

WiMedia Distributed MAC 통신 시스템에서 이동성 지원을 위한 릴레이 통신 프로토콜

허경*

Relay Transmission Protocol for Mobility Support in WiMedia Distributed MAC Systems

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 UWB 기술 기반 WiMedia Distributed Medium Access Control (D-MAC) 프로토콜에서, 디바이스들의 이동성으로 인해 발생하는 Distributed Reservation Protocol (DRP) 예약 충돌 현상을 분석한다. 그리고 DRP 예약 충돌 시 발생하는 성능 저하를 감소시키기 위해 Conflict Resolution (CR) 방식과 DRP 릴레이 기술을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 DRP 릴레이 프로토콜은 충돌대상 디바이스에게 예약된 자원을 유지할 수 있도록, DRP 예약 충돌 시 릴레이 노드를 경유하여 다른 Indirect Link 링크를 빠르게 예약할 수 있는 분산적인 자원 예약 프로토콜을 제안한다. 이동성 환경을 고려한 시뮬레이션 결과는 CR 기술과 함께 DRP 릴레이 기술을 적용하여, 디바이스들의 이동성이 증가하더라도 수율 감소를 방지할 수 있음을 나타내었다.

ABSTRACT

In this paper, for the WiMedia Distributed Medium Access Control (D-MAC) protocol based on UWB, performance degradation due to the Distributed Reservation Protocol (DRP) conflict problem caused by devices' mobility is analyzed. And a DRP relay protocol and a DRP conflict resolution (CR) are proposed to overcome the performance degradation at DRP conflicts. In order to give the loser device at DRP conflicts a chance to maintain resources, the proposed DRP relay protocol executed at each device helps the loser device reserve an indirect link maintaining the required resources via a relay node. Simulation results considering the mobile environment have indicated that the DRP relay combined with the CR prevent the throughput decrease even though mobility of devices increases.

키워드 : 고속 WPAN, 릴레이 통신, 무선홈네트워크, 분산 MAC, 이동성, UWB.

Key word : High Rate WPAN (Wireless Personal Area Networks), Relay Communications, Wireless Home Networks, Distributed MAC, Mobility, UWB

접수일자 : 2013. 11. 06 심사완료일자 : 2013. 12. 02 게재확정일자 : 2013. 12. 16

* **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.2014.18.3.526>

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

UWB (Ultra Wide-Band) 전송 기술은 초고속 근거리 무선 네트워크 (High-Rate Wireless Personal Area Network : HR-WPAN)를 실현시킬 수 있는 기술로서, 초고속 WPAN을 구성하는 UWB 디바이스들은 10m 거리 내에 있는 이웃디바이스들과 최대 480Mbps 속도로 통신이 가능하다[1]. WPAN [2]에서 MAC은 크게 중앙 집중적 또는 분산적인 구조로 분류된다. IEEE 802.15.3은 중앙 집중적 구조를 따르는 대표적인 MAC 프로토콜이다[3]. 중앙 집중 구조 기반의 IEEE 802.15.3은 여러 문제점을 나타낸다. 첫째로, PNC 디바이스가 사라진 경우, 네트워크는 PNC를 재선출하여야 하며, 이때 많은 시간과 전력을 소비하게 된다. 둘째로, 두 개 이상의 피코넷이 서로 중첩될 때 IEEE 802.15.3의 심각한 성능 감쇠가 문제가 된다(SOP problem). 셋째로, 낮은 이동성 지원과 네트워크 확장에서의 비효율성이다 [1,2,4]. 결론적으로, 중앙 집중 구조를 따르는 MAC 프로토콜은 실시간 스트림의 QoS 지원에 있어 심각한 문제들을 갖고 있다.

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 자동적으로 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 해결 된다[5-7].

WiMedia D-MAC 표준 기술에서는 2홉 거리 간격을 갖는 디바이스들 간에는 Distributed Reservation Protocol (DRP)예약 충돌이 없다. 그러나, 3홉 거리 간격을 갖는 DRP 통신 중인 디바이스가 2홉 거리 이내로 이동한 경우에 발생하는 DRP 예약 충돌은 고려되어 있지 않다. 이러한 3홉 범위의 DRP 충돌이 발생하게 되면, 충돌을 겪는 모든 DRP 예약 구간들 중 단지 하나의 DRP 예약 구간만이 예약된 DRP 구간을 유지하고, 나머지 DRP 예약들은 DRP 예약이 종료되어, DRP 예약 협상을 다시 시작해야 한다. 따라서, 현재 WiMedia D-MAC 표준 기술은 이동 디바이스 환경에서 이러한 3홉 범위의 빈번한 DRP 예약 충돌로 인해 채널 타임슬롯들을 낭비할 수 있고, 추가적인 송수신 전력을 DRP 예약 재협상 과정에서 소모할 수 있다. 이는 DRP 전송 시의 QoS 성능을 악화시킨다. 그러나, 현재 WiMedia D-MAC 표준 기술에서는 이러한 3홉 범위의 충돌을 방지하기 위한 기술이 정의되어 있지 않다[8].

