

## 멀티 홉 N-스크린 서비스를 위한 WiMedia D-MAC에서의 효율적인 멀티 홉 자원 예약 기술

허 경\*

### Efficient Multi-hop Resource Reservation Scheme in WiMedia D-MAC for Multi-hop 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

#### 요 약

본 논문에서는 멀티 홉 N-스크린 서비스를 위한 무선 통신 MAC 구조로서, WiMedia Distributed-MAC 프로토콜을 적용하고, D-MAC 프로토콜에서 P2P 스트리밍이 가능한 OSMU (One Source Multi Use) 멀티 홉 N-스크린 서비스를 제공하기 위해, 종단 간 지연시간을 감소시키는 멀티 홉 자원 예약 기술을 제안하고 성능을 분석하였다. 이를 위해 새로운 MSCDRP (Multi-Stage Cooperative DRP) IE 기술을 제안하였다. 시뮬레이션 결과를 통해, 제안하는 N-스크린 멀티 홉 MSCDRP 기술은 다양한 멀티 홉 환경에서 기존 D-MAC 방식보다 향상된 지연시간 및 수율 성능을 나타내었다.

#### ABSTRACT

In this paper, WiMedia Distributed-MAC protocol is adopted for development of multi-hop N-screen wireless services. Furthermore, to provide the multi-hop OSMU (One Source Multi Use) N-screen service through P2P streaming in the D-MAC protocol, a new multi-hop resource reservation scheme is proposed and analyzed to reduce end to end delay. For this Multi-hop resource reservation scheme, a new MSCDRP (Multi-Stage Cooperative DRP) IE is proposed. Simulation results show that our multi-hop MSCDRP scheme reduces the end to end delay and increases throughput at various multi-hop N-screen network environment.

**키워드** : N-스크린, 홈네트워크, WiMedia, 멀티 홉 네트워크, 무선 MAC

**Key word** : N-screen, Home Networks, WiMedia, Multi-hop networks, Wireless MAC

Received 10 February 2015, Revised 04 March 2015, Accepted 16 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.2015.19.5.1091>

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-스크린1.0 단계는 한 개의 콘텐츠가 여러 단말에 최적화되어 서비스 (OSMU: One Source Multi Use) 되는 것을 의미하여, N-스크린 간에 끊김없는 동영상이 어보기 시청과 같은 서비스를 의미한다. 사업자 입장에서는 사업비용의 절감효과가 있으며, SVC (Scalable Video Coding)를 이용하여 단말특성을 고려한 스트리밍이 요구되고 무선통신 측면에서는 SVC 속도에 따른 그룹별로 QoS 보장이 가능한 그룹단위의 멀티 홉 전송 기법이 요구된다[1].

N-스크린 서비스 네트워크를 끊김없이 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 끊김 없는 이동성 제공을 위한 무선 통신 기술은 N-스크린 서비스의 주요 핵심기술이다.

WPAN(Wireless Personal Area Networks)에서 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 끊김없이 제공한다[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 멀티 홉 N-스크린 서비스를 위한 무선 통신 MAC 구조로서, D-MAC 프로토콜을 적용하고, D-MAC 프로토콜에서 P2P 스트리밍이 가능한 OSMU 멀티 홉 N-스크린 서비스를 제공하기 위해, 중

단 간 지연시간을 감소시키는 멀티 홉 자원 예약 기술을 제안한다.

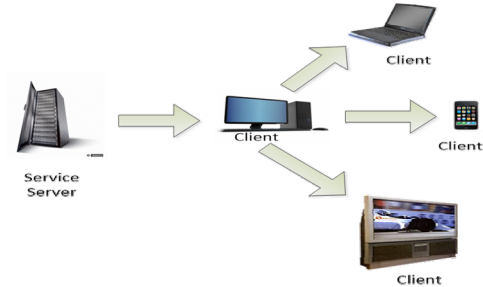


그림 1. P2P 기반 스트리밍 N-스크린 서비스  
Fig. 1 P2P-based streaming for N-Screen Service

## II. WiMedia D-MAC 통신 기술

### 2.1. WiMedia D-MAC 구조

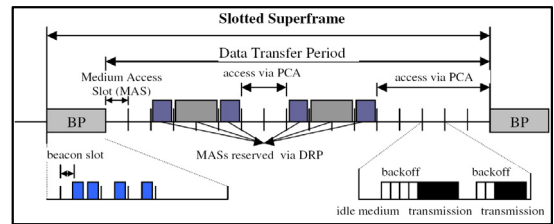


그림 2. WiMedia MAC 프로토콜에서의 Superframe 구조  
Fig. 2 Superframe Structure of WiMedia MAC protocol

