

분산적인 매체접근제어(MAC) 프로토콜 기반 물류 시스템을 위한 릴레이 협력통신 방안

주양익[†], 허 경^{**}

요 약

물류창고 시스템에서는 물류의 입고/출고에 따른 재고현황의 변동이 잦고, 내용물에 따라 주위환경요소가 큰 영향을 미칠 수 있으므로, 재고현황 및 환경요소를 빠르고 정확하게 관리하는 것이 물류관리에 있어서 매우 중요하다. 하지만 현재 제안되고 있는 RFID 기반의 물류관리 시스템은 RFID 리더 간 통신에 대해 통일된 국제규격이 없으므로, 부착된 RFID 리더가 물류 컨테이너의 이동 등으로 인해 이종 규격의 물류 시스템으로 이동한 경우, 규격 불일치로 인해 RFID 리더 간의 통신이 단절될 수 있다. 그리고 RFID 리더 간의 통신에 일반적으로 사용되는 Centralized MAC 방식의 경우 클러스터 헤더의 (Cluster header) 이동이나 채널 상황의 영향으로 인해 클러스터 헤더가 해당 클러스터에서 사라진 경우, 새로운 클러스터 헤더를 재선출해야 하고 이 시간동안 각 노드 간 통신이 불가능하다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 극복하기 위한 WiMedia Distributed MAC 프로토콜을 이용한 RFID 노드 간의 통신 방안과, 채널 상황에 능동적으로 대처할 수 있는 Distributed MAC 프로토콜 기반의 릴레이 협력통신 방안을 제안한다. 시뮬레이션 결과는 제안한 방안을 통해 RFID 노드 간 통신 성능이 향상됨을 보인다.

Relay Cooperative Transmission Scheme for Distributed MAC Protocol-Based Logistic Applications

Yang-Ick Joo[†], Kyeong Hur^{**}

ABSTRACT

In a warehouse, because there exist frequent changes of stock status and the quality of some contents are influenced by the environment such as temperature, fast and accurate management of the warehouse's environment is very important for Warehouse Management Systems (WMS). However, due to the absence of a unified standard for the communication protocol between RFID nodes, the connection between RFID nodes can be broken in case of movement of a RFID reader to a region with a different protocol. Moreover, centralized MAC schemes for RFID communications in previous studies have severe problems. For an example, if a cluster header disappears from the cluster due to the cluster header's movement or bad channel conditions, the RFID member nodes of the cluster waste lots of time and energy to re-elect a new cluster header. Therefore, in this paper, we propose a WiMedia Distributed MAC (D-MAC) scheme for RFID communications and its cooperative relay transmission scheme for WMS applications. Simulation results show performance improvement at the RFID node by using the proposed cooperative relay transmission scheme.

Key words: Distributed MAC(분산적인 MAC), Relay Cooperative Transmission(릴레이 협력통신), Warehouse Management System(물류관리시스템)

※ 교신저자(Corresponding Author): 허경, 주소: 인천시 계양구 교대길 45(407-753), 전화: 032)540-1289, FAX: 032)548-0288, E-mail: khur@ginue.ac.kr
접수일: 2010년 10월 4일, 수정일: 2010년 11월 2일
완료일: 2010년 12월 6일

[†] 정회원, 고려대학교 전자컴퓨터공학과 대학원

(E-mail: yijoo@korea.ac.kr)

^{**} 정회원, 경인교육대학교 컴퓨터교육과 조교수

※ 이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(2010-0002366).

1. 서 론

최근 다양한 RFID 기반의 물류시스템이 제안되고 있다[1-3]. 참고문헌 [1]은 event 기반의 RFID 리더의 정보 수집 방안을 제안하였고, 참고문헌 [2]에서는 802.11 MAC 환경에서 수집된 정보의 효율적인 라우팅 방안이 제안되었다. 하지만 참고문헌[2,3]과 같이 센서 네트워크에 일반적으로 적용되고 있는 Centralized MAC 기반의 방안은 정보 수집 및 관리 측면에서는 안정적이지만, 각 노드들의 분산노드 특성(distributed characteristic)과 이동성을 고려한다면 효율적이지 못하다. 예를 들어 클러스터 헤더 노드가 이동하거나 주변 채널환경이 악화되어 정상적인 통신이 불가능하게 되는 경우, 해당 클러스터에 속한 노드들에 대한 정보는 물류 시스템 서버에 전달될 수 없고 새로운 클러스터 헤더가 결정되는 데에 시간 및 에너지가 소모된다. 그리고 RFID 리더 및 태그 간의 통신에 대해서는 국제 표준화 작업이 진행되고 있지만, RFID 리더 간의 네트워크에 대해서는 약속된 표준이 존재하지 않는 실정이며, 구현에 따라서 다른 프로토콜을 적용하고 있다. 따라서 물류 컨테이너 등에 탑재된 RFID 리더가 다른 지역의 물류 창고로 이동하는 경우, 통신 규격 불일치로 인해 RFID 리더의 정보가 물류 시스템 서버에 전달될 수 없는 상황이 발생할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 RFID 기반의 물류 시스템을 위한 RFID 리더 노드 간 통신을 위한 인증된 규격으로 WiMedia Distributed MAC (D-MAC) 프로토콜[4]을 선택하였고, 제안한 WiMedia D-MAC 기반 물류 시스템 내에서 보다 신뢰성 있고 안정적인 정보 전달을 위해 릴레이 기반의 협력통신 알고리즘을 결합한다.

