

## Seamless N-스크린 서비스를 위한 WiMedia D-MAC에서의 효율적인 멀티캐스트 전송 기술

허경\*

### Efficient Multicast Transmission Scheme in WiMedia D-MAC for Seamless N-Screen Services

Kyeong Hur\*

Department of Computer Education, Gyeongin National University of Education, 430-040 San 6-8,  
Seoksu-Dong, Manan-Gu, Anyang-si, Gyeonggi-Do, Korea

#### 요약

본 논문에서는 Seamless N-스크린 서비스를 위한 무선 통신 MAC 구조로서, WiMedia Distributed-MAC 프로토콜을 적용하고, Seamless D-MAC 프로토콜에서 P2P 스트리밍이 가능한 OSMU (One Source Multi Use) N-스크린 서비스를 제공하기 위해, Multicast-free DRP Availability IE 기술을 제안하고 성능을 분석하였다. 이를 위해 Multicast DRP Owner와 Receiver를 구분하였다. 시뮬레이션 결과를 통해 제안하는 멀티캐스트 기술은 멀티캐스트 전송 시 요구되지 않는 ACK 전송 특성을 이용하여, 무선 N-스크린 전송을 위한 멀티캐스트 및 유니캐스트 전송 DRP 예약 구간을 확장하고 수율을 향상시키는 효과를 나타내었다.

#### ABSTRACT

In this paper, WiMedia Distributed-MAC protocol is adopted for development of a seamless N-screen wireless service. Furthermore, to provide the OSMU (One Source Multi Use) N-screen service through P2P streaming in the seamless D-MAC protocol, a new Multicast-free DRP Availability IE is proposed and analyzed. In this Multicast-free DRP Availability IE, indicating Multicast DRP Owner and Receiver is required. The ACK frame transmissions are not required for Multicast transmissions in P2P N-screen services. Using this property, the Multicast-free DRP Availability IE scheme is proposed to expand the number of time slots available for unicast and multicast DRP reservations. Simulation results show that our Multicast scheme enhances performances in viewpoints of DRP reservation conflict and throughput.

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

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

Received 07 February 2015, Revised 27 February 2015, Accepted 12 March 2015

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

Department of Computer Education, Gyeongin National University of Education, 430-040 San 6-8, Seoksu-Dong, Manan-Gu, Anyang-si, Gyeonggi-Do, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2015.19.4.813>

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 서비스는 하나의 콘텐츠를 다수의 기기에 서 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[1].

N-스크린 서비스 네트워크를 끊임없이 구성하는 기술로는 그림 1과 같은 P2P 스트리밍 기술이 주로 사용되고, 서비스 영상이 중단되지 않도록 하기 위해서는 적응형 스트리밍 기술이 주로 사용된다. P2P 스트리밍 기술은 서비스를 받는 모든 기기들이 서비스 서버에서 콘텐츠를 전송받지 않고, 서비스 받을 콘텐츠를 가진 근접한 사용자 클라이언트로부터 전송받는 기술로, 서비스 서버의 부하와 네트워크 비용을 경감시켜 더욱 좋은 화질의 서비스를 제공한다[2,3]. 서비스와 콘텐츠에 대한 끊임 없는 이동성 제공을 위한 무선 통신 기술은 N-스크린 서비스의 주요 핵심기술이다.

WPAN(Wireless Personal Area Networks)은 휴대 및 이동 디바이스들에게 무선 근거리 연결을 제공하며, 피코넷(PicoNet) 단위로 형성된다. WPAN에서 MAC은 크게 중앙집중적 또는 분산적인 구조로 분류된다. IEEE 802.15.3은 중앙집중적 구조를 따르는 대표적인 MAC 프로토콜이다[4]. 한편, WiMedia Alliance는 WPAN을 위한 UWB 기반의 D-MAC (Distributed Medium Access Control) 프로토콜을 표준화하였다[5]. D-MAC은 분산적인 MAC 구조를 갖으며, IEEE 802.15.3 프로토콜과는 반대로 D-MAC은 모든 디바이스들이 동등한 역할과 기능을 가지며 자동으로 망을 구성하고 디바이스들에게 매체 접근, 채널 할당, 데이터 송수신, QoS, 동기화 기능 등을 분산적인 방식으로 제공한다. 이에 D-MAC에서는 근본적으로 중앙집중구조의 MAC에서 나타나는 세 가지 문제들이 해결된다[5]. D-MAC 프로토콜에서는 디바이스간의 동기화, 패킷 송수신, 채널 예약 정보 교환의 목적으로 각 노드는 자신의 비컨을 방송하며, 각 비컨에는 IE (Information Element) 필드들이 포함된다[6].