본 논문에서는 UWB 기술 기반 WiMedia D-MAC 프로토콜에서, 디바이스들의 이동성으로 인해 발생하는 DRP 예약 충돌 현상을 분석한다. 그리고 DRP 예약 충돌 시 발생하는 성능 저하를 감소시키기 위해 Conflict Resolution (CR) 방식과 DRP 릴레이 기술을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 DRP 릴레이 프로토콜은 충돌대상 디바이스에게 예약된 자원을 유지할 수 있도록, DRP 예약 충돌 시 릴레이 노드를 경유하여 다른 Indirect Link 링크를 빠르게 예약할 수 있는 분산적인 자원 예약 프로토콜이다.

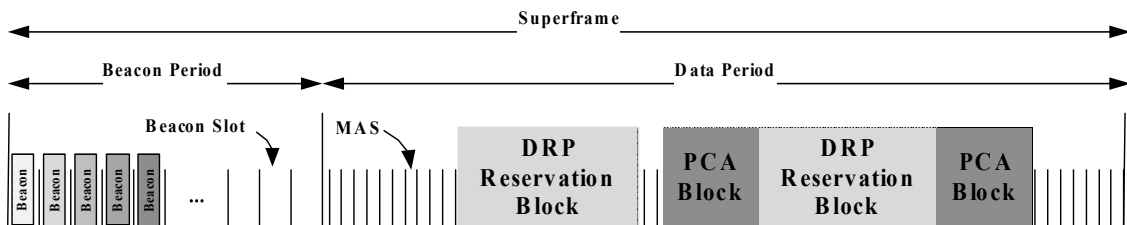


그림 1. D-MAC에서의 슈퍼프레임 구조
Fig. 1 Superframe structure of D-MAC

II. D-MAC DRP 표준 기술의 문제점

2.1. 표준 DRP 기술의 자원 예약 과정

그림 1과 같이 D-MAC은 슈퍼프레임이라는 시간 단위로 동작하며, 슈퍼프레임은 Medium Access Slot (MAS)이라는 다수의 타임슬롯들로 구성된다. 슈퍼프레임은 256개의 MAS들로 구성된다. 그림 1에서 각 슈퍼프레임은 Beacon Period (BP)로 시작되며, 각 디바이스는 다른 단말 디바이스들과 겹치지 않는 비컨 슬롯 MAS에서 자신의 비컨을 전송한다. 디바이스들은 서로 비컨을 교환하여 비컨이 포함하고 있는 Information Element(IE)들을 바탕으로 시간동기, MAS 예약, 이동성 지원 등을 수행한다.

현재 WiMedia D-MAC 표준 기술에서는, 동시성을 갖는 트래픽의 QoS를 지원하기 위해 예약이 보장된 슬롯들을 사용하는 채널 접근 기법으로 DRP 프로토콜을 사용한다. 현재 WiMedia D-MAC 표준 기술에서는 이러한 예약 절차를 제어하는 중앙 디바이스가 없기 때문에, DRP 예약에서 송신 디바이스인 DRP Owner가 현재 다른 DRP 예약들에서 예약되지 않은 MAS 블록들의 예약만을 설정할 수 있다. 현재 WiMedia D-MAC 표준 기술에서의 DRP 예약 협상 시 사용되는 DRP IE와 DRP Control 필드 포맷은 그림 2에 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 요청받는 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 프레임 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. 만약 예약 구간의 충돌이 발생한 경우, DRP Owner 디바이스는 Reservation Status bit를 1로 설정하지 않는다. 그리고, 이 경우에 대한 예약 협상을 종료하기 위해 DRP Target 디바이스는 DRP IE의 Reservation Status bit를 0으로 설정하고, Reason Code bit를 적절한 값으로 설정한다. 그리고, DRP Owner 디바이스는 자신의 비컨 프레임 내의 해당 DRP IE를 삭제한다.

2.2. 표준 DRP 기술의 DRP 충돌 해결 방식

그림 3은 현재 WiMedia D-MAC 표준 기술에서 정의된 2홉 범위의 DRP 충돌 해결 방식을 설명하고 있다. 그림 3 (a)에서는 DRP 예약 구간 DRP DB가 DEV D와 DEV B간에 설정되어 있다. 그리고 DEV D가 DEV B