릴레이 기반 협력통신은 예약 주체 노드(S node)와 예약 대상 노드(T node) 사이의 채널 상태가 좋지 않은 경우, 예약 주체 노드가 예약 대상 노드와 직접 통신하는 것보다 채널 상태가 상대적으로 양호한 릴레이 노드(R node)를 거쳐서 데이터를 송수신하는 것이 시간적으로나 전력 소비 측면에서 이득이 있다. 최근 들어, 비용 혹은 전력 소비 측면에서 구현 상 제약이 존재하는 디바이스들의 효율적인 통신을 위해, 이들 디바이스 간의 멀티홉(multi-hop) 릴레이 협력통신 방안이 제안되었다[5,6]. 이 중 참고문헌[5]에서는 CoopMAC 방식을 제안하여 무선랜(WLAN)

시스템에서 효율적인 릴레이 통신을 통한 수율 성능 향상을 증명하였다. 하지만 CoopMAC 방식은 CSMA 방식의 특성 상 Helper Station의 릴레이 참여 여부를 전달하기 위한 HTS (Helper ready To Send) 시그널링(signaling)에 대한 오버헤드(overhead)가 추가적으로 요구되며, 또한 이 알고리즘은 무선랜 시스템을 위해 제안되었으므로 본 논문에서 고려하고 있는 RFID 기반의 물류 시스템에는 부적합하다. 따라서 본 논문에서는 WiMedia D-MAC 기반의 물류 시스템을 위한 효율적인 릴레이 협력통신 알고리즘으로 릴레이 DRP 방식을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 WiMedia D-MAC 프로토콜을 소개하고, 제 3장에서는 WiMedia D-MAC 프로토콜 기반의 RFID 물류 시스템에서 발생할 수 있는 RFID 리더 간 링크 단절 등의 문제를 극복하기 위한 릴레이 기반의 협력통신 알고리즘을 제안한다. 제 4 장에서는 제 3 장에서 소개한 모델을 시뮬레이션 환경에 적용하여 제안한 방안을 통한 성능 향상을 확인한다. 끝으로 제 5 장에서 결론을 맺는다.

2. RFID 기반 물류시스템과 릴레이 기반 협력통신

RFID (Radio Frequency Identification)는 전파를 이용하여 대상을 식별하고 정보를 인식하는 기술로서, RFID 태그(tag)와 RFID 리더(reader)로 구성된다. 현재 RFID 기술은 보안, 건강관리, 도로 통행료 징수 시스템 등에서 사용되고 있으며, 특히 물류 시스템에 적용될 경우 최소의 비용으로 물류의 이동 및 재고현황을 신속 정확하게 파악하여 그에 따른 정책을 효율적으로 결정할 수 있다.

RFID 기반의 물류시스템은 그림 1과 같이 RFID 태그, RFID 리더, 서버로 구성될 수 있으며, 경우에 따라 인프라 노드(infra-node)를 추가하여 보다 효율적이고 안정적인 네트워크를 보장할 수 있다. RFID 리더는 RFID 태그를 인식하여 관련 정보를 수집하고 이를 서버에 전달한다. 그리고 온도, 압력 등의 주변 환경요소에 대한 정보를 수집하여, RFID 태그가 부착된 물류의 특성에 따른 환경 조절 기능을 수행할 수 있도록 한다. 따라서 RFID 리더와 인프라 노드 혹은 서버와의 통신 및 각 RFID 리더 간의 통신

은 에너지 효율적이며 신뢰성이 보장되어야 하고, 경우에 따라 물류 컨테이너와 같이 다량의 RFID 태그가 해당 RFID 리더의 영역에 포함된 경우 다량의 정보 전달도 가능해야 한다.

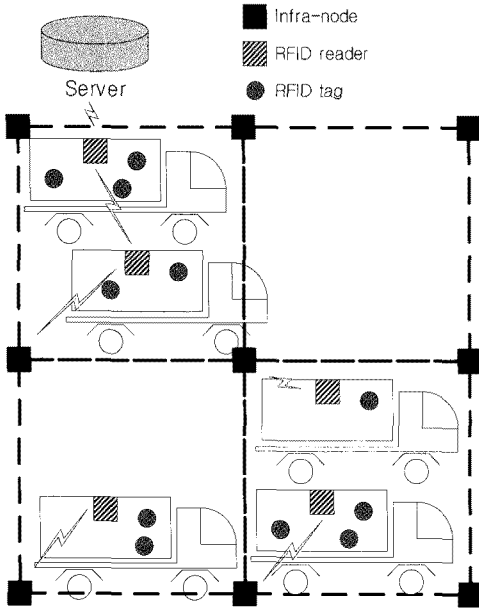


그림 1. RFID 기반 물류시스템 구성도

RFID 리더 및 태그 간의 통신에 대해서는 국제 표준화 작업이 진행되고 있지만, RFID 리더 간의 네트워킹에 대해서는 약속된 표준이 존재하지 않는 실정이며, 구현에 따라 서로 다른 프로토콜을 적용하고 있다. 따라서 물류 컨테이너 등에 탑재된 RFID 리더가 다른 지역의 물류 창고로 이동하는 경우, 통신 규격 불일치로 인해 RFID 리더의 정보가 물류 시스템 서버에 전달될 수 없는 상황이 발생할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 RFID 기반의 물류 시스템을 위한 RFID 리더 노드 간 통신을 위한 인증된 규격으로 WiMedia Distributed MAC (D-MAC) 프로토콜을 선택하였으며, 제한한 WiMedia D-MAC 프로토콜과 결합된 RFID 리더 노드의 계층구조는 그림 2와 같다.