본 논문에서는 Seamless N-스크린 서비스를 위한 무선 통신 MAC 구조로서, WiMedia Distributed-MAC 프로토콜을 적용한다. 그리고, Seamless D-MAC 프로토

콜에서 P2P 스트리밍이 가능한 OSMU N-스크린 서비스를 제공하기 위해, 멀티캐스트 기술을 제안한다.

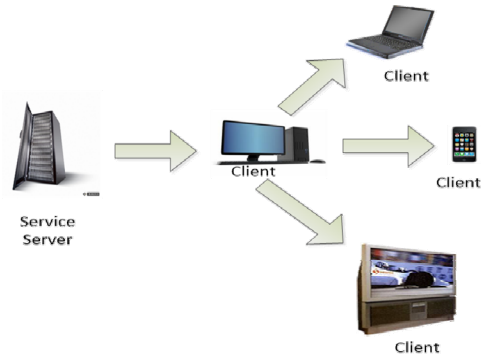


그림 1. P2P 기반 스트리밍 N-스크린 서비스  
Fig. 1 P2P-based streaming for N-Screen Service

## II. WiMedia D-MAC의 Seamless 통신

### 2.1. WiMedia D-MAC 구조

그림 2의 WiMedia D-MAC은 완전히 분산적인 솔루션을 제공하여 IEEE 802.15.3보다 변화하는 네트워크 상황에 끊임없이 빠르게 대처한다.

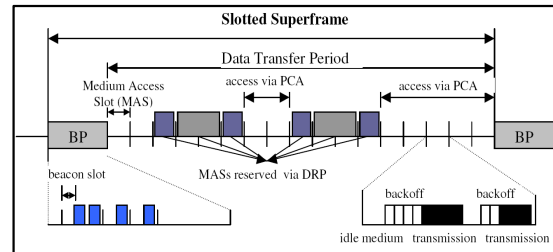


그림 2. WiMedia MAC 프로토콜에서의 Superframe 구조  
Fig. 2 Superframe Structure of WiMedia MAC protocol

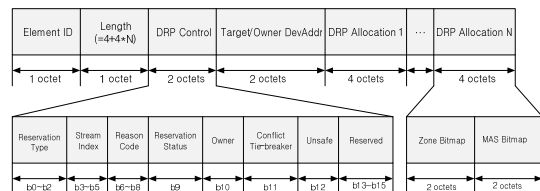


그림 3. DRP IE와 DRP Control 필드 포맷  
Fig. 3 Formats of DRP IE and DRP Control Fields

또한 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. 중앙 집중적인 솔루션과 비교할 때 WiMedia D-MAC (Distributed-MAC)은 다중 홉 상에서의 통신에 적합하다. WiMedia D-MAC은 IEEE 802.15 Task Group 5 (TG5)에서 표준화하고 있는 미래의 MESH WPAN을 위한 MAC 기술의 후보로 여겨지고 있으며, 본 논문에서도 무선 N-스크린 서비스에 최적화된 MAC 구조로 적용하였다.

WiMedia D-MAC은 그림 2와 같이 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 WiMedia D-MAC의 BP는 여러 디바이스가 자신의 Beacon frame을 전송할 수 있도록 여러 개의 작은 Beacon 타임슬롯으로 나뉘어져 있다[5].