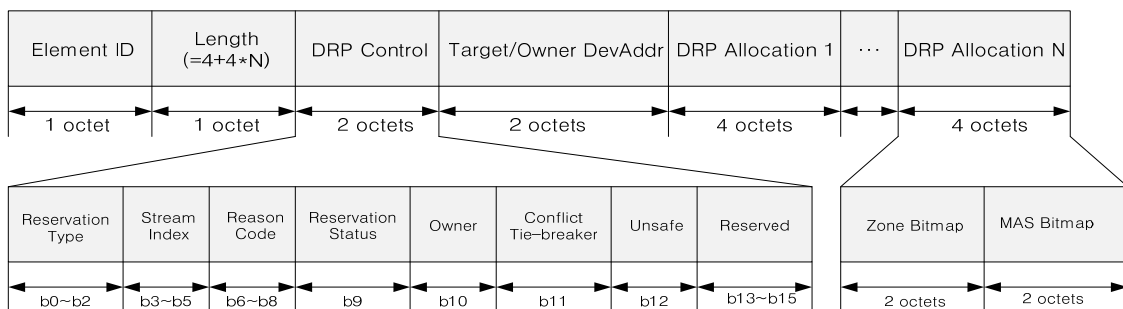


그림 2. DRP IE와 DRP Control 필드 포맷
Fig. 2 Format of DRP IE and DRP Control field

에게 DRP DB구간 동안 데이터 프레임 전송하고 있다. 만약 DEV C가 DEV A에게, DRP DB구간과 중첩되는 MAS 슬롯들이 있는 DRP AC구간에서 데이터 프레임 전송하기 위해 DRP 예약 협상을 시작한다면, DRP DB와 DRP AC구간 간에 DRP 충돌이 발생하게 된다. 현재 WiMedia D-MAC 표준 기술에서는 DRP IE와 DRP Availability IE를 이용하여 이 문제를 해결하고 있다. 만약 DEV D와 DEV B가 DRP DB구간의 예약 협상을 성공적으로 완료했다면, DEV B는 DRP DB구간의 예약 정보를 자신의 DRP IE를 이용하여 브로드캐스트한다. 수신된 DEV B의 DRP IE 정보로부터 DEV A는 DRP DB구간을 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 DB구간이 DEV A에게 예약 불가능한 시간 구간임을 알게 되고, 예약하려는 DRP AC구간에서 DRP DB구간과 중첩된 MAS 슬롯들을 제외할 수 있게 된다. 따라서, DEV B 및 DEV C와 같은 2홉 범위의 Hidden 디바이스들 간의 DRP 예약 충돌은 DRP Availability IE를 전송함으로써 방지된다. 그림 3 (a)에서 DEV C가 DEV A로부터 DRP Availability IE를 수신하는 경우는 DEV C가 자신으로부터 2홉 범위 내 디바이스들의 DRP 예약 상황 정보를 수신하는 것을 의미한다.

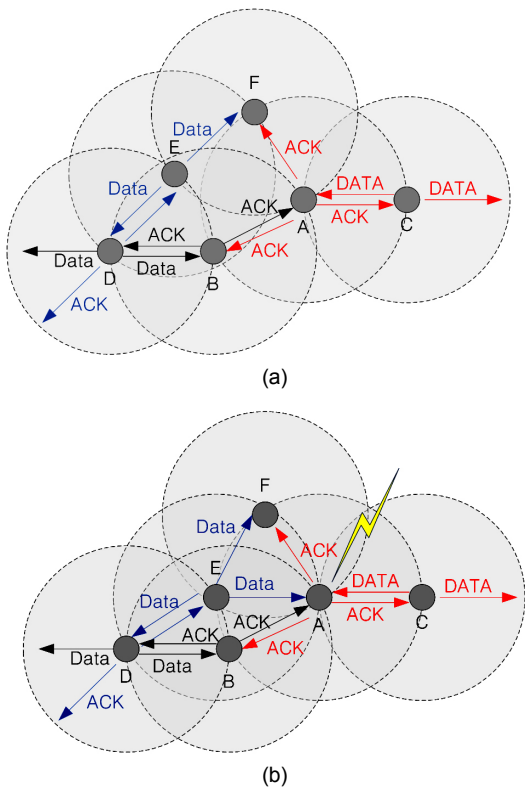


그림 3. 3홉 범위 디바이스들 간의 DRP 예약 충돌 (a) DRP DE 구간과 DRP AC 구간에서 간섭이 없는 데이터 전송 (b) 디바이스 E의 이동성에 의한 3홉 범위의 DRP 충돌
Fig. 3 3-hop range DRP reservation conflicts (a) interference-free data transmission during each DRP_{DE} and DRP_{AC} (b) a 3-hop range DRP conflict due to the mobility of DEV E

2.3. 표준 DRP 기술의 DRP 예약 방식의 문제점

현재 WiMedia D-MAC 표준 기술에서는 2홉 거리 간격을 갖는 디바이스들 간에는 DRP 예약 충돌이 없다. 그러나, 3홉 거리 간격을 갖는 디바이스들 간의 DRP 예약 충돌은 고려되어 있지 않다.