릴레이 기반 협력통신의 원리는 그림 3과 같이 예약 주체 노드(S node)와 예약 대상 노드(T node) 사이의 채널 상태가 좋지 않은 경우, 예약 주체 노드가 예약 대상 노드와 직접 통신하는 것보다 채널 상태가 상대적으로 양호한 릴레이 노드(R node)를 거쳐서

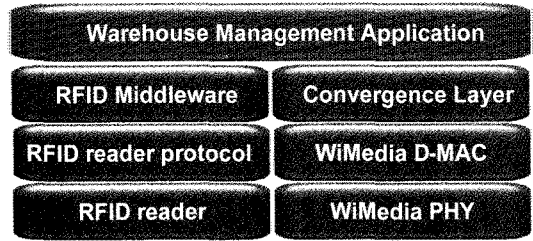


그림 2. WiMedia D-MAC 프로토콜 적용 RFID 리더 노드의 계층구조

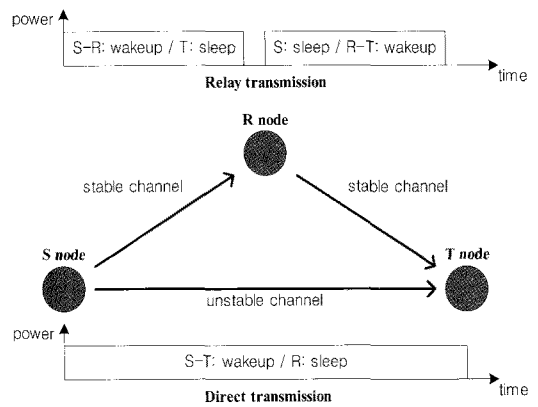


그림 3. 릴레이 기반 협력통신

데이터를 송수신하는 것으로 이러한 릴레이 기반 협력통신은 전송지연시간 측면과 전력 소비 측면에서 이득을 발생시킨다.

3. WiMedia Distributed MAC 프로토콜

WiMedia D-MAC[4]은 그림 4와 같이 슈퍼프레임(Superframe)을 기반으로 전송이 이루어지며, 슈퍼프레임은 BP(Beacon Period)와 DTP(Data Transfer Period)로 나누어진다. 다른 MAC 프로토콜과 달리 WiMedia D-MAC의 BP는 여러 디바이스가 자신의 비콘 프레임(Beacon frame)을 전송할 수 있도록 여러 개의 작은 비콘 타임슬롯(time slot)으로 나누어져 있다. 이는 장치를 빠르게 찾게 하고, 장치들 간의 동기화를 제공하고, 전원 관리를 위한 정보와 MAS들의 예약 정보를 제공한다.

비콘 프레임 내 전송되는 대표적인 IE(Information Element)로는 DRP(Distributed Reservation Protocol) IE와 DRP Availability IE가 있으며, 이를 통해 자원 예약 정보 및 제어 정보를 교환하여 자원

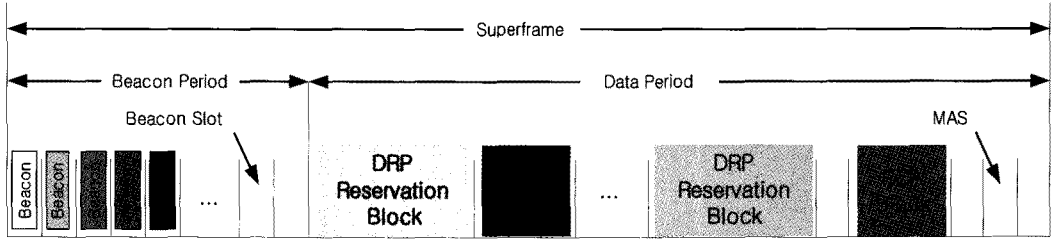


그림 4. WiMedia D-MAC 수퍼프레임 구조

을 예약한다. DRP IE는 자원 예약 요청 및 이에 대한 승인/거절을 통보하기 위한 목적으로 사용되며, DRP Availability IE는 각 노드가 활용 가능한 DRP 자원을 인접 노드들에게 비트맵(bitmap) 방식으로 공지하기 위해 사용된다.

그림 5에 도시한 DRP IE는 특정 MAS (Medium Access Slot)을 예약하고 이를 다른 노드들에게 알리는 데에 사용된다. 그림 5의 DRP 제어 (Control) 필드는 DRP 블록들 간의 충돌(conflict)을 감지하고 해결하기 위한 정보를 포함하며, 예약된 MAS를 통해 전송되는 스트림(stream)을 명시한다. 그림 5의 수신/송신디바이스주소 (Target/Owner DevAddr) 필드는 해당 디바이스의 주소를 표시하는데, 해당 DRP IE를 전송하는 디바이스가 예약 주체(reservation owner)인 경우 예약 대상 디바이스의 주소로 설정하고, 반대의 경우 예약 주체 디바이스의 주소로 설정한다. 그림 5의 예약 방식 (Reservation Type) 필드는 완전배타적예약 (Hard reservation), 부분배타적예약 (Soft reservation) 등의 자원 예약의 종류를 나타내고, 스트림 인덱스 (Stream Index) 필드는 해당 예약 자원을 통해 전송될 데이터 스트림을 나타낸다. 그림 5의 예약상세상태코드 (Reason

Code) 필드는 예약 대상 디바이스가 해당 DRP 예약이 성공적인지 여부를 표 1과 같이 표시하는데 사용된다. 이 중 'Accepted'는 예약 주체 노드가 DRP IE를 전송할 때에도 사용될 수 있다. 그림 5에서 예약 상태 (Reservation Status) 필드는 '0'인 경우 DRP 예약과정이 진행 중이거나 충돌이 발생한 것을 나타내며, '1'인 경우 DRP 예약을 승인하거나 기존 예약된 자원을 유지함을 나타낸다. 그림 5의 예약주체여부 (Owner) 필드는 예약 주체 여부를 나타내며, 충돌 기준값 (Conflict Tie-breaker) 필드는 DRP 예약 요청 시 '0' 또는 '1' 중 한 값을 랜덤하게 선택하여, 충돌 발생 시 이를 해결하는 데에 사용된다. 그림 5의 안전성여부(Unsafe) 필드는 DRP 할당(Allocation) 필드 내 표시된 MAS가 예약 한도를 초과할 것으로 판단되는 경우 '1'로 설정된다.