### 2.2. WiMedia D-MAC DRP 자원 예약 과정

DRP 예약 협상 시 사용되는 DRP IE와 DRP Control 필드 포맷은 그림 3에 설명되어 있다. DRP 예약 과정은 언제나, 그 예약 시간 구간에서 데이터 프레임 송수신 트랜잭션을 시작하는 데이터 송신 디바이스인 DRP Owner에 의해 개시된다. 반면에 DRP 예약 협상을 요청 받는 수신디바이스를 DRP Target이라 한다. 하나의 DRP 예약을 협상할 때, DRP Owner는 DRP IE 내의 Target/Owner DevAddr 필드를 DRP Target 디바이스의 DevAddr로 설정한다. 그리고 DRP IE의 Reservation Status bit를 0으로, Reason Code bit를 'Accepted'로 설정한다. 그 후 DRP IE의 Target/Owner DevAddr 필드가 자신의 DevAddr로 설정된 비컨 프레임을 수신한 DRP Target 디바이스는 자신의 DRP IE 내 Target/Owner DevAddr 필드를 DRP Owner 디바이스의 DevAddr로 설정한다. 만약 그 예약 시간 구간에 대한 예약이 허용되면, DRP Target 디바이스는 DRP IE의 Reservation Status bit를 1로, Reason Code bit를 'Accepted'로 설정한다. 반대로, 요청된 DRP 시간 구간이 허용되지 않는다면, DRP Target 디바이스는 DRP IE의 Reservation

Status bit를 0으로 설정한다. 만약, 요청된 DRP 예약 구간이 자신 또는 1홉 이웃디바이스들의 기존 DRP 예약 구간들과의 충돌로 인해, 허용되지 않는 경우에는, DRP Target 디바이스가 Reason Code bit를 'Conflict'로 설정한다.

그림 4는 현재 WiMedia D-MAC 표준 기술에서 정의된 2홉 범위의 DRP 충돌 해결 방식을 설명하고 있다. 그림 4(a)에서는 DRP 예약 구간 DRP<sub>DB</sub>가 DEV D와 DEV B간에 설정되어 있다. 만약 DEV C가 DEV A에게, DRP<sub>DB</sub>구간과 중첩되는 MAS 슬롯들이 있는 DRP<sub>AC</sub>구간에서 데이터 프레임을 전송하기 위해 DRP 예약 협상을 시작한다면, DRP<sub>DB</sub>와 DRP<sub>AC</sub>구간 간에 DRP 충돌이 발생하게 된다. 현재 WiMedia D-MAC 표준 기술에서는 DRP IE와 DRP Availability IE를 이용하여 이 문제를 해결하고 있다. 그림 4(b)는 현재의 2홉 범위의 DRP 충돌 해결 과정을 보이고 있다. 만약 DEV D와 DEV B가 DRP<sub>DB</sub>구간의 예약 협상을 성공적으로 완료 했다면, DEV B는 DRP<sub>DB</sub>구간의 예약 정보를 자신의 DRP IE를 이용하여 브로드캐스트한다.

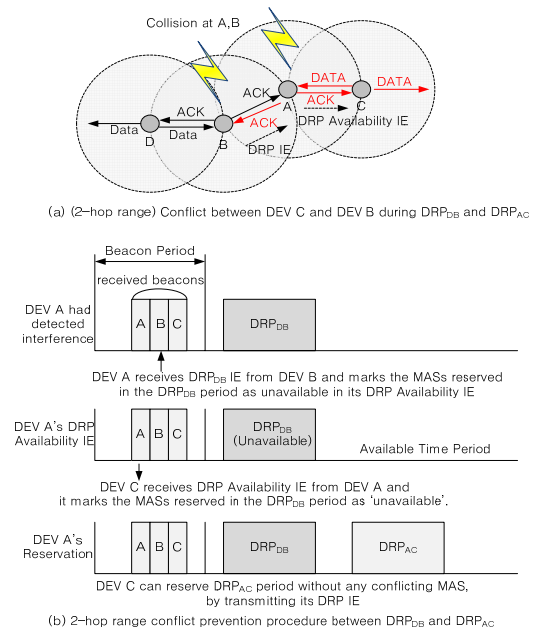


그림 4. WiMedia D-MAC 표준 기술의 2홉 범위 DRP 예약 충돌 해결 상황  
Fig. 4 2-hop range DRP conflict resolution in WiMedia Standard

수신된 DEV B의 DRP IE 정보로부터 DEV A는 DRP<sub>DB</sub>구간을 자신의 DRP Availability IE 내에 예약할 수 없는 구간으로 표기하게 된다. 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. 만약 DEV C가 DEV A로부터 이러한 DRP Availability IE를 수신하면, DEV C는 DRP<sub>DB</sub>구간이 DEV A에게 예약 불가능한 시간 구간임을 알게 되고, 예약하려는 DRP<sub>AC</sub>구간에서 DRP<sub>DB</sub>구간과 중첩되는 MAS 슬롯들을 제외할 수 있게 된다. 따라서, DEV B와 DEV C와 같은 2홉 범위의 Hidden 디바이스들 간의 DRP 예약 충돌은 DRP Availability IE를 전송함으로써 방지된다.