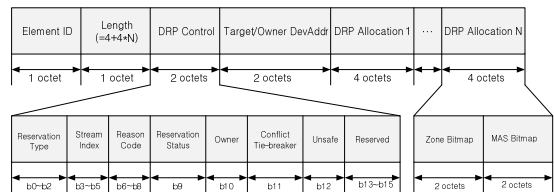


그림 3. DRP IE와 DRP Control 필드 포맷  
Fig. 3 Formats of DRP IE and DRP Control Fields

그림 2의 WiMedia D-MAC은 완전히 분산적인 솔루션을 제공하여 IEEE 802.15.3보다 변화하는 네트워크 상황에 끊김없이 빠르게 대처한다. 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-MAC은 다중 홉 상에서의 통신에 적합하다. 본 논문에서도 멀티 홉 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. 하나의 DRP 예약을 협상할 때, 송신측 DRP Owner는 DRP IE 내의 Target/Owner DevAddr 필드를 수신측 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  $DRP_{DB}$ 가 DEV D와 DEV B간에 설정되어 있다. 만약 DEV C가 DEV A에게,  $DRP_{DB}$ 구간과 중첩되는 MAS 슬롯들이 있는

$DRP_{AC}$ 구간에서 데이터 프레임 전송하기 위해 DRP 예약 협상을 시작한다면,  $DRP_{DB}$ 와  $DRP_{AC}$ 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  $DRP_{DB}$ 구간의 예약 협상을 성공적으로 완료 했다면, DEV B는  $DRP_{DB}$ 구간의 예약 정보를 자신의 DRP IE를 이용하여 브로드캐스트한다.

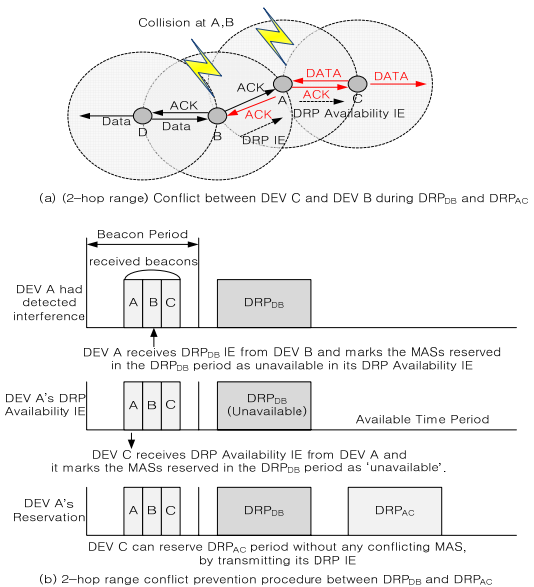


그림 4. 2홉 범위 DRP 예약 충돌 해결 상황  
Fig. 4 2-hop range DRP conflict resolution

수신된 DEV B의 DRP IE 정보로부터 DEV A는  $DRP_{DB}$ 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 결합

하여 생성한다. 만약 DEV C가 DEV A로부터 이러한 DRP Availability IE를 수신하면, DEV C는 DRP<sub>DB</sub> 구간이 DEV A에게 예약 불가한 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 숨겨진 디바이스들 간의 DRP 예약 충돌은 DRP Availability IE를 전송함으로써 방지된다.

### III. 멀티 홉 자원예약기술 설계

그림 5와 같이, DRP N은 소스 디바이스와 릴레이 디바이스 간 링크 A에서 예약되었다. 그리고 DRP N+1은 릴레이 디바이스와 타겟 디바이스 간 링크 B에서 예약되었다. 그리고 DRP N과 DRP N+1에 대한 MAS 블록 사이에 비활성 구간이 있다. 그 이유는 DRP 예약 MAS 블록들 간의 경계에서는 데이터 프레임들이 전송되지 않기 때문이다. 따라서, 현재 DRP 정책에서는 최종 타겟 디바이스로 데이터 트래픽을 포워딩하기 위해 예약되는 DRP N+1 구간이 시작될 때까지, 릴레이 디바이스 R은 소스 디바이스 S로부터 수신한 데이터 프레임들을 전송하지 못한다. 이러한 현재 DRP 기술은 중단 간 지연시간을 크게 증가시킨다. 따라서, 멀티 홉 전송에 있어 중단 간 지연시간을 감소시키기 위한 기술이 요구된다.