4. 릴레이 DRP(Relay DRP)

본 절에서 제안할 릴레이 DRP는 기존 WiMedia D-MAC과 호환되기 위해 앞서 설명한 WiMedia D-MAC 프로토콜을 준수한다. 릴레이 DRP는 표 1에서 설명된 예약상세상태코드 (Reason Code) 중 예

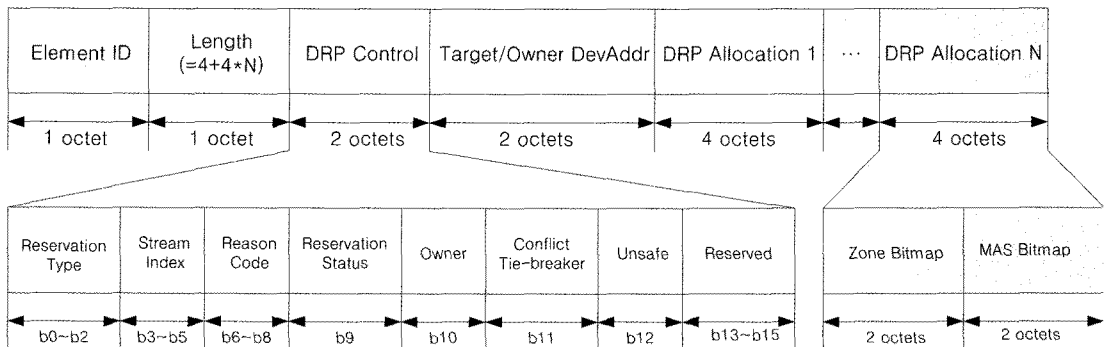


그림 5. DRP IE 포맷

표 1. 예약상세상태코드(Reason Code)

값	코드	의미
0	Accepted	DRP 예약 요청이 승인됨
1	Conflict	DRP 예약 요청 혹은 기존 예약에 대한 충돌 발생
2	Pending	DRP 예약 요청 처리 중
3	Denied	DRP 예약 요청이 거절되거나, 기존 예약이 더 이상 유효하지 않음
4	Modified	DRP 예약이 유효하지만 일부 수정됨
5-7	Reserved	Reserved

표 2. 추가된 예약상세상태코드(Reason Code)

값	코드	의미
5	Relay Req	릴레이 노드에게 릴레이 전송을 요청함
6	Relay Ntf	예약 대상 노드에게 릴레이 노드를 통한 릴레이 전송을 통보함
7	Relay Accepted	해당 릴레이 전송에 대한 DRP 자원 예약 요청이 승인됨

외(reserved)인 세 개의 코드 포인트(code-point)를 이용하여 WiMedia D-MAC 프로토콜에서의 릴레이 협력 통신을 지원한다. 추가로 사용될 세 개의 예약상세상태코드(Reason Code)는 표 2와 같다. 릴레이 요청('Relay Req') 예약상세상태코드(Reason Code)는 예약 주체 노드가 릴레이 노드에게 DRP 예약을 요청하기 위해 전송하며, 릴레이통보('Relay Ntf') 예약상세상태코드(Reason Code)는 릴레이요청('Relay Req') 예약상세상태코드(Reason Code)를 통해 요청한 자원이 릴레이 노드에 의해 승인될 경우, 예약 주

체 노드가 예약 대상 노드에게 릴레이 노드를 통해 예약 대상 노드로 데이터가 릴레이 전송될 것을 통보하기 위해 사용한다. 릴레이요청('Relay Req') 예약상세상태코드(Reason Code)를 수신한 릴레이 디바이스와 릴레이통보('Relay Ntf') 예약상세상태코드(Reason Code)를 수신한 예약 대상 디바이스가 해당 릴레이 전송을 승인하는 경우 릴레이승인('Relay Accepted') 예약상세상태코드(Reason Code)를 전송하며, 두 노드 모두 릴레이승인('Relay Accepted') 예약상세상태코드(Reason Code)로 전송한 경우에만 요청한 릴레이 전송이 이루어질 수 있다.

