

선박 네트워크에서 스마트 장치간 연결성 향상을 위한 릴레이 통신 기법

이성로*, 김범무*, 권장우**, 정민아***, 김진우°

Relay Communication Scheme for Connectivity Improvement between Smart Devices in Ship Area Networks

Seong Ro Lee*, Beom-mu Kim*, Jang-Woo Kwon**, Min-A Jeong***, Jin-Woo Kim°

요약

본 논문에서는 디바이스의 이동으로 인한 WiMedia 네트워크의 성능 저하를 개선하기 위한 릴레이 통신 기법을 제안하였다. WiMedia 프로토콜은 고속의 전송속도를 지원하기 때문에, 선박 네트워크(Ship Area Network)등과 같은 환경에서 고속의 전송률을 요구하는 실시간 멀티미디어 서비스 제공과 같은 응용분야에 적합하다. 하지만, 디바이스의 이동은 네트워크 토폴로지와 디바이스간 링크 상태의 급격한 변화를 야기하며, 네트워크의 성능 저하의 원인이 되기도 한다. 본 논문에서는 기존의 WiMedia 프로토콜에서는 채널의 링크 상태 변화를 적절하게 대처하지 못하여 발생하는 네트워크 성능저하를 해결하는 릴레이 통신 기법을 제안하였다.

Key Words : UWB, Ship Area Network, Relay Communication, Network Connectivity, WiMedia

ABSTRACT

In this paper, a relay communication scheme for enhancing the WiMedia network performance by device's mobility is proposed. WiMedia protocol is suitable for the application that supports the real-time multimedia service in Ship Area Network since it supports high speed data transfer. However, the device's mobility is caused the dramatic change of link state and network topology, and is occurred the degradation of network performance. Therefore, a relay communication scheme for WiMedia network is proposed in this paper. The proposed technique can intelligently treat the change of link state, and solve the degradation of network performance.

※ 이 논문은 2014년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2009-0093828)과 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 IT융합 고급인력과정 지원사업(NIPA-2014-H0401-14-1009). and This work was supported by INHA UNIVERSITY Research Grant. (INHA-47274)

♦ First Author : Mokpo National University Department of Information & Electronics Engineering, srlee@mokpo.ac.kr, 중신회원

° Corresponding Author : Mokpo National University Institute Research of Information Science and Engineering, jjin300@gmail.com, 정희원

* Mokpo National University Department of Electronics Engineering, ktiger1907@mokpo.ac.kr, 정희원

** Inha University Department of Computer Science & Information Technology, jwkwon@inha.ac.kr

*** Mokpo National University Department of Computer Engineering, majung@mokpo.ac.kr, 정희원

논문번호 : KICS2014-10-397, Received October 8, 2014; Revised November 17, 2014; Accepted November 17, 2014

I. 서론

UWB(Ultra Wide Band) 기술은 무선 환경에서 수백 Mbps의 전송 속도를 제공하면서도 기존의 무선랜(WLAN) 장치에서 소요되는 전력량의 5분의 1 수준의 전력을 소모한다는 장점 때문에, 홈 네트워크(Home Network), 또는 선박 네트워크(Ship Area Network)등과 같은 환경에서 고속의 전송률을 요구하는 실시간 멀티미디어 서비스 제공과 같은 응용분야에 적합하다. 하지만, 무선랜에 비해 짧은 전송 범위와 장애물을 통과하지 못한다는 단점이 있다¹⁻³⁾.

WiMedia 연합은 UWB 기술을 기반으로 하는 새로운 WPAN 표준을 발표하였다⁴⁾. WiMedia PHY 계층은 최대 480Mbps의 데이터 전송률을 지원하며, MAC 계층은 Ad-hoc을 기반으로 각각의 디바이스들이 자원을 공유하는 분산방식의 MAC 프로토콜을 지원한다. WiMedia MAC 프로토콜은 네트워크를 관리하는 코디네이터가 없는 Ad-hoc 방식을 채택하였기 때문에, 모든 디바이스들이 네트워크 관리정보를 포함하는 비콘 프레임을 브로드캐스팅한다.

WiMedia MAC 프로토콜은 UWB PHY 기술을 사용하기 때문에, 통신 거리와 장애물에 민감하다는 문제점이 있다. 특히, WiMedia 디바이스들은 무선 장치들이기 때문에, 자유롭게 이동할 수 있으며, 이러한 이동성은 무선 채널 상태의 빈번한 변동과 장애물에 의한 통신 단절의 원인이 될 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로 주변의 무선 디바이스를 중계 장치로 이용하는 방법이 있다. 무선 네트워크가 형성되는 환경에 별도의 중계 장치를 설치하여 링크의 단절이 발생할 경우, 중계 장치를 경유하여 목적지 디바이스에게 데이터를 전달할 수도 있다. 하지만 별도의 중계 장치를 설치하는 것은 네트워크를 형성하는 디바이스들 외에 별도의 장치를 추가로 설치해야 하기 때문에, 설치비용이 많이 드는 단점이 있다. 또한, Ad-hoc 기반의 WiMedia 네트워크는 토폴로지의 형

성이나 변화가 자유롭기 때문에, 무선 채널상태의 악화나 링크 단절 발생 여부를 미리 예측하는 것이 불가능하며, 그에 따른 중계 장치의 설치 또한 디바이스 이동에 의한 링크 단절을 해결하지 못하는 상황이 발생할 수도 있다. 특히, 사람들의 이동이 빈번한 선박 네트워크 환경에서는 이러한 디바이스 이동에 의한 링크 상태의 악화가 자주 발생하게 된다. 따라서, 본 논문에서는 WiMedia 네트워크를 형성하는 주변 디바이스들을 중계 장치로 이용하여, 장애물이나 링크 상태의 저하를 회피함으로써 링크 단절 및 네트워크 성능 저하를 해결하는 릴레이 통신 기법을 제안한다. 또한, 제안하는 알고리즘은 주변 노드들 중에서 가장 채널 상태가 좋은 노드를 통해 데이터를 전달할 수 있는 장애물 및 링크상태의 저하를 회피하기 위한 디바이스간 무선 통신 기법을 제공한다.