그림 3은 이러한 3홉 범위의 Hidden DRP 예약 충돌 상황을 설명하고 있다. 그림 3 (a)에서 DEV E는 DEV B와 DEV F의 1홉 이웃 디바이스이고, DEV B와 DEV F는 DEV A의 이웃 디바이스들이다. 따라서 DEV E는 DEV C와 3홉의 거리를 갖고 있다. 그래서, DRP AC구간은 DRP DE구간과 중첩되는 동일한 MAS를 예약하여 사용할 수 있다. 그 이유는 각 DRP 데이터 전송은 각각 1홉 전송 범위 밖이어서, DEV A, C, D, E의 4개 디바이스들은 서로 간섭 없이 데이터 프레임을 송수신한다. 그러나, 그림 3 (b)에서 DEV E가 DEV A의 1홉 범위로 이동한 경우, DRP DE구간과 DRP AC구간은 DRP 예약 충돌을 겪게 된다. 그러나, 현재 WiMedia D-MAC 표준 기술에서는 이러한 3홉 범위의 충돌을 방지하기 위한 3홉 범위의 Hidden DRP 예약 정보를 브로드 캐스트하는 방법이 정의되어 있지 않다. 그림 3 (b)

에서 DEV E가 DEV A의 1홉 범위로 이동한 경우, 비컨 슬롯 충돌이 발생하지 않으므로, 이러한 3홉 범위의 DRP 예약 충돌 문제는 반드시 해결해야 할 문제이다.

III. DRP Conflict Resolution (CR) 기술

3.1. 3홉 범위의 이동 DRP 충돌 해결 기술

2절에서 설명한 3홉 범위의 Hidden DRP 예약 충돌을 해결하는 기술을 제안한다. 만약 DRP Owner가 3홉 범위의 Hidden DRP 예약 정보를 알 수 있다면, 이러한 3홉 범위의 중첩된 MAS를 예약하는 것을 방지할 수 있다. 이를 위해, 그림 4와 같이 새로운 2홉 DRP Availability IE를 제안한다. 이 새로운 2홉 DRP Availability IE는 자신의 모든 1홉 이웃 디바이스들로부터 모든 DRP Availability IE들을 수신하고 결합하여 생성된다. 그리고 이 새로운 2홉 DRP Availability IE는 임의의 디바이스가 그림 3의 DEV A와 DEV E처럼 자신과 2홉 거리 범위의 모든 디바이스들의 현재 슈퍼프레임에서의 DRP 구간 예약 상황을 알려주고자 할 때 사용된다.

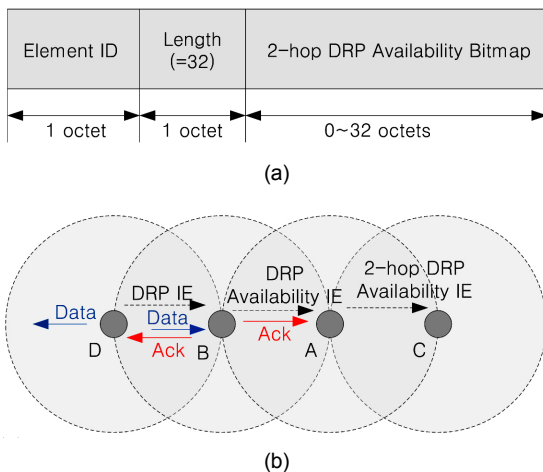


그림 4. 2홉 DRP Availability IE의 포맷과 적용 (a) 제안하는 2홉 DRP Availability IE의 포맷 (b) 디바이스 D가 디바이스 C에게 전송하는 3홉 범위 DRP DB 구간 예약 정보
Fig. 4 Format of 2-hop DRP Availability IE and its operation scenario (a) The format of proposed 2-hop DRP Availability IE (b) Propagation of 3-hop range DRP reservation information from DEV D to DEV C

이러한 새로운 2홉 DRP Availability IE를 사용할 때, 새로운 DRP 예약 협상 절차가 필요하다. 제안된 DRP 협상 절차에서는 DRP Owner 디바이스가 자신의 2홉 DRP Availability IE와 수신 디바이스의 2홉 DRP Availability IE 내에 포함된 정보에 따라 자신과 3홉 범위 안에서 충돌이 없는 MAS 슬롯 블록을 선택하는 과정이 추가된다. 한편 그림 4 (a)에서 2홉 DRP Availability IE의 비트맵 필드는 256 비트의 길이를 갖고, 각 비트는 슈퍼프레임 내의 각 MAS 슬롯들을 나타낸다. 만약 해당 MAS가 자신의 디바이스로부터 2홉 범위의 DRP 예약에 대해 예약 가능한 경우, 그 비트는 1로 설정되고, 그렇지 않으면, 0으로 설정된다.