그림 6, 그림 7, 그림 8에 각각 이러한 릴레이 전송

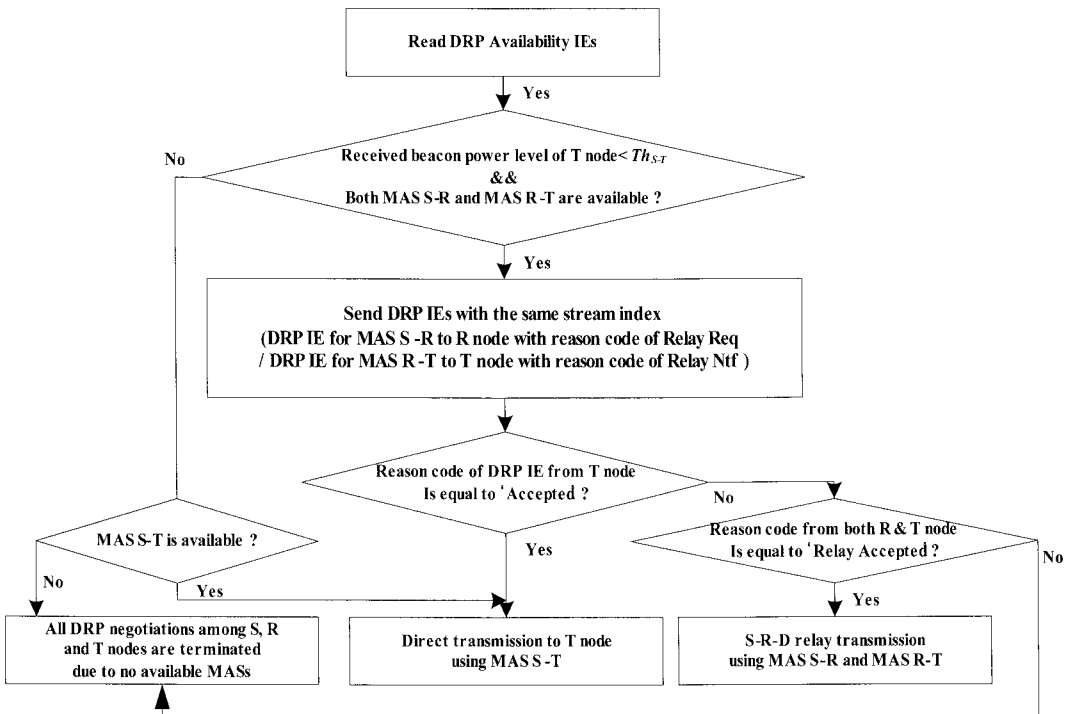


그림 6. 릴레이 전송을 위한 예약주체 노드(S node) 동작

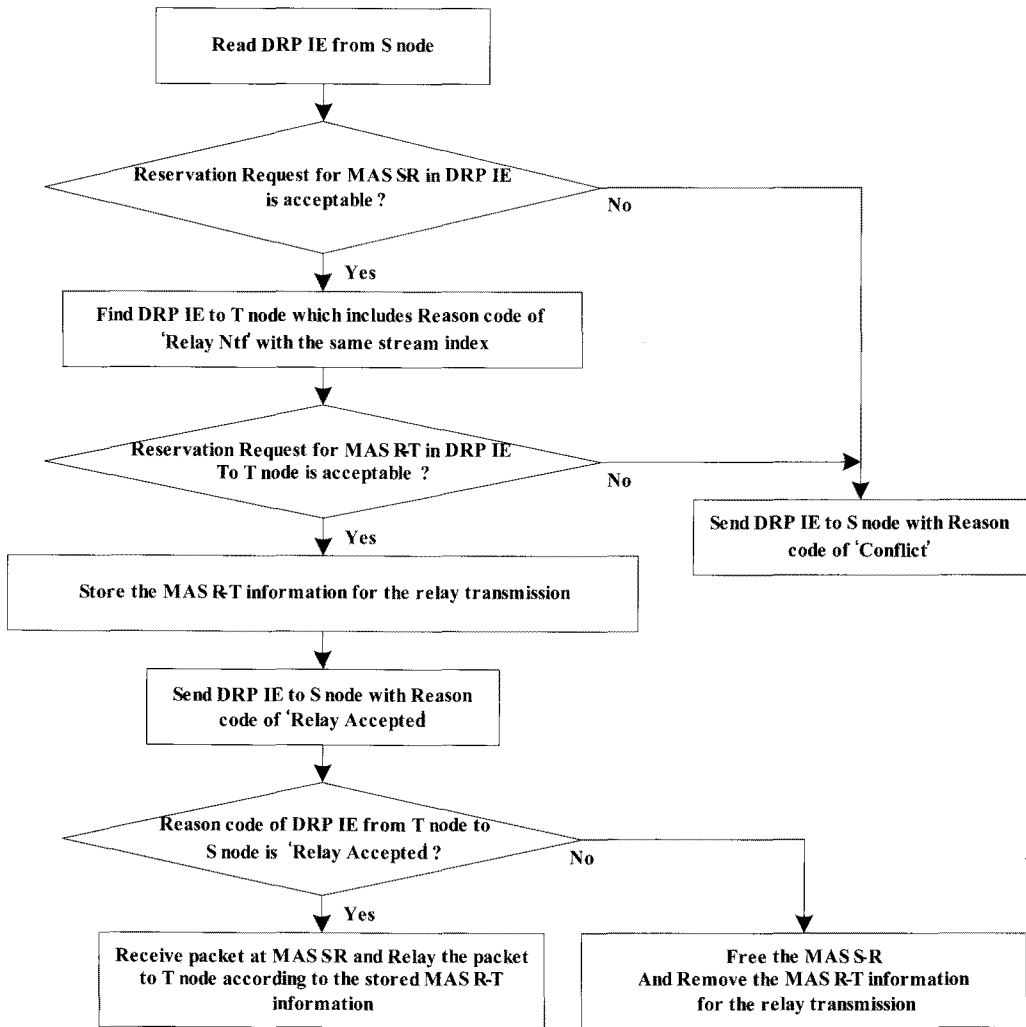


그림 7. 릴레이 전송을 위한 릴레이 노드(R node) 동작

을 위한 예약 주체 노드(S node), 릴레이 노드(R node), 예약 대상 노드(T node)의 동작을 기술하였다.