II. WiMedia MAC 계층의 구조

WiMedia MAC 프로토콜은 고정된 시간 길이를 갖는 superframe을 통신을 요청하는 디바이스들이 공유하는 분산방식의 MAC 프로토콜이다. 네트워크를 형성하는 모든 WiMedia 디바이스들은 중앙의 코디네이터의 도움없이 자원을 공유하기 위해 동기화와 네트워크 관리 정보를 알리기 위한 비콘 프레임을 브로드캐스팅한다. WiMedia MAC에서 자원을 할당하는 기법으로 경쟁 기반의 PCA (Prioritized Contention Access) 기법과 예약 기반의 DRP (Distributed Reservation Protocol) 기법을 제공한다.

그림 1은 WiMedia MAC 프로토콜의 superframe 구조를 보여준다.

그림 1을 보면, Superframe은 256개의 MAS (Medium Access Slot)로 구성되어 있고, 각 MAS는 256us의 시간길이를 가진다. 각 superframe의 시작 부분에는 모든 디바이스들이 beacon을 교환하기 위한 BP(Beacon Period) 구간을 가지고 있다. WiMedia

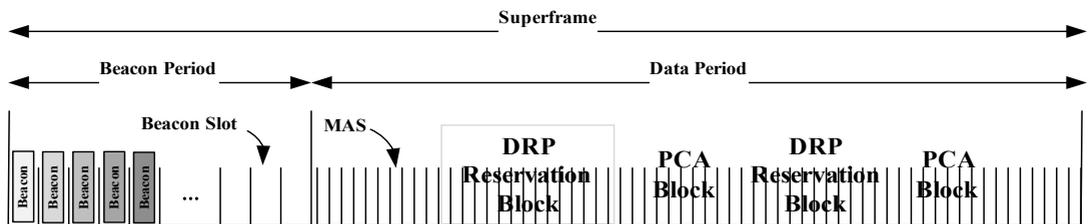


그림 1. WiMedia MAC 프로토콜의 superframe 구조
Fig. 1. The superframe structure of WiMedia MAC

MAC 프로토콜에서, beacon은 시스템의 동기 유지, 네트워크 정보 획득, 그리고 채널 접근들을 조정하기 위해 사용된다. BP 이외의 구간은 DTP(Data Transfer Period)라고 하며, 데이터 전송을 위해 사용되는 구간이다.

WiMedia MAC 프로토콜에서는 Parameterized QoS와 Prioritized QoS 이 두 가지 형태의 QoS를 제공하며, 이는 각각 DRP와 PCA로 분류되는 매체 접근방식에 적용이 된다^[1]. PCA방식은 IEEE 802.11e와 유사하게 트래픽에 여러 개의 우선순위를 부여하여 QoS를 보장하는 방식을 사용한다. PCA는 CSMA/CA방식을 사용하며, 각각의 트래픽에 네 개의 카테고리리를 부여하여, 트래픽의 차별화를 시도하였다.

또한 네 가지 카테고리에 우선순위를 적용하여, 총 7개의 우선순위로 트래픽을 구분할 수 있다. DRP 방식은 비컨 구간에서 사전 예약을 통한 비경쟁 기반의 채널 접근을 제공한다. Beaconing을 통하여 같은 BP(Beacon Period)를 공유하는 디바이스들은 superframe내의 MAS 점유 상태를 알 수 있고, 통신을 위한 사전 예약을 할 수 있다. 사전 예약방식에는 두 가지의 DRP 예약 메커니즘(Hard or Soft reservation)을 지원한다. Hard reservation은 자신의 통신 상태와 채널 자원을 단독으로 사용하고, 이 예약 구간 동안 다른 디바이스의 통신요청은 수락되지 않는다. 이와 달리 soft reservation은 통신상대와의 연결 설정 후 남은 예약 구간에 대하여 요청이 있는 디바이스들 간의 경쟁을 통해 MAS를 재 할당 할 수 있다.

III. 본 론

3.1 Connection Loss Detection

링크 고장이 발생하면 비컨 프레임 혹은 데이터 프레임을 수신하지 못한다. 비컨 프레임을 수신하지 못하는 경우, 디바이스는 자신의 비컨에 relay request IE를 포함시켜 브로드캐스팅한다. 데이터 프레임을 수신하지 못한 목적지 노드는 당연히 ACK 프레임을 전송하지 못한다. 따라서, ACK 프레임을 수신하지 못

한 경우, 소스 디바이스는 자신의 비컨에 Relay Request IE를 포함시켜 브로드캐스팅한다.

그림 2는 Relay Request IE의 구조를 보여주고 있다. 그림 2에서 Destination DevAddr은 데이터가 전달되는 목적지 주소를 가리키며, Relay DevAddr 필드는 데이터를 전송하는 소스 노드가 가장 좋은 링크를 갖는다고 판단한 릴레이 노드의 주소이다. CSI Lifetime 필드는 릴레이 노드에 대한 링크 상태를 갱신한 시간을 기록한다. CSI S-R 필드는 소스 노드가 수집한 소스 노드와 선택한 릴레이 노드 사이의 링크 상태를 설정한다. CSI R-D 필드는 소스 노드가 수집한 릴레이 노드와 목적지 노드 사이의 링크 상태를 설정한다.