3.2. DRP 릴레이 통신 기술

본 절에서는, 제안하는 릴레이 통신 기술의 세부사항을 기술한다. 새로운 CoopDRP IE를 제안하며, 새로운 자원 예약 과정을 제안한다. WiMedia 스펙은 이웃 노드들의 전송 속도와 전송 파워에 대한 정보를 제공하는 Link Feedback IE를 제공하고 있다. 모든 디바이스들은 자신의 비컨에 Link Feedback IE를 포함시키기 때문에, 데이터 프레임은 릴레이할 수 있는 잠재적인 릴레이 노드들 선택하기 위해 Link Feedback IE를 사용할 수 있다. Link Feedback IE의 DevAddr 필드는 링크 정보를 요청하는 소스노드의 주소를 설정한다. Transmit Power Level Change 필드는 수신 노드가 소스 노드에게 권장하는 전송 파워 레벨이 달라질 경우 그 변화량을 설정한다. Data Rate 필드는 소스 노드가 사용하도록 수신노드가 권장하는 전송 속도를 설정한다. 이웃 디바이스와 타겟 디바이스 사이의 전송속도에 대한 모든 정보를 수집한 후 소스 디바이스는 최단 시간이 걸리는 전송 기법을 선택한다. 본 논문에서는 direct transmission (DT), relay transmission (RT), cooperative transmission (CT) 라는 세가지 전송 기법을 사용할 것이다. 그림 5는 세가지 전송 기법의 예를 보여주고 있다.

그림 5를 보면, 소스 노드 S₁과 목적지 노드 D₁사이의 링크 상태가 좋다면, DT가 적용된다. S₁과 D₁ 사이의 링크 상태가 좋지 않고, 중간 노드 R₁의 링크 상태가 좋다면, R₁이 릴레이 노드로 선택되며, 전송 기법으로 RT가 적용될 것이다. 또한, S₁과 D₁ 사이의 링크 상태가 나쁘고, 인접 노드인 R₁₁과 R₁₂의 링크 상태가 좋다면, R₁₁과 R₁₂가 릴레이 노드로서 선택되며, D₁에게 데이터

프레임을 보낼 것이다. 소스 노드가 DT를 선택하면, 소스 노드는 WiMedia 표준에 정의된 DRP 예약 협상 과정을 수행한다. 하지만, RT나 CT가 선택된다면, 소스 노드는 CoopDRP IE를 생성한다.

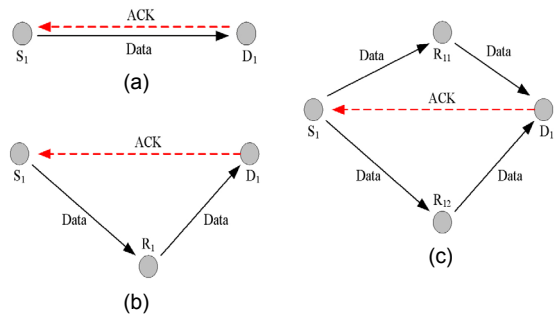


그림 5. 세 가지 전송 기법 사례 (a) 직접 통신 (b) 릴레이 통신 (c) 협력 통신
Fig. 5 Examples of three transmission techniques (a) Direct Transmission (DT) (b) Relay Transmission (RT) (c) Cooperative Transmission (CT)

표 1. CoopDRP의 Reservation Type 필드 설정
Table. 1 Setup of Reservation Type field in CoopDRP

값	예약형태	값	예약형태
0	Alien BP	4	PCA
1	Hard	5	Relay Transmission
2	Soft	6	Cooperative Transmission
3	Private	7	Reinforcement

CoopDRP IE의 포맷은 그림 2의 DRP Control 필드를 따르고, Reservation Type 필드는 예약의 타입을 설정하며, 표 1과 같이 설정된다. 표 1을 보면, 설정 값 0~4는 WiMedia 표준에 의해 정의되었으며, CoopDRP IE를 위해 5~7의 reserved value를 사용하여 정의하였다. Stream Index 필드는 전송되는 데이터 프레임의 스트림을 가리킨다. Reason Code는 DRP 예약 요청이 성공했는지 여부를 가리키기 위해 Target 디바이스에 의해 사용된다.

Reservation Status 비트는 자원 예약 과정의 상태를 보여준다. DRP 자원 예약이 협상중이거나 충돌이 발생할 경우, Reservation Status 비트는 0으로 설정된다. Owner 비트는 CoopDRP IE를 보내는 디바이스가 소스

노드일 경우 1로 설정된다. Conflict Tie-breaker 비트는 CoopDRP IE를 생성할 때, 랜덤한 값으로 설정한다. Unsafe 비트는 DRP 예약 요청이 예약할 수 있는 한계를 넘어설 경우 1로 설정된다. Link Feedback Type 필드는 노드가 제공하는 link feedback의 형태와 포맷을 가리킨다. Priority 필드는 멀티미디어 스트리밍과 같은 어플리케이션의 QoS를 보장하기 위한 우선 순위를 가리킨다. Offset 필드는 목적 노드를 위해 예약된 MAS의 시작지점을 가리킨다. Relay DevAddr 필드는 릴레이 노드의 주소를 가리킨다. 전송 기법이 RT일 경우, Relay DevAddr 2 필드는 제거된다. DRP Allocation 필드는 RT나 CT를 위해 예약된 MAS에 대한 정보를 포함한다.