예약 주체 노드는 그림 6에 도시한 바와 같이 릴레이 노드와 예약 대상 노드의 DRP Availability IE를 수신하여, 예약 주체 노드와 릴레이 노드 간의 통신을 위한 MAS, 즉 MAS S-R과 릴레이 노드와 예약 대상 노드 간의 통신을 위한 MAS, 즉 MAS R-T가 사용 가능함을 확인하고, 이 때 예약 대상 노드로부터 수신된 비콘 신호의 수신레벨이 특정 문턱값(Th_{S-T}) 미만인 경우 릴레이 전송을 위한 MAS 예약을 진행한다. 릴레이 전송을 위해 릴레이 노드에게는 MAS S-R에 대한 DRP IE의 예약상세상태코드(Reason Code)를 릴레이요청('Relay Req')로 설정하

여 전송하고, 예약 대상 노드에게는 MAS R-T에 대한 DRP IE의 예약상세상태코드(Reason Code)를 릴레이통보('Relay Ntf')로 설정하여 전송한다. 이 때 두 DRP IE의 스트림 인덱스(Stream Index)는 동일하게 설정된다. 릴레이 노드 및 예약 대상 노드로부터 수신된 DRP IE의 예약상세상태코드(Reason Code)가 모두 릴레이승인('Relay Accepted')인 경우, 해당 릴레이 노드를 통한 릴레이 전송이 이루어진다.

릴레이요청('Relay Req')의 예약상세상태코드(Reason Code)로 설정된 DRP IE를 예약 주체 노드로부터 수신한 노드는 그림 7과 같은 과정을 통해 릴레이 노드의 역할을 수행할지 판단하고 그에 대한 자원 예약을 수행한다. 예약 주체 노드의 DRP IE에

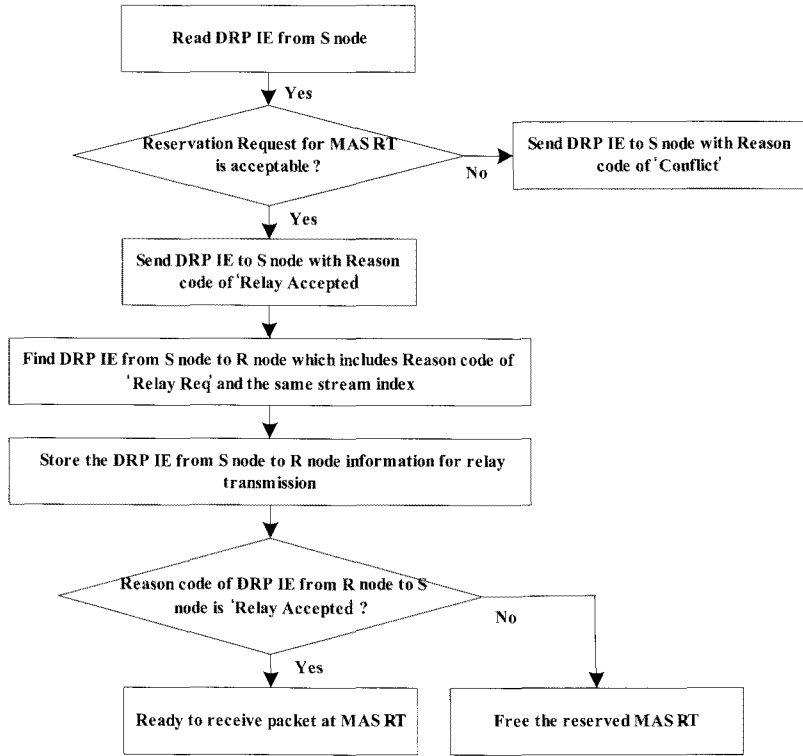


그림 8. 릴레이 전송을 위한 예약대상 노드(T node) 동작

포함된 MAS S-R을 통한 데이터 송수신이 가능하다면, 릴레이통보('Relay Ntf')의 예약상세상태코드(Reason Code)로 설정된 예약 대상 노드에 대한 DRP IE를 확인하여 해당 MAS R-T를 통한 데이터 송수신이 가능한지를 판단한다. 해당 릴레이 노드가 MAS S-R과 MAS R-T 모두 이용 가능하다면 릴레이 전송을 위한 MAS R-T 정보를 저장하고 릴레이 승인('Relay Accepted') 예약상세상태코드(Reason Code)로 설정한 DRP IE를 예약 주체 노드에게 전송한다. 만약 예약 대상 노드가 예약 주체 노드에게 전송한 DRP IE의 예약상세상태코드(Reason Code)가 릴레이승인('Relay Accepted')라면 저장된 MAS R-T 정보를 이용하여 릴레이 전송을 수행하고, 그렇지 않은 경우 MAS S-R 및 MAS R-T에 대한 정보를 삭제한다.

그림 8에는 릴레이 전송을 위한 예약 대상 노드의 동작을 도시하였다. 릴레이통보('Relay Ntf')의 예약상세상태코드(Reason Code)를 포함한 DRP IE를 수신한 예약 대상 노드는 MAS R-T 자원에 대한 허용 여부를 판단하여 이용 가능한 경우 릴레이승인('Relay

Accepted') 예약상세상태코드(Reason Code)로 설정된 DRP IE를 예약 주체 노드에게 전송한다. 릴레이 노드로부터 전송된 DRP IE의 예약상세상태코드(Reason Code)가 릴레이승인('Relay Accepted')인 경우 MAS R-T를 통한 데이터 패킷의 수신을 준비하고, 그렇지 않은 경우 MAS R-T에 대한 정보를 삭제한다.