Relay Request IE가 포함된 비컨을 수신한 디바이스들은 목적지 주소 필드를 확인하여 자신의 이웃 노드들 중에 목적지 주소를 갖는 노드가 있는지 확인한다. 이웃 노드들 중에 목적지 디바이스가 있을 경우, CSI Lifetime 필드 값과 자신의 이웃 노드 링크 정보 테이블의 타임스탬프 필드를 비교하여 자신의 타임스탬프 필드 값이 최신일 경우 CSI S-R 필드 값과 CSI R-D 필드 값을 자신의 이웃 노드 링크 정보 테이블의 내용과 비교하여 테이블의 내용이 더 나은 정보를 갖고 있다면, Relay Response IE를 자신의 비컨 프레임에 포함시켜서 브로드캐스팅한다. 자신의 타임스탬프 필드 값이 과거의 것일 경우 해당 IE를 무시한다. Relay Request IE에 대한 응답은 Relay DevAddr 필드에 설정된 주소에 상관없이 수신한 디바이스들은 모두 자신의 이웃 노드 링크 정보 테이블과 비교하여 해당 사항이 있는지 여부를 확인한다.

Relay Response IE를 포함한 비컨 프레임을 수신한 소스 노드는 Relay Response IE를 전송한 디바이스들중에서 가장 좋은 링크 상태를 갖는 디바이스를 릴레이 노드로 선정하여 릴레이 통신을 수행한다.

3.2 Link status information management

와이미디어 표준에서 각각의 디바이스들은 이웃 디바이스들에 대한 정보를 비컨 프레임에 포함되는

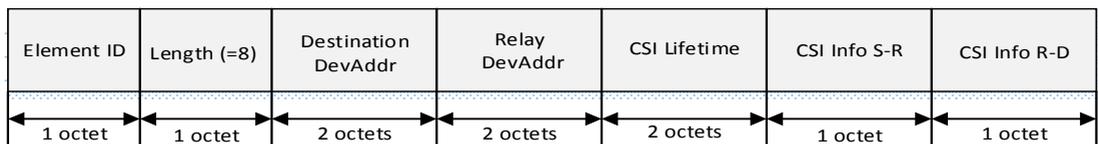


그림 2. Relay Request IE의 구조
Fig. 2. The format of Relay Request IE

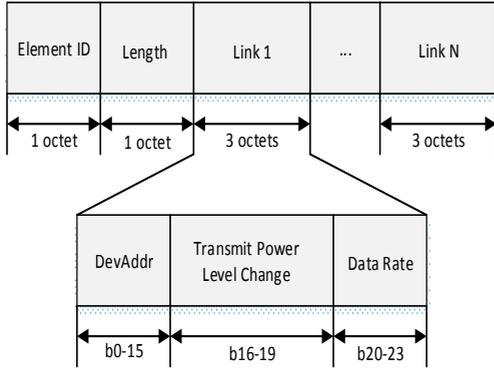


그림 3. Link Feedback IE의 구조
Fig. 3. The format of Link Feedback IE

Link Feedback IE를 통해 수집한다. Link Feedback IE의 구조는 그림 3과 같다.

그림 3에서 Link 필드는 이웃 디바이스들과 설정된 링크 상태에 대한 정보를 나타낸다. Link 필드의 DevAddr 서브필드는 비컨을 전송하는 디바이스와 연결이 설정된 수신 디바이스의 주소를 나타낸다. Transmit Power Level Change 서브 필드는 비컨을 전송하는 디바이스가 현재 링크 상태를 고려하여 권장하는 Link Feedback IE의 수신 디바이스의 전송 전력을 나타낸다. Data Rate 서브 필드는 비컨을 전송하는 디바이스가 권장하는 Link Feedback IE의 수신 디바이스의 데이터 전송속도를 나타낸다.

WiMedia PHY는 링크 상태에 따라 전송하는 데이터 레이트를 조절하기 때문에, 링크 상태에 대한 정보를 Data Rate 서브필드로 표현하였다. 데이터를 전송하는 소스 디바이스는 Link Feedback IE를 통해서 이웃 디바이스들과 설정된 링크 상태를 파악할 수 있다. 또한, 소스 디바이스는 이웃 디바이스들이 브로드캐스팅하는 Link Feedback IE를 통하여 이웃 디바이스와 연결된 디바이스들 사이의 링크 상태에 대한 정보 또한 수집할 수 있다. 각 WiMedia 디바이스들은 수신한 Link Feedback IE를 통하여 NLST(Neighbor Link State Table)을 생성할 수 있다. 표 1은 NLST의 예를 보여준다.

표 1을 참조하면, Dev Address 필드는 잠재적인 릴레이 후보 노드들인 이웃 디바이스들의 주소를 의미한다. Time Stamp 필드는 이웃 디바이스로부터 링크 상태에 대한 정보를 수신한 시간을 기록한다. RSR 필드는 수신한 Link Feedback IE로부터 이웃 디바이스와 자신과의 링크 상태에 따른 데이터 전송속도를 기록한다. RRD는 수신한 Link Feedback IE로부터

표 1. NLST의 예
Table 1. Example of NLST

Dev Address	Time Stamp	RSR	RRD
MAC address of neighbor 1	Time that receives the link state information from neighbor 1	Data rate between neighbor 1 and source device	Data rate between neighbor 1 and destination device
MAC address of neighbor n	Time that receives the link state information from neighbor n	Data rate between neighbor n and source device	Data rate between neighbor n and destination device

이웃 디바이스와 목적지 디바이스 사이의 링크 상태에 따른 데이터 전송 속도를 기록한다. WiMedia 디바이스들은 이웃 디바이스들로부터 비컨 프레임을 수신할 때마다 Link Feedback IE를 확인하여 NLST 테이블을 주기적으로 갱신한다.