CoopDRP IE를 생성한 후에, 소스 노드는 자신의 비컨에 CoopDRP IE를 포함하여 이웃 노드들에게 브로드캐스트한다. CoopDRP IE를 수신한 릴레이 노드와 목적지 노드는 수신한 CoopDRP IE의 Owner bit를 0으로 설정한다. 만일 자원 예약 요청을 다른 디바이스들이 사용하는 자원과 중복으로 인해 받아들일 수 없다면, Reservation Status 비트를 0으로 설정하고 Reason Code를 'Conflict'로 설정한다. 소스 노드가 요청한 자원예약이 노드의 범위 밖에 위치한 디바이스에 의해 사용되는 자원과 중복된다면, Reason Code를 Warning으로 설정한다. 그 후, 릴레이 노드와 목적지 노드는 DRP Availability IE와 릴레이 통신 시 자신이 할당하고자 하는 MAS들을 표기한 Resource Allocation IE를 자신의 비컨에 포함시켜 전송한다.

CoopDRP IE, DRP Availability IE, Resource Allocation IE를 수신한 모든 디바이스들은 릴레이 통신과 연관된 디바이스들에 대한 정보를 인식하고, 예약된 자원을 제외한 나머지 자원들을 사용한다. 소스 노드가 DRP Availability IE와 Resource Allocation IE를 수신하면, 소스 노드는 중복되지 않는 자원을 다시 선택한다. 중복되지 않는 자원을 선택한 후, 소스 노드는 CoopDRP IE를 포함한 비컨을 전송한다. 자원 예약을 확정짓기 위해서, 소스 노드는 Reservation Status 비트를 1로 설정하여 비컨 프레임에 포함시킨다. DRP 자원 예약을 종료하기 위해서, 소스 노드는 CoopDRP IE를 비컨에서 제거한다. 그림 6, 7, 8은 소스 노드, 목적지 노드, 릴레이 노드의 자원예약 순서도를 보여주고 있다.