그림 7과 그림 8에서 예약 주체 노드의 DRP IE를 수신한 릴레이 노드 혹은 예약 대상 노드가 릴레이 DRP를 지원하지 않는 기존 DRP 적용 디바이스(Legacy node)라서 표 2에서 제안된 예약상세상태코드(Reason Code)를 해석하지 못하는 경우, 해당 DRP IE를 통한 자원 예약 요청을 무시하게 되므로 본 논문에서 제안한 방식은 기존 시스템과의 호환성(Backward Compatibility)이 보장된다.

5. 시뮬레이션 결과

제안한 릴레이 DRP 방식의 성능 분석을 위해 다음과 같은 NS-2 시뮬레이션 환경을 고려하였다.

10m*10m의 물류 창고 내에 랜덤하게 분포한 RFID 리더를 가정하고, -41.25dBm/MHz의 고정 전송 전력과 2048 byte 크기의 패킷 전송을 고려한다 [7-8].

그림 9는 물류 창고 환경 내 RFID 리더 노드 수에 따른 수율 성능의 변화를 나타낸다. 제안한 릴레이 DRP의 성능이 기존 DRP 방식에 비해 우수한 성능을 보이며, RFID 리더 노드 수의 증가에 따라 보다 향상된 성능을 보인다. 이는 물류 창고 내 RFID 리더 노드 혹은 인프라 노드의 수가 증가됨에 따라 서로 중첩된 영역의 클러스터를 구축함으로써 채널 환경에 따라 각 노드 간 통신에 장애가 발생하는 경우 릴레이 DRP를 통한 릴레이 전송을 수행하여 각 노드 간 송수신 수율을 향상시키는 것으로 판단된다.

그림 10은 20개의 RFID 리더 노드 및 인프라 노드가 존재하는 경우 채널 환경에 따른 수율의 변화를 보여준다. 채널 환경이 악화됨에 따라 수율 성능은 저하되지만, 제안한 릴레이 DRP의 경우 기존 DRP 방식에 비해 성능 저하 정도가 덜하다. 릴레이 DRP 방식에 대한 성능의 BER (Bit Error Rate) $10^{-4} \sim 10^{-3}$

구간을 살펴보면, 이전 구간에 비해 성능 저하의 정도가 다소 심해짐을 관찰할 수 있다. 이는 물류 창고 시스템 내 모든 디바이스들 간의 채널 환경이 열화됨에 따라 릴레이 전송을 통해서도 안정적인 채널을 획득하지 못하게 되고, 이로 인해 릴레이 DRP 방식의 수율도 기존 DRP 방식과 유사하게 저하되는 것이다. 이러한 실험 결과를 통해 그림 6에서 설명된 비콘 신호 수신레벨에 대한 문턱값(Th_{S-T})을 결정할 수 있다. 즉, BER 10^{-4} 에 해당하는 비콘 신호 수신레벨을 문턱값으로 적용할 수 있으며, 알고리즘의 복잡도에 대해 고려하지 않는다면 보다 보수적으로 더 높은 BER에 대한 비콘 신호 수신레벨을 문턱값으로 적용할 수 있을 것이다.

식(1)은 No-ACK 방식을 가정한 WiMedia D-MAC 환경에서의 데이터 전송을 위해 필요한 에너지 소모량을 나타낸다 [8]. P_{tx} , P_{rx} , P_{idle} 은 각각 송신, 수신 및 idle 상태에서 소모되는 전력을 나타내고, N_{tx} , N_{rx} 는 하나의 DRP 예약 블록(DRP reservation block) 내에 송수신되는 PSDU (PHY Service Data Unit)의 개수를 나타낸다. 그리고 T_{PSDU} 는 하나의 PSDU를 송신하거나 수신하는 데에 소모되는 시간을 의미하고, T_{MIFS} 와 T_{SIFS} 는 각각 WiMedia D-MAC 프로토콜에 정의된 MIFS (Minimum Interframe Spacing)와 SIFS (Short Interframe Spacing)의 길이를 나타내며, N_{DRP} 는 슈퍼프레임 당 전송되는 DRP 예약 블록의 수를 나타낸다 [7].

$$E_{Superframe} = [P_{tx} \cdot T_{PSDU} \cdot N_{tx} + P_{rx} \cdot T_{PSDU} \cdot N_{rx} + P_{idle} \cdot T_{MIFS} \cdot (N_{tx} + N_{rx}) + P_{idle} \cdot T_{SIFS}] \cdot N_{DRP} \quad (1)$$

그림 11은 식(1)을 기반으로 시뮬레이션을 통해 제안한 릴레이 DRP 방식과 종래 DRP 방식의 에너지 소모량의 비를 도식한 것이다. 이 그림에서 보이는 바와 같이 제안한 릴레이 DRP 방식이 종래 DRP 방식에 비해 에너지 소모 측면에서도 우수한 성능을 보이며, 노드의 수가 증가함에 따라 제안한 방식의 에너지 소모량이 보다 감소함을 알 수 있다. 이는 물류 창고 내 RFID 리더 노드 혹은 인프라 노드의 수가 증가됨에 따라 채널 환경에 따라 각 노드 간 통신에 장애가 발생하는 경우 릴레이 DRP를 통해 보다 좋은 채널로 릴레이 전송을 수행하여 각 노드 간 송수신 성능을 향상시키고, 여러 릴레이 노드가 서로 릴레이 역할을 분담하여 수행함으로써 전체적인 에너지 소모량을 감소시키는 것으로 판단된다.