3.3 Relay node selection

링크 고장이 발생하면 소스 디바이스는 우회 경로 설정을 위한 릴레이 디바이스를 선택해야 한다. 릴레이 디바이스를 선택하기 위해 소스 디바이스는 자신의 NLST 테이블을 확인하여 최소의 릴레이 전송 시간을 제공하는 최적의 이웃 디바이스를 결정한다. 이를 위해 이용 가능한 경로 (direct path와 relay path)에서의 전송지연시간을 계산해야 한다. 표 2는 경로별 전송지연시간을 계산하는 데 사용되는 수식에 대해 설명한다. 여기서 MAC header와 ACK frame은 기본 data rate로 전송된다. 릴레이 전송 시간은 T_{S-R} 과 T_{R-D} 의 합이 된다. 목적지 디바이스에게 도달하는 여러 우회 경로들 중에서 가장 짧은 우회 경로를 갖는 이웃 디바이스를 수율 극대화 관점에서 relay transmission이 적합하다고 판단하며, 릴레이 디바이스로 선정한다. 또한 릴레이 전송 시간을 결정하는 가장 큰 요인은 데이터 전송속도이며, 디바이스의 데이터 전송속도는 링크 상태에 의해 결정되기 때문에, 가장 높은 전송속도를 갖는 디바이스가 가장 좋은 링크상태를 갖는다고 할 수 있다. 이때, 예상되는 T_{Relay} 의 값은 식(1)과 같이 도출된다.

$$T_{Relay} = 2 \cdot \frac{N_f \cdot L_h}{R_{min}} + \frac{L_f \cdot L_p}{R_{S-R}} + \frac{N_f \cdot L_p}{R_{R-D}} + 2 \cdot (N_f - 1) \cdot T_{MIFS} + 2T_{SIFS} \quad (1)$$

표 2. 릴레이 전송시간 수식의 구성
Table 2. Notation of Relay Transmission Time calculation

Variable	Description
T_{relay}	Relay Transmission Time
$T_{\text{S-R}}$	Transmission time between source and relay
$T_{\text{R-D}}$	Transmission time between relay and destination
$R_{\text{S-R}}$	Data rate between source and relay
$R_{\text{R-D}}$	Data rate between relay and destination
T_{MIFS} T_{SIFS}	Interframe space interval defined by WiMedia standard
R_{min}	Basic data rate defined by WiMedia standard
N_f	Number of data frames
L_h	Length of MAC header
L_p	Length of MAC frame payload

3.4 릴레이 전송을 위한 자원 예약

이웃 디바이스들 중 송신 PHY 데이터 전송률이 가장 높은 릴레이 노드를 선택하여 릴레이 전송을 위한 DRP 자원 예약을 실시한다. 기존의 WiMedia를 위한 릴레이 통신 기법은 비컨 프레임의 교환을 통해 DRP 자원 예약을 실시하였다. 하지만, 이 경우, 한 슈퍼프레임 구간 내에서 자원예약이 완료된다는 보장이 없다. 따라서, 본 논문에서는 자원 예약에 필요한 시간을 단축시키기 위한 새로운 자원 예약 기법을 제안한다.

소스 디바이스는 링크 고장을 감지하면, 릴레이 통신을 위한 Relay Request IE를 비컨 프레임에 포함시켜 브로드캐스팅한다. Relay Request IE를 수신한 이

웃 디바이스들은 앞에서 설명한 바와 같이 Relay Response IE를 자신의 비컨 프레임에 포함시켜 브로드캐스팅한다. 그림 4는 Relay Response IE의 구조를 보여준다.

그림 4를 참조하면, Destination DevAddr 필드는 소스 디바이스가 데이터를 전송하고자 하는 목적지 디바이스를 나타낸다. CSI Info S-R 필드는 소스 노드와 Relay Response IE를 전송한 이웃 디바이스간 설정된 링크의 데이터 전송 속도를 가리킨다. CSI Info R-D 필드는 소스 노드와 Relay Response IE를 전송한 이웃 디바이스간 설정된 링크의 데이터 전송 속도를 가리킨다. DRP Availability Bitmap 필드는 현재 슈퍼프레임 구간에서 예약가능한 구간에 대한 정보를 비트맵으로 표현한 필드이다. 비트맵에서 1로 설정된 순서와 일치하는 타임 슬롯은 예약이 가능한 구간으로 표현된다. Relay Response IE를 수신한 소스 디바이스는 가장 좋은 링크상태를 갖는 이웃 디바이스를 릴레이 디바이스로 선택하며, 이용 가능한 슈퍼프레임 구간중 일부를 릴레이 통신을 위한 구간으로 예약한다. 릴레이 통신을 위한 구간을 예약하기 위해 소스 디바이스는 Relay Confirm command 프레임을 PCA 구간에서 브로드캐스팅한다.

