs," *IEEE Journal of Selected Areas in Communications*, vol. 25, no. 2, pp. 340-354, Feb. 2007.
- [7] A. Nosratinia, T. Hunter, and T. Hedayat, "Cooperative Communication in Wireless Networks," *IEEE Communications Magazine*, vol. 42, no. 10, pp.74- 80, Oct. 2004.
- [8] S. Wie and J. Jang, "Distributed Mobility Management Strategy with Pointer Forwarding Technique," *Journal of Information and Communication Convergence Engineering*, vol. 13, no. 4, pp. 248-256, Dec. 2015.



허경(Kyeong Hur)

1998년 고려대전자공학과 학사  
 2000년 고려대전자공학과 석사  
 2004년 8월 고려대 전자공학과 통신공학 박사  
 2004년 8월 ~ 2005년 8월 삼성종합기술원(SAIT)전문연구원  
 2005년 9월 ~ 현재 경인교대 컴퓨터교육과 교수  
 ※관심분야 : 통신시스템설계, 상황인지기술, 퍼지컬 컴퓨팅교육