### III. 효율적인 멀티캐스트 전송기법 설계

그림 4에서, 디바이스 D는 디바이스 B에 데이터를 전송한다. 디바이스 B는 디바이스 D로부터 데이터를 전송받은 후 ACK 프레임 전송하게 된다. 디바이스 B로부터의 ACK 프레임은 디바이스 D뿐만 아니라, 디바이스 B와 1홉 거리에 있는 디바이스 A도 수신하게 되는데, 동일한 시간구간에 디바이스 C가 디바이스 A에게 데이터를 전송하는 경우에 디바이스 A에서는 디바이스 B로부터의 ACK 프레임과 충돌이 발생한다.

이 충돌과정은 ACK 응답을 필요로 하는 유니캐스트(Unicast) 데이터 전송인 경우만을 고려한 것이다. 즉, 디바이스 D가 디바이스 B의 ACK 응답을 필요로 하지 않는 멀티캐스트 데이터 전송을 실시한 경우에도, 디바이스 A가 ACK 응답에 필요한 시간구간을 DRP Availability IE에 가용하지 않은 이미 할당된 데이터 전송 시간구간으로 표기하게 된다. 즉, DRP<sub>DB</sub>구간을 신규로 예약가능하지 않은 시간 구간으로 디바이스 B가 자신의 DRP IE에 표기하여 디바이스 A에게 전송하는

것은 타당하다. 그러나, 디바이스 B의 실제 ACK 프레임 전송이 발생하지 않는 DRP<sub>DB</sub>구간을 신규로 예약가능하지 않은 시간 구간으로 디바이스 A가 자신의 DRP Availability IE에 표기하여 디바이스 C에게 전송하는 것은, 디바이스 A와 C간의 무선통신을 막아 무선통신 자원의 낭비를 발생시킬 수 있다. 따라서, 가용한 멀티캐스트 DRP 구간을 표기하는 Multicast-free DRP Availability IE가 요구되며, 포맷은 DRP Availability IE와 동일하다.

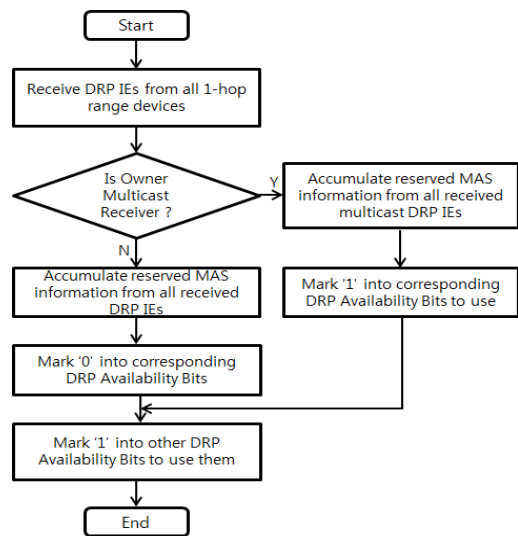


그림 5. Multicast-free DRP Availability IE의 생성 과정  
Fig. 5 Generation procedure of proposed Multicast-free DRP Availability IE

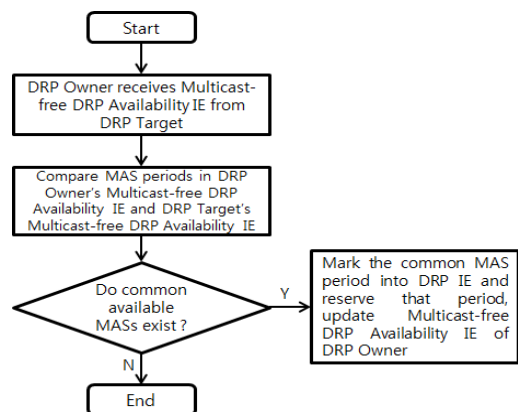


그림 6. 제안한 시스템에서의 DRP 예약 구간 설정  
Fig. 6 DRP reservation period setup in proposed system

그림 5는 제안하는 Multicast-free DRP Availability IE의 생성 과정을 설명한 것이다. 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. 그림 6은 제안한 시스템에서의 DRP 예약 구간 설정 방법으로, 기존의 DRP Availability IE가 사용되지 않고, 예약 가능한 MAS 구간이 확장 가능한 Multicast-free DRP Availability IE가 사용된 것으로 변경되었다.