그림 5는 Relay Confirm command 프레임의 구조를 보여준다. 그림 5를 참조하면, RelayAddr 필드는 소스 디바이스가 선택한 릴레이 디바이스의 주소를 나타낸다. DRP Allocation 필드는 소스 디바이스가 릴레이 통신을 위해 예약한 구간에 대한 정보를 포함한다. Relay Confirm command 프레임을 수신한 릴레이 디바이스는 PCA 구간에서 목적지 디바이스에게 수신한 Relay Confirm command 프레임을 그대로 포



그림 4. Relay Response IE의 구조
Fig. 4. The format of Relay Response IE

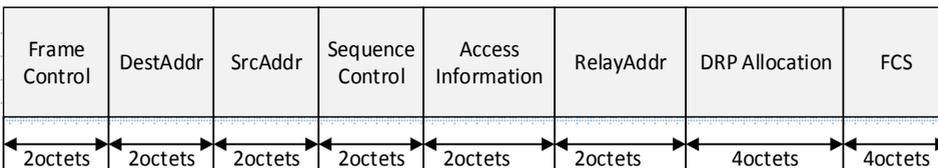


그림 5. Relay Confirm command 프레임의 구조
Fig. 5. The format of Relay Confirm command frame

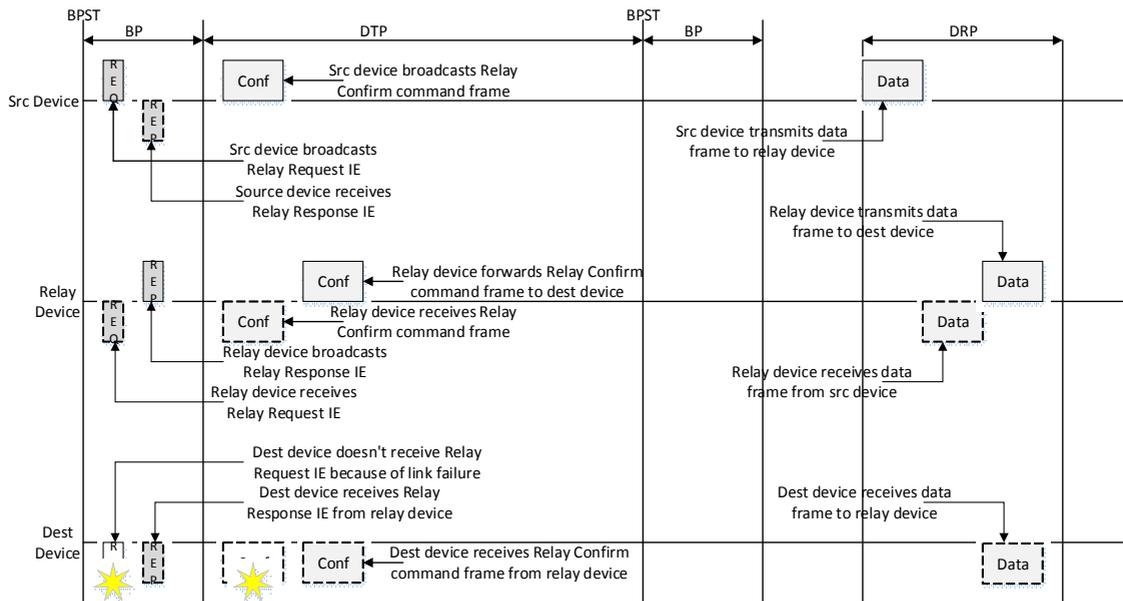


그림 6. 제안하는 기법을 이용한 릴레이 통신의 예
Fig. 6. Example of relay communication using the proposed scheme

위딩하여 목적지 디바이스가 릴레이 통신을 위한 정보를 확인할 수 있도록 한다. 릴레이 디바이스로 선택되지 않은 이웃 디바이스들은 Relay Confirm command 프레임 수신하면 DRP Allocation 필드를 확인하여 릴레이 통신을 위해 예약된 구간은 피해 통신을 수행한다.

그림 6은 제안하는 기법을 이용한 디바이스들간 릴레이 통신의 예를 보여주고 있다. 그림 6을 보면 소스 디바이스는 비컨 구간에서 Relay Request IE를 포함한 비컨을 브로드캐스팅한다. Relay Request IE를 수신한 릴레이 디바이스는 Relay Response IE를 포함한 비컨을 브로드캐스팅한다. 목적지 디바이스는 소스 디바이스와의 링크 고장이 발생했기 때문에, 소스 디바이스로부터 Relay Request IE를 수신하지 못한다. 하지만, 릴레이 디바이스로부터 Relay Response IE를 포함한 비컨 프레임을 수신할 수 있기 때문에, 릴레이 통신에 대한 정보를 수신할 수 있다. Relay Response IE를 수신한 소스 디바이스는 PCA 구간에서 DRP 예약 정보를 포함한 Relay Confirm command 프레임을 릴레이 디바이스에게 전송한다. Relay confirm command 프레임을 수신한 릴레이 디바이스는 릴레이 통신을 위한 예약 정보를 알리기 위해 목적지 디바이스에게 Relay Confirm command 프레임을 포워딩한다. Relay Confirm command 프레임을 수신한 디바이스는 릴레이 통신을 위한 예약 정보를 확인 후 다

음 슈퍼프레임 구간부터 예약된 DRP 구간에서 릴레이 통신을 수행한다.

그림 7, 8, 9는 소스 디바이스, 목적지 디바이스, 릴레이 디바이스의 동작 순서도를 보여주고 있다.

그림 7을 보면, 링크고장을 감지한 디바이스는 Relay Request IE를 포함시킨 비컨 프레임을 브로드캐스팅한다. 이웃 디바이스들로부터 Relay Response IE를 포함한 비컨 프레임을 수신하면, 릴레이 통신에 필요한 총 전송 시간을 계산한 후 비교하여 가장 적은 전송시간을 갖는 이웃 디바이스를 릴레이 디바이스로 선택한다. 릴레이 디바이스가 전송한 Relay Response IE의 DRP Availability bitmap 필드를 확인하여 예약 가능한 자원이 있는지 확인한다. 없을 경우 다른 이웃 디바이스를 릴레이 디바이스로 선택한다. 예약가능한 자원이 존재한다면, 해당 디바이스에게 PCA 구간에서 Relay Confirm command 프레임을 브로드캐스팅한다. 예약한 DRP 구간에서 데이터 프레임을 릴레이 디바이스에게 전송한다.