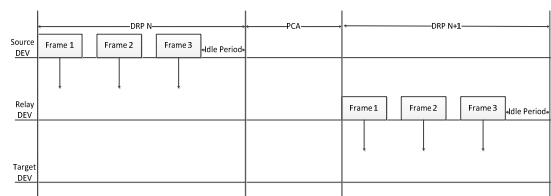


그림 5. N-스크린 디바이스 간 멀티 홉 전송 시 DRP 예약  
Fig. 5 DRP reservations at multi-hop N-screen devices

본 논문에서는 MSCDRP (Multi-Stage Cooperative DRP) 예약기술을 제안하여 D-MAC N-스크린 디바이스 간 통신에서 멀티 홉 전송 시 중단 간 지연시간을 최소화하고자 한다. 그림 6에서와 같이 MSCDRP IE는 송수신 D-MAC N-스크린 디바이스들 간 경로상의 모든 N-스크린 디바이스들의 주소를 포함한다. 그리고, MSCDRP IE는 Element ID, Length field, Control field,

그리고 다수의 Device address field들을 포함한다. Length 필드는 MSCDRP IE 필드의 길이를 나타내고, Control 필드는 MSCDRP IE가 전송하는 stream index와 DRP IE validity check request를 포함한다. DRP IE validity check request 필드는 수신된 MSCDRP IE에 대해 멀티 홉 경로 상 모든 N-스크린 디바이스들이 응답하였는지 여부를 표기하기 위해 사용된다.

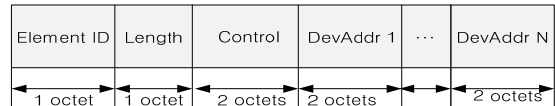


그림 6. MSCDRP IE의 포맷  
Fig. 6 Format of MSCDRP IE

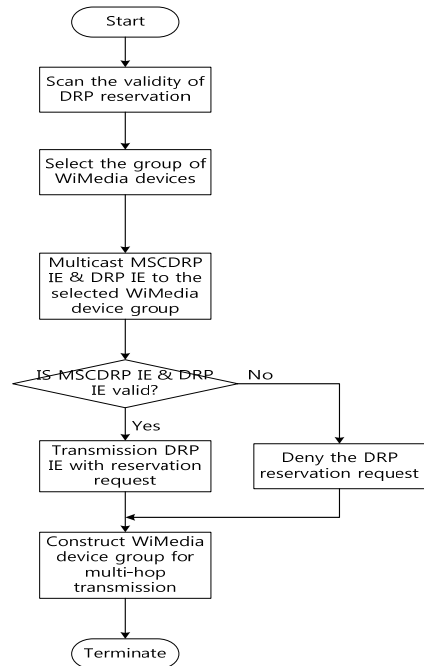


그림 7. MSCDRP의 예약 프로세스  
Fig. 7 Process of MSCDRP reservation

그림 7은 제안한 MSCDRP 기술의 예약 협상과정을 나타낸다. 예약 협상 과정의 목표는 두 N-스크린 디바이스들간 데이터 전송을 위한 DRP MAS 구간 예약이다. 본 예약 과정에서, 현재 DRP IE와 제안한 MSCDRP IE들이 사용되었다. DRP 예약 주체인 소스 디바이스는 MSCDRP IE에 필요한 멀티 홉 경로 상의 여러 D-MAC

디바이스들의 DRP IE validity check 정보들을 수집한다. 이후, MSCDRP IE는 DRP validity check request 필드 값이 accept 상태인 1로 설정된 디바이스들에게 전송된다. DRP validity check request를 수신한 디바이스는 MAS 예약에 관하여, 자신의 MSCDRP IE를 사용함으로써 DRP 예약 주체에게 accept 또는 reject에 해당하는 1 또는 0으로 응답한다.

그림 7에서 DRP 예약주체 D-MAC N-스크린 디바이스는 수집된 유효성 정보를 바탕으로 MSCDRP 예약 정보에 포함될 D-MAC 디바이스 그룹을 선택한다. 선택된 D-MAC 디바이스의 주소는 새로 생성된 MSCDRP IE에 표기된다. 새로 생성된 MSCDRP IE는 DRP IE들에 의해 그룹에 포함된 모든 디바이스들에게 전송된다. DRP IE와 MSCDRP IE는 동일한 개별 스트림 인덱스 정보를 포함한다.

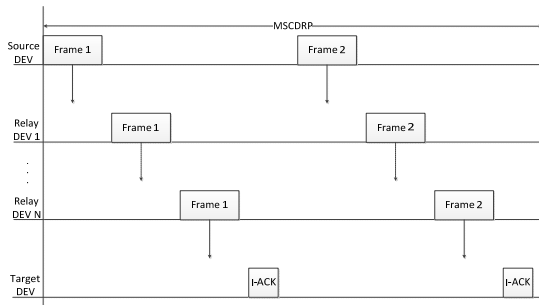


그림 8. MSCDRP 기술의 멀티 프레임 전송  
Fig. 8 Multi-frame transmissions of MSCDRP

수신 디바이스는 DRP 예약 요청의 수락 여부에 대한 정보를 담은 DRP IE를 전송한다. DRP 예약 요청이 수락되면, 수신 디바이스는 수신된 DRP IE에 있는 reservation status 비트 값과 동일한 값을 포함한 DRP IE를 전송함으로써 DRP 예약 요청의 수락을 알린다. 제안한 MSCDRP 기술은 멀티 스테이지로 확장 가능하며, 그림 8과 같이, MSCDRP 예약 그룹에 포함될 릴레이 디바이스들로 하여금 단일 MSCDRP 예약 블록 구간에서 다수의 데이터 프레임들을 포워딩할 수 있다.