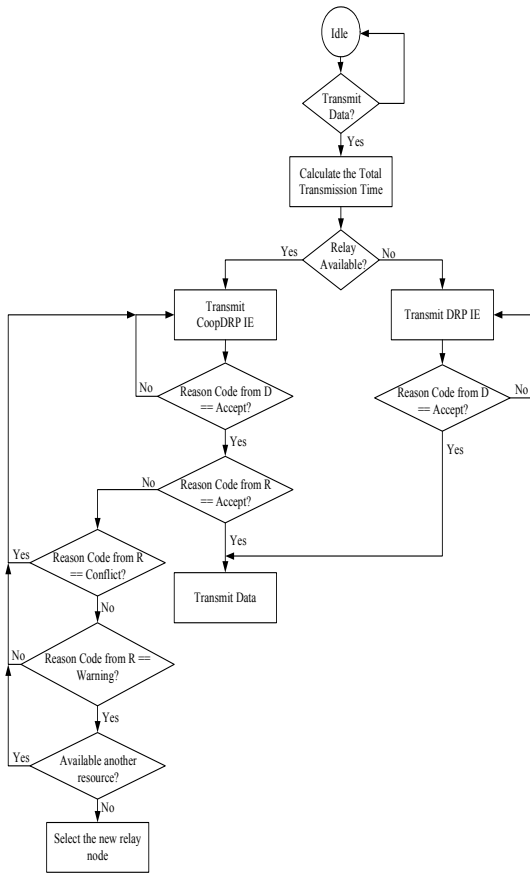


그림 6. 소스 노드의 자원 예약 순서도
 Fig. 6 Flowchart of DRP reservation in the source device

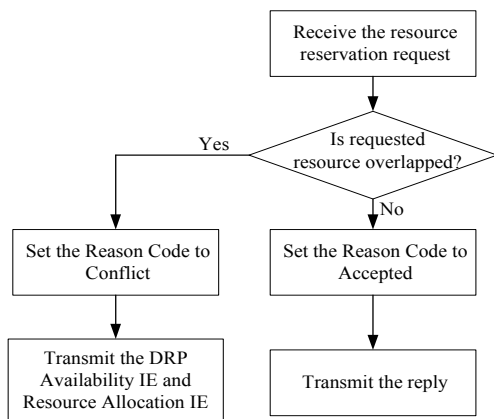


그림 7. 릴레이 노드의 자원 예약 순서도
 Fig. 7 Flowchart of DRP reservation in the relay device

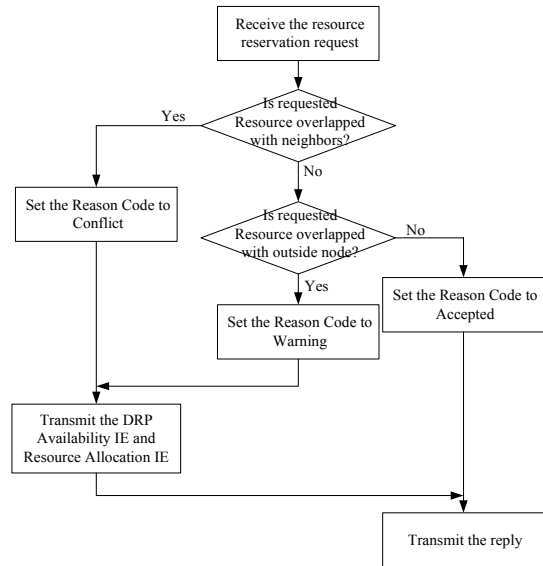


그림 8. 목적지 노드의 자원 예약 순서도
 Fig. 8 Flowchart of DRP reservation in the target device

IV. 시뮬레이션 결과 분석

제안된 방식의 성능 평가 결과는 ns-2 시뮬레이션을 통해 도출하였다 [7,8]. 네트워크 크기는 10제곱미터이며, 최대 20개의 디바이스들이 랜덤하게 위치한다. 본 시뮬레이션에서 기준이 되는 디바이스 자신이 갖는 DRP 예약 구간들이 포함하는 MAS들의 수는 DRP_{own} 으로, 기준 디바이스와 1홉 거리를 갖는 이웃 디바이스들에 의해 예약된 DRP구간들이 갖는 MAS들의 수는 L_{1-hop} 으로, 그리고 기준 디바이스와 2홉 거리를 갖는 이웃디바이스들에 의해 예약된 DRP구간들이 갖는 MAS들의 수는 L_{2-hop} 으로, 그리고 기준 디바이스와 3홉 거리를 갖는 이웃디바이스들에 의해 예약된 DRP구간들이 갖는 MAS들의 수는 L_{3-hop} 으로 각각 표기하였다. 한편, 각 디바이스는 m_{in} 및 m_{out} 과 같은 2 종류의 이동성을 갖는다. m_{in} 은 임의의 디바이스가 기준 디바이스로 1홉 더 가까이 이동하는 확률이고, m_{out} 은 기준 디바이스로부터 1홉 더 멀리 이동하는 확률을 나타낸다.

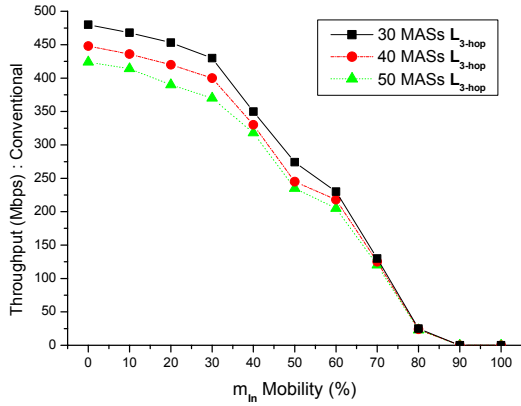


그림 9. D-MAC 디바이스의 m_{in} 확률에 따른 수율 성능
Fig. 9 Throughput of a D-MAC device according to m_{in} probabilities

본 실험에서 설정된 변수 값은 $L_{1-hop} : 30MAS$, $L_{2-hop} : 30MAS$, $L_{3-hop} : 20MAS$, $DRP_{own} : 20MAS$, $m_{Out} : 0.2$ 와 같이 설정하였다. 그림 9는 WiMedia D-MAC 디바이스의 m_{in} 확률과 수율 간의 관계를 나타낸다. 그림 9에서 보인 바와 같이, WiMedia D-MAC 디바이스의 m_{in} 확률의 증가가 3홉 DRP 예약 충돌을 직접적으로 발생시키기 때문에 m_{in} 확률에 따라 D-MAC 디바이스의 수율은 비례적으로 크게 감소함을 알 수 있다.

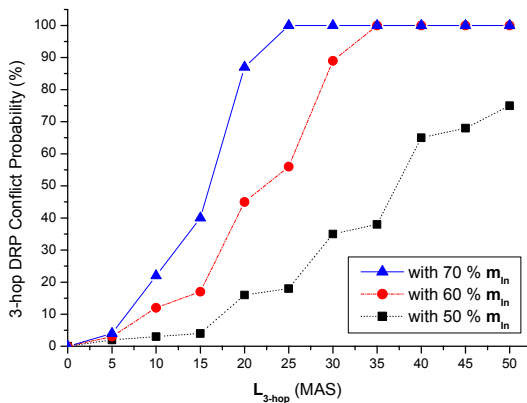


그림 10. 3홉 거리 범위 DRP 예약량에 따른 DRP 충돌확률
Fig. 10 DRP collision probabilities according to 3-hop DRP reservations