그림 8을 보면, Relay Request IE를 포함한 비컨 프레임을 수신한 디바이스들은 자신의 NLST 테이블을 확인한다. 자신의 NLST 테이블에 목적지 디바이스가 있다면, Relay Response IE를 비컨 프레임에 포함시켜 브로드캐스팅한다. 소스 디바이스로부터 Relay Confirm command 프레임을 수신한 후, 릴레이 디바이스로 선택되었다면, Relay Confirm

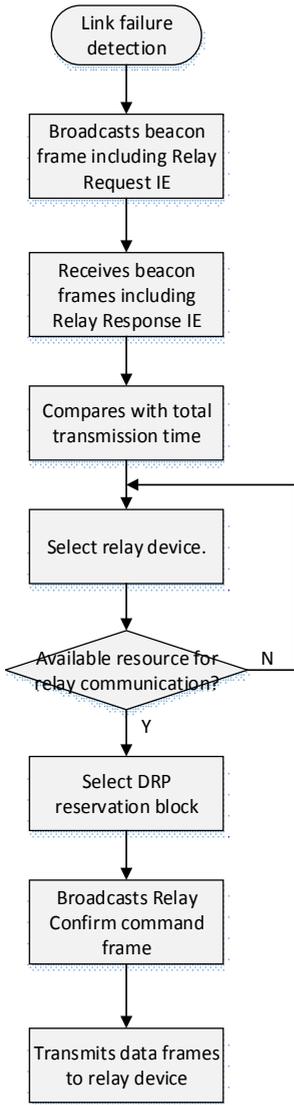


그림 7. 소스 디바이스의 동작 순서도
Fig. 7. Flow chart for source device

command 프레임은 목적지 디바이스에게 포워딩한다. 예약한 DRP 구간에서 소스 디바이스로부터 수신한 데이터 프레임을 목적지 디바이스에게 전송한다.

그림 9를 보면, Relay Response IE를 포함한 비컨 프레임을 수신한 목적지 디바이스는 Relay Confirm command 프레임을 수신하기 위해 대기한다. Relay Confirm command 프레임을 수신하면 DRP Allocation 필드를 확인하여 예약된 DRP 구간을 확인한다. 예약된 DRP 구간에서 릴레이 디바이스로부터 데이터 프레임을 수신한다.

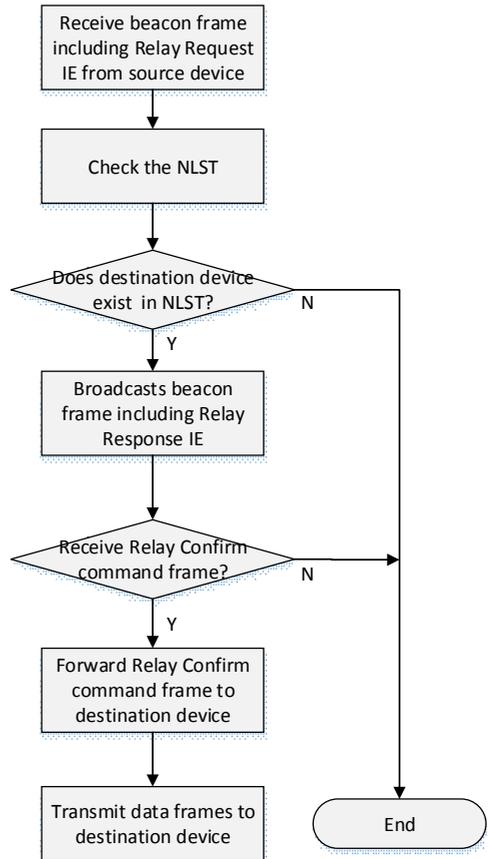


그림 8. 릴레이 디바이스의 동작 순서도
Fig. 8. Flow chart for relay device

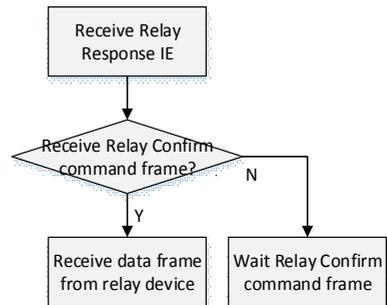


그림 9. 목적지 디바이스의 동작 순서도
Fig. 9. Flow chart for destination device

IV. 실험

본 절에서는 본 논문에서 제안하는 분산협력방식기반의 WiMedia 프로토콜이 기존에 제안된 WiMedia 프로토콜보다 성능이 향상됨을 제시하기 위하여 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 검증하였다. 시뮬레이션에 사용한 파라미터는 표 3과 같다.