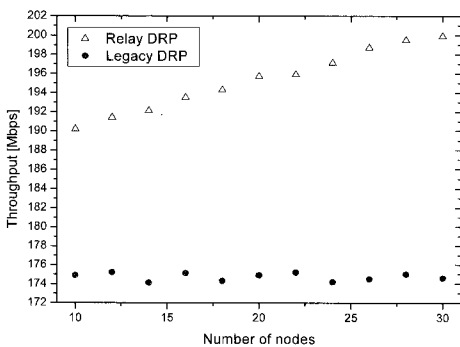


그림 9. 노드 수에 따른 수율 성능

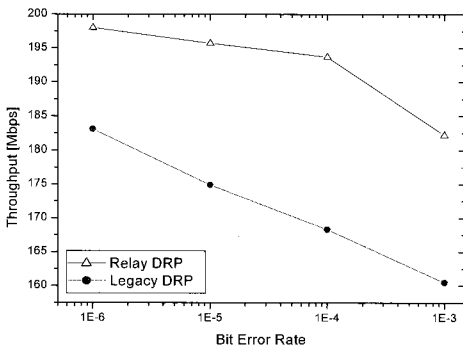


그림 10. 채널 환경에 따른 수율 성능

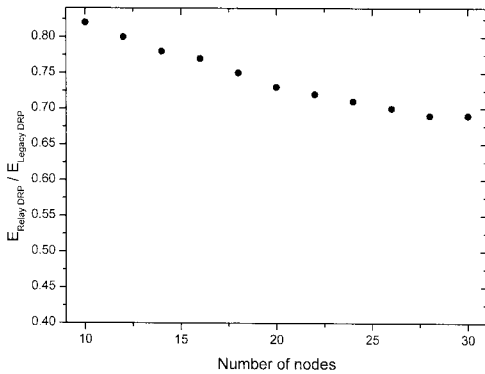


그림 11. 노드수의 증가에 따른 에너지 소모량 비교

6. 결 론

본 논문에서는 Distributed MAC 기반의 물류 시스템을 위한 릴레이 협력 통신 방안을 제안하였다. 기존 RFID 기반의 물류 시스템에서의 통일된 규격의 부재로 인한 이종 물류 시스템 간의 연동 문제를 해결하고, RFID 리더의 이동성을 보장하기 위해 WiMedia Distributed MAC을 기반으로 한 RFID 리더 간의 통신 방안이 적용되었으며, 특히 보다 신뢰성 있고 안정적인 정보 전달을 위해 릴레이 기반의 협력통신 알고리즘인 릴레이 DRP 알고리즘을 제안하였다. 시뮬레이션 결과를 통해 제안한 릴레이 DRP 방안을 적용한 경우, 노드 수에 따른 수율 성능에서는 8.5%~14.2%, 채널 환경에 따른 수율 성능에서는 7.1%~13%, 노드수의 증가에 따른 에너지 소모량 비교에서는 17.5%~31% 정도로 제안한 릴레이 DRP 방식이 기존 방식에 비해 성능이 향상됨을 확인하였다. 그리고 제안된 방식은 종래 WiMedia D-MAC과도 상호 호환될 수 있으므로 기 설치된 시스템과의 연동 시에도 별도의 시스템 수정없이 적용 가능하다.

참 고 문 헌

- [1] Y. Dayu and Z. Peng, "Event Driven RFID Reader for Warehouse Management," Proc. of the 6th International Conference on PDCAT, pp. 895-899, 2005.
- [2] 이신형 외, "RFID 기반 물류창고 시스템을 위한 센서 네트워크 구축," 정보과학회 논문지, 제14권, 제1호, pp. 22-30, 2008년 2월.
- [3] Zhou Xiaoguang, Long Wei, and Autom. Sch., "The Research of Network Architecture in Warehouse Management System Based on RFID and WSN Integration," IEEE International Conference on Automation and Logistics 2008, pp. 2556-2560, 1-3 Sep. 2008.
- [4] WiMedia alliance, "Distributed Medium Access Control for Wireless Networks," WiMedia MAC Release Spec. 1.01, 2006.
- [5] P. Liu, Z. Tao, S. Narayanan, T. Korakis, and S. Panwar, "CoopMAC: A Cooperative MAC for Wireless LANs," *IEEE J. Selected Areas in Communications*, Vol.25, No.2, pp. 340-354, Feb. 2007.
- [6] W. Wang, C. Seo, and S. Yoo, "Power Aware Multi-hop Packet Relay MAC Protocol," Springer, LNCS 3794, pp. 580-592, Dec. 2005.
- [7] Jd. P. Pavon, S. Shankar N, V. Gaddam, K. Challapali, and C.-T. Chou, "The MBOA-WiMedia specification for ultra wideband distributed networks," *IEEE Communications Magazine*, Vol.44, No.6, pp. 128-134, June 2006.
- [8] 허경, 손원성, "무선 홈 네트워크에서 고속 멀티미디어 서비스의 Fair QoS 제공을 위한 UWB Distributed MAC 프로토콜의 타임 슬롯 할당 방안," 한국멀티미디어학회논문지, 제12권, 3호, pp.419-426, 2009년 3월.



주 양 익

1998년 고려대 전자공학과 학사
2000년 고려대 전자공학과 석사
2004년 8월 고려대 전자공학과
통신공학 박사
2004년 8월~현재 삼성전자 통신
네트워크 연구소 전문연
구원

관심분야: 무선시스템을 위한 PHY와 MAC 계층 연구,
Bluetooth, Wireless PAN, 유비쿼터스 네트
워킹



허 경

1998년 고려대 전자공학과 학사
2000년 고려대 전자공학과 석사
2004년 8월 고려대 전자공학과
통신공학 박사
2004년 8월~2005년 8월 삼성중
합기술원(SAIT) 전문연
구원

2005년 9월~현재 경인교대 컴퓨터교육과 조교수
관심분야: QoS, Mobile IP, Wireless MAC, 컴퓨터교육