#### IV. 성능 분석

제안된 방식의 성능 평가 결과는 그림 1의 P2P N-스

크린 서비스 시나리오를 가정한 ns 시뮬레이션을 통해 도출하였다. 선형 토폴로지가 사용되었고, 소스 N-스크린 디바이스는 멀티 홉 데이터 프레임들을 전송하고, 50회 반복 실험한 결과에 대해 평균값을 취하였다. 인접한 두 N-스크린 디바이스 간의 거리는 8m로 설정하였다. 디바이스들의 통신 반경은 10m로 설정되었고 실험에 사용된 변수 값들은 표 1과 같다[7,8].

표 1. WiMedia PHY/MAC 변수값  
Table. 1 WiMedia PHY/MAC parameters

Parameter	Value
Frame Size	4096 Bytes
Basic Data Rate	53.3Mbps
Bandwidth	528Mhz
Symbol Length	312.5ns
Preamble Length	9.375us
Header Length	3.75us
SIFS	10us
MIFS	1.875us
Transmission Power	-41.3dB/Mhz

그림 9와 그림 10의 시나리오에서는 평균 종단 간 수율과 평균 종단 간 지연시간 성능을, 제한한 MSCDRP 기술과 기존 DRP 기술에 대해 다양한 홉 카운트 H 값 환경에서 분석한다. MSCDRP 기술과 기존 DRP 기술에 대한 평균 종단간 수율은 H 값이 증가함에 따라 감소한다. 그리고 평균 종단 간 지연시간은 두 시스템에서 모두 H 값이 증가함에 따라 증가한다.

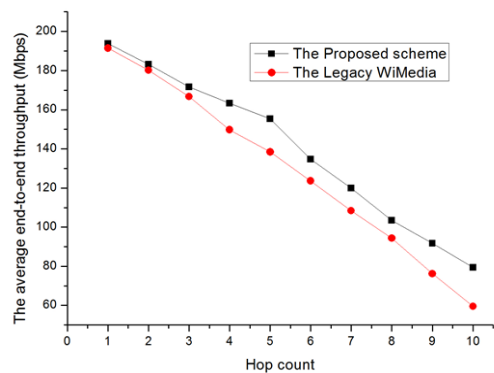


그림 9. 홉 카운트에 따른 종단간 평균 수율  
Fig. 9 End to end mean throughput according to various hop-count H

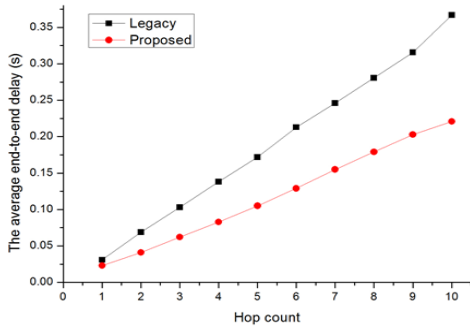


그림 10. 홉 카운트에 따른 종단간 평균 지연시간  
**Fig. 10** End to end mean delay according to various hop-count H

이러한 결과는 소스 N-스크린 디바이스와 최종 타겟 N-스크린 디바이스 간 더 길어진 경로는 증가된 지연시간을 초래하기 때문이다. H 값이 5인 경우, 제한한 MSCDRP 기술의 평균 종단 간 지연시간은 기존 DRP 기술보다 38.95% 감소된 것을 알 수 있다. MSCDRP 기술의 성능은 H 값이 증가할수록 보다 적은 종단 간 평균 지연시간과 보다 증가된 종단 간 평균 수율 결과를 나타내었다.

## V. 결 론

본 논문에서는 멀티 홉 N-스크린 서비스를 위한 D-MAC 프로토콜에서 멀티 홉 N-스크린 서비스를 제공하기 위해, 종단 간 지연시간을 감소시키는 MSCDRP 기술을 제안하고 성능을 분석하였다. MSCDRP 기술은 멀티 홉 N-스크린 자원 예약에 있어 DRP 예약 구간에서의 비활성 구간 길이를 최소화할 수 있다. MSCDRP 기술은 추가 채널정보가 필요 없어, 시그널링 오버헤드를 발생시키지 않는다. 이러한 장점은 멀티 홉 N-스크

린 망에서 구현이 용이하게 한다.

## 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] W.-Y. Shin, "Performance Evaluation of Parallel Opportunistic Multihop Routing," *Journal of Information and Communication Convergence Engineering*, vol. 12, no. 3, pp. 135-139, Sep. 2014.



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