표 3. 시뮬레이션 파라미터
Table 3. Simulation Parameter

Parameter	Value
Network Size	100m x 100m
Basic Data Rate	53.3Mbps
Bandwidth	528Mhz
Superframe Length	65.536ms
MAS size	256 μ s
Beacon Slot time	85 μ s
Symbol Length	312.5ns
Preamble Length	9.375 μ s
Header Length	3.75 μ s
SIFS	10 μ s
MIFS	1.875 μ s
Transmission Power	-41.3dB/Mhz
MSDU size	1024bytes

그림 10은 디바이스의 이동속도에 따른 패킷 손실률을 보였다. 그림 10을 보면 기존의 와이미디어 표준에서는 패킷 손실이 발생할 확률은 최대 속도 0.4m/s로 이동하는 디바이스에 대한 실험에서 9%, 최대 속도 0.8m/s로 이동하는 디바이스에 대한 실험에서 13%, 최대 속도 1.2m/s로 이동하는 디바이스에 대한 실험에서 18%, 최대 속도 1.6m/s로 이동하는 디바이스에 대한 실험에서 25%, 최대 속도 2m/s로 이동하는 디바이스에 대한 실험에서 32%로서 디바이스의 이동속도가 증가함에 따라 패킷 손실률이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 제안하는 기법을 사용할 경우, 패킷 손실이 발생할 확률은 최대 속도 0.4m/s로 이동하는 디바이스에 대한 실험에서 4%, 최대 속도 0.8m/s로 이동하는 디바이스에 대한 실험에서 6%, 최대 속도 1.2m/s로 이동하는 디바이스에 대한 실험에서 7%, 최대 속도 1.6m/s로 이동하는 디바이스에 대한 실험에서

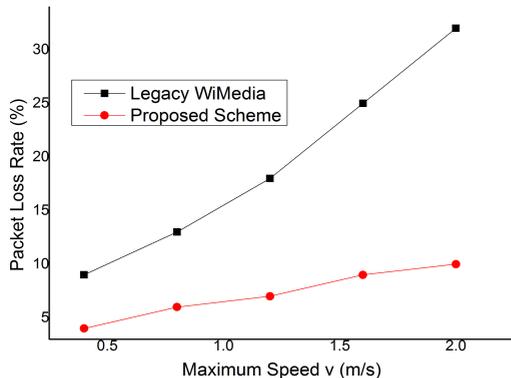


그림 10. 디바이스의 이동속도에 따른 패킷 손실률 비교
Fig. 10. Packet Loss Rate vs. Device's Speed

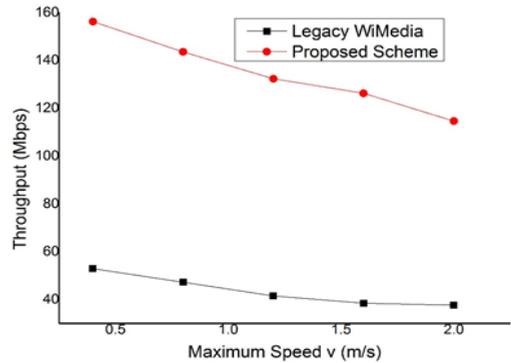


그림 11. 디바이스의 이동속도에 따른 수율 비교
Fig. 11. Throughput vs. Device's Speed

서 9%, 최대 속도 2m/s로 이동하는 디바이스에 대한 실험에서 10%로서 기존의 와이미디어 표준보다 훨씬 적은 패킷 손실률을 보여준다. 디바이스의 이동 속도가 증가하면 무선 링크의 상태의 변화가 심해지며 수신 노드에게 데이터를 전달할 확률이 떨어지게 된다. 하지만 제안하는 기법은 주변 디바이스들로부터 획득한 링크 정보를 바탕으로 좋은 채널 상태를 갖는 링크를 선택하기 때문에 더 좋은 성능을 보여준다.

그림 11은 디바이스의 이동속도에 따른 수율의 변화를 보여준다.

그림 11에서 보는 바와 같이 제안하는 알고리즘은 기존의 WiMedia 프로토콜보다 성능이 향상되었음을 보여주고 있다. 디바이스의 이동성은 단순히 디바이스의 위치 뿐만 아니라 디바이스들 사이에 형성된 채널 상태도 변화시킨다. 따라서, 디바이스의 이동때문에 발생하는 소스와 목적노드 사이의 링크상태의 저하는 소스 디바이스가 낮은 전송 속도만을 지원할 수밖에 없도록 한다. 이는 네트워크 전체의 성능저하를 야기

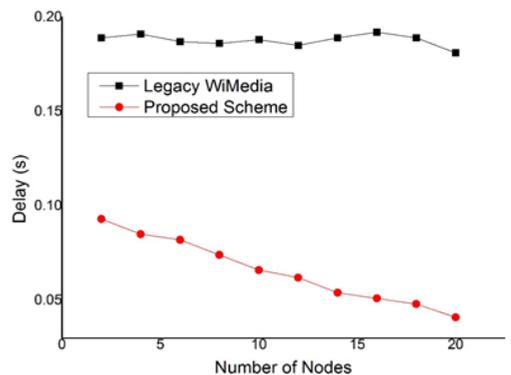


그림 12. 디바이스의 이동속도에 따른 수율 비교
Fig. 12. Throughput vs. Device's Speed

시키는 원인이 되지만, 제안하는 기법에서는 더 좋은 링크상태를 갖는 릴레이 노드를 거쳐 데이터를 전송할 수 있도록 하여 전체적인 데이터 전송률을 높일 수 있기 때문에 전체 네트워크의 성능저하를 줄일 수 있다. 그림 12는 디바이스의 이동속도가 1.6m/s인 환경에서, 이웃 디바이스들의 수에 따른 지연시간의 변화를 보여준다.