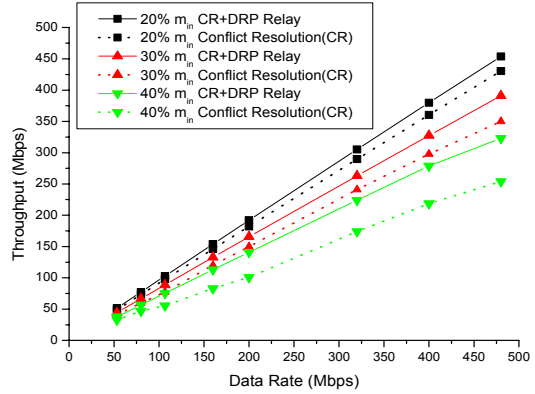


그림 11. Conflict Resolution과 DRP 릴레이에 따른 수율
Fig. 11 Throughput performances with Conflict Resolution and DRP Relay techniques

그림 10은 3홉 Hidden DRP 예약들에 의한 L_{3-hop} 슬롯 수에 따른 3홉 DRP 예약 충돌 확률의 변화를 나타낸다. 그림 10에서, L_{3-hop} 슬롯 수가 증가함에 따라, 3홉 DRP 예약 충돌 확률이 급격하게 증가함을 알 수 있다. 이러한 결과는 3홉 DRP 충돌 확률이 L_{3-hop} 슬롯 수에 의해 크게 영향을 받음을 알 수 있다. 따라서, WiMedia D-MAC 기술을 발전시키기 위해서는 이러한 3홉 DRP 예약 충돌 문제를 심각하게 고려해야 함을 알 수 있다.

그림 11은 Conflict Resolution(CR)과 DRP 릴레이 방식을 함께 적용한 경우에 따른 수율 성능을 나타낸다. 여기서 CR은 2홉 DRP Availability IE를 적용한 것을 나타낸다. 그림 11의 결과를 분석하면, 3홉 Hidden DRP 구간을 예약한 디바이스들이 더 높은 m_{in} 확률로 이동할 경우 DRP 충돌이 증가함에 따라, 제안한 DRP 릴레이 통신 기술을 적용 효과가 증가함을 알 수 있다. 아울러, CR 기술과 더불어 제안한 DRP 릴레이 기술을 적용하여 디바이스들의 이동성이 증가하더라도 DRP 충돌로 인한 수율 성능 감소 현상을 더욱 완화할 수 있음을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문에서 제안하는 릴레이 선택 기법은 멀티 홉 네트워크 환경에서 노드 이동으로 인해 발생할 수 있는

간섭이나 충돌을 회피할 수 있다. 또한, 각각의 디바이스들이 분산적으로 릴레이 노드를 선택하고, 자원을 예약할 수 있도록, 새로운 CoopDRP IE를 제안하였으며, 이들을 이용하여 새로운 전송 경로를 예약하도록 하는 새로운 DRP 자원 예약 협상 과정을 제안하였다. 성능 평가 및 분석을 통해, CR 기술과 더불어 제안한 릴레이 통신 기술을 적용하여 디바이스들의 이동성이 증가하더라도 DRP 충돌로 인한 수율 성능 감소 현상을 완화할 수 있음을 증명하였다.

감사의 글

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2010-0002366). 또한 이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2011- 0016145).

REFERENCES

[1] J. Del Prado Pavon, N. Sai Shankar, V. Gaddam, K. Challapali and Chun-Ting Chou, "The MBOA-WiMedia specification for ultra wideband distributed networks," *IEEE*

Communications Magazine, vol. 44, no. 6, pp. 128-134, June 2006.

[2] 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.

[3] IEEE 802.15.3, *Wireless Medium Access Control and Physical Layer Specification for High Rate Wireless Personal Area Networks*, IEEE, Piscataway, N.J., 2003.

[4] Hun-Ting Chou, J. Del Prado Pavon, and N. Sai Shankar, "Mobility Support Enhancements for the WiMedia UWB MAC Protocol," *Proceedings of 2nd International Conference on Broadband Networks (BROADNETS 2005)*, vol. 2, pp. 136-142, Oct. 2005.

[5] WiMedia, *Distributed Medium Access Control (MAC) for Wireless Networks*, WiMedia MAC Release Specification 1.5, Dec. 2009.

[6] WiMedia, *WiMedia Logical Link Control Protocol (WLP)*, WiMedia WLP Specification Draft 1.0, Aug. 2007.

[7] 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.

[8] J.-W. Kim, K. Hur, J. Park, and D.-S. Eom, "A Distributed MAC Design for Data Collision-Free Wireless USB Home Networks," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 55, no. 3, pp. 1337-1343, Aug. 2009.



허 경(Kyeong Hur)

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