#### IV. 성능 분석

성능 평가 결과는 그림 1의 P2P N-스크린 시나리오를 가정한 ns 시뮬레이션을 통해 도출하였다. 기준 디바이스로부터 2홉 거리 이내로 구성된 네트워크 크기는 25제곱미터이며, 최대 20개의 WiMedia D-MAC 디바이스들이 랜덤하게 위치한다. 본 시뮬레이션에서 기준이 되는 디바이스 자신이 갖는 DRP 예약 MAS들의 수는  $DRP_{own}$ 으로, 기준 디바이스와 1홉 거리를 갖는 이웃디바이스들에 의해 예약된 MAS들의 수는  $R_{1-hop}$ 으로, 그리고 기준 디바이스와 2홉 거리를 갖는 이웃디바이스들에 의해 예약된 MAS들의 수는  $N_{2-hop}$ 으로, 한편, 기준 디바이스와 2홉 거리를 갖는 디바이스는  $m_{in}$  (Multicast Interference)이라는 트래픽 발생확률을 갖는다. 결과적으로  $m_{in}$  확률값의 증가는 DRP 예약 충돌을 발생시켜, D-MAC 슈퍼프레임 BP 구간을 제외한 약 250여개 DTP MAS들의 이용효율을 저하시키게 된다. 표 1은 본 연구에서 사용된 시뮬레이션 파라미터를 나타낸다[7,8].

표 1. 시뮬레이션 변수 값  
Table. 1 Simulation parameters

Parameter	value
simulation time	20 minutes
$R_{1-hop}$	40 MASs/30secs/min
$N_{2-hop}$	40 MASs/30secs/min
$DRP_{own}$	40 MASs/30secs/min

그림 7은 기존 시스템에서 제안한 기술을 적용하지 않고, 기준 디바이스와 2홉 거리를 갖는 D-MAC 디바이스의 각  $m_{in}$  확률 값에 따른 기준 디바이스의 수율 값을 나타낸다. 그림 7에서 각 디바이스의 데이터 전송률은 480Mbps로 고정되었다. 그림 7에 나타난 바와 같이, D-MAC 디바이스의 수율은 특히, 70%가 넘는  $m_{in}$  확률 값에서는  $R_{1-hop}$ 값에 크게 영향 받지 않으나,  $m_{in}$  값에 따라 크게 변화한다는 것을 알 수 있다. 그림 8은 기존 시스템에서 1홉 이웃 디바이스들에 의해 예약된 MAS들의 수,  $R_{1-hop}$ 값에 따른 기준 디바이스에서 1홉 범위 DRP 충돌률을 나타낸다. 그림 8에 나타난 바와 같이, DRP 예약 충돌 확률은  $R_{1-hop}$  값과  $m_{in}$  값에 비례하여 급격하게 증가한다.

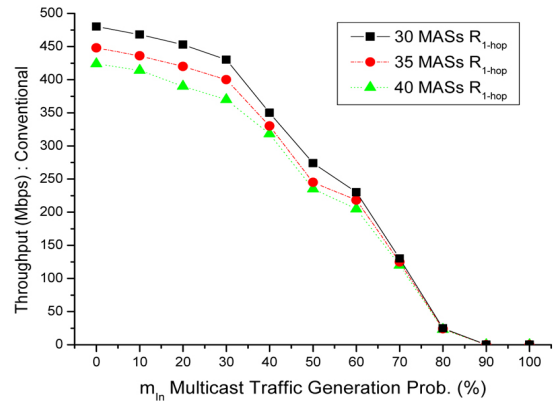


그림 7.  $m_{in}$  확률에 따른 D-MAC 디바이스의 수율  
Fig. 7 Throughput of D-MAC device according to  $m_{in}$