그림 12에서 디바이스의 이동으로 인해 소스 디바이스와 목적지 디바이스 사이의 링크 상태의 변화가 심한 환경에서, 기존의 와이미디어 디바이스는 높은 지연시간을 보여주며 노드의 밀도에 영향을 받지 않는다. 하지만, 제안하는 알고리즘은 잠재적인 릴레이 노드들의 spatial diversity를 이용할 수 있기 때문에 이웃 노드들이 많으면 많을수록 더 좋은 상태의 링크를 선택할 수 있기 때문에, 지연시간을 줄일 수 있으며, 기존의 WiMedia 프로토콜과 비교할 때 더 낮은 지연시간을 보여 줄 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 WiMedia 네트워크를 형성하는 주변 디바이스들을 중계 장치로 이용하여, 디바이스 이동시 발생할 수 있는 장애물이나 링크 상태의 저하를 회피함으로써 링크 단절 및 네트워크 성능 저하를 해결하는 릴레이 통신 기법을 제안하였다. 특히 제안된 프로토콜에서는 WiMedia 디바이스들 사이의 채널 정보를 이용하여 보다 높은 전송속도를 갖는 전송경로를 선택할 수 있게 한다. 또한 제한한 릴레이 선택기법은 멀티 홉 네트워크 환경에서 노드의 이동으로 인해 발생할 수 있는 간섭이나 충돌을 회피할 수 있다. 또한, 중계 노드가 목적지 노드로 송신 CSI(채널 상태 정보)를 획득하는 과정 없이, 중계 노드로부터 직접 CSI를 획득함으로써, 지연에 민감한 실시간성을 요구하는 응용에서도 적용할 수 있다. 시뮬레이션 결과를 통하여 제안하는 알고리즘이 기존의 WiMedia 프로토콜과 비교하여 수율과 지연시간의 측면에서 보다 향상된 성능을 보여주는 것을 확인하였다.

References

[1] WiMedia MAC Release Spec. 1.01, *Distributed medium access control (MAC) for wireless networks*, Dec. 15, 2006.
 [2] Certified Wireless USB from the USB-IF, <http://www.usb.org/developers/wusb/>

[3] J.-P. Pavon, N.-S. Shankar, V. Gaddam, K. Challapali, and C.-T. Chou, "The MBOA-WiMedia specification for ultra wideband distributed networks," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 44, no. 6, pp. 128-134, Jun. 2006.
 [4] 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 Trans. Mob. Comput.*, vol. 7, no. 1, pp. 113-126, Jan. 2008.
 [5] C.-T. Chou, J. Del Prado Pavon, and N. Sai Shankar, "Mobility support enhancements for the WiMedia UWB MAC protocol," in *Proc. 2nd Int. Conf. Broadband Netw. (BroadNets 2005)*, vol. 2, pp. 136-142, Boston, MA, Oct. 2005.
 [6] H.-B. Jung, S.-H. Kim, and D.-K. Kim, "Energy efficient relay selection in a multi-hop ad-hoc environment," *J. KICS*, vol. 37B, no. 5, pp. 327-337, May 2012.
 [7] J. Lee and M. Yang, "Relay selection schemes using STBC technique in OFDM-based cooperative wireless communications," *J. KICS*, vol. 36, no. 7, pp. 640-648, Jul. 2011.
 [8] A. D. Le, J.-B. Park, Y. O. Cho, M.-A. Jeong, S. R. Lee, and Y. H. Kim, "Self-interference cancellation-aided relay beamforming for multi-way relaying systems," *J. KICS*, vol. 38C, no. 4, pp. 378-386, Apr. 2013.

이 성 로 (Seong Ro Lee)



1987년 2월 : 고려대학교 전자공학과 공학사
 1990년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학석사
 1996년 8월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학박사
 1997년 9월~현재 : 목포대학교 공과대학 정보전자공학과 교수

<관심분야> 디지털통신시스템, 이동 및 위성통신시스템, USN/텔레메틱스응용분야, 임베디드시스템

김 범 무 (Beom-mu Kim)



2012년 2월: 목포대학교 정보
전자공학과 학사(공학인증)
2014년 2월: 목포대학교 전자
공학과 석사
2014년 3월~현재: 목포대학교
전자공학과 박사과정
<관심분야> LBS, WSN, IoT

권 장 우 (Jang-Woo Kwon)



1990년 2월: 인하대학교 전자
공학과 공학사
1992년 2월: 인하대학교 전자
공학과 공학석사
1996년 8월: 인하대학교 전자
공학과 공학박사
1996년~1998년 특허청 사무관

1998년~2009년 동명대학교 컴퓨터공학과 부교수
2006년~2012년 정보통신산업진흥원 인재양성단장
2012년~현재: 인하대학교 컴퓨터공학과 교수
<관심분야> HCI, 생체신호처리, 지능형 시스템

정 민 아 (Min-A Jeong)

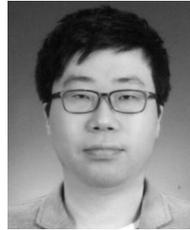


1992년 2월: 전남대학교 이학사
1994년 2월: 전남대학교 이학
석사
2002년 2월: 전남대학교 이학
박사
2002년 4월~2003년 2월: 광주
과학기술원정보통신공학과
Post-Doc

2003년 4월~2005년 2월: 전남대학교 전자통신기술
연구소 Post-Doc

2011년 9월~2013년 2월: Cleveland Clinic Research
2005년 3월~현재: 목포대학교 컴퓨터공학과 부교수
<관심분야> 데이터베이스데이터마이닝, 생체인식시
스템, 무선통신응용분야, 임베디드시스템

김 진 우 (Jin-Woo Kim)



2003년 8월: 고려대학교 전기
전자전파공학부 졸업
2005년 8월: 고려대학교 전자
컴퓨터공학과 석사
2011년 8월: 고려대학교 전자
컴퓨터공학과 박사
2011년~현재: 목포대학교 정보
산업연구소(대학중점연구소) 연구교수

<관심분야> 해양IT융합기술, WPAN, IoT,
Vehicular Network