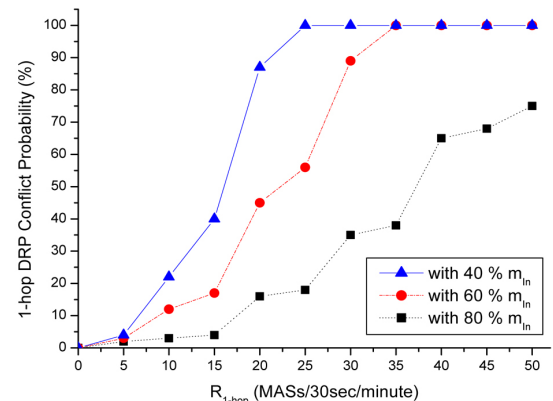


그림 8. 1-홉 범위 N-스크린 DRP 예약 충돌 확률  
Fig. 8 Probability of 1-hop N-screen DRP conflict

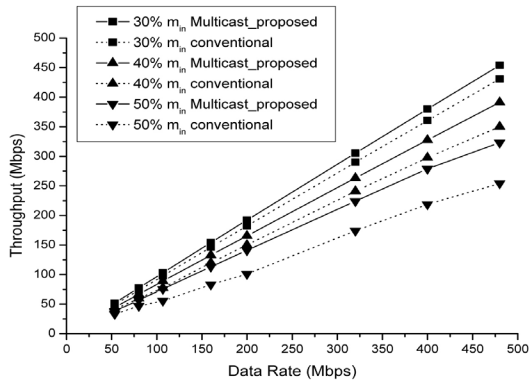


그림 9. 각 UWB PHY 데이터 전송률에서 수율  
Fig. 9 Throughput at each PHY data rate

이러한 결과는 WiMedia D-MAC 디바이스의 N-스크린 QoS 성능과 에너지 효율을 저하시키게 된다.

그림 9는 각  $m_{in}$  확률값에서 UWB/PHY 데이터 전송률에 따른 제한하는 멀티캐스트 전송 기술의 수율을 나타낸다. 그림 9에서 2홉 거리에 있는 디바이스들의  $m_{in}$  확률값이 증가함에 따라 수율이 점차 감소함을 알 수 있다. 이러한 결과는  $m_{in}$  확률의 증가가 더 많은 DRP 예약 충돌을 발생시키기 때문이다. 한편, 멀티캐스트 전송 기술은 ACK 응답에 할당한 시간구간을 DRP 예약전송에 가용한 시간구간들로 활용하여, DRP 예약 충돌을 줄이고 D-MAC 디바이스의 수율을 크게 향상시키는 것을 나타내고 있다.

## V. 결 론

본 논문에서는 Seamless D-MAC 프로토콜에서 P2P 스트리밍이 가능한 OSMU N-스크린 서비스를 제공하기 위해, Multicast-free DRP Availability IE 기술을 제안하여 DRP 예약 충돌을 줄이고 무선 N-스크린 전송

시 수율을 향상시켰다. 본 연구 결과를 활용하여, 무선 N-스크린 기술을 차세대 스마트 통신시스템의 요소기술로서 구현될 수 있는 프레임워크를 구성하고, N-스크린 QoS 관련 필수 요소 기술을 확보할 수 있다.

## 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, 19-22 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] IEEE standard 802.15.3, *Wireless Medium Access Control and Physical Layer Specification for High Rate Wireless Personal Area Networks*, IEEE, 2003.
- [5] WiMedia MAC Release Specification 1.5, *Distributed Medium Access Control (MAC) for Wireless Networks*, WiMedia Alliance, Dec. 2009.
- [6] 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.
- [7] WiMedia WLP Spec. Approved Draft 1.0, *WiMedia Logical Link Control Protocol (WLP)*, WiMedia Alliance, August 13. 2007.
- [8] S. Kim, K. Hur, J. Park, D-S. Eom, and K. Hwang, "A Fair Distributed Resource Allocation Method in UWB Wireless PANs with WiMedia MAC," *Journal of Communications and Networks*, vol. 11, no. 4, pp. 375-383, Aug. 2009.



허 경(Kyeong Hur)

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