

DASH7 기술 분석 및 ISO/IEC 18000-7 대비 구현 성능 비교

정상화*,이운성,이화경

1. 서 론

ISO/IEC 18000-7[1]은 능동형 RFID의 대표적인 통신 프로토콜 표준이다. 433MHz 대역의 주파수를 사용하며, 900MHz 또는 2.4GHz 대역을 사용하는 ZigBee[2], 802.15.4[3]에 비해 넓은 범위를 커버할 수 있고, 작은 전력을 소모하므로 보다 다양한 분야에 적용되고 있다. 그러나 2004년 발표된 ISO/IEC 18000-7은 각 제조사들의 표준 해석상의 차이로 인한 gray area[4]라는 호환성 문제를 내포하고 있다. 특히, start of transmission time을 정의하는 문제나 wakeup header의 전송 시간에 관한 문제는 대표적인 gray area라고 알려져 있다. 이를 해결하기 위해 ISO/IEC 18000-7.2, 7.3이 발표되었으나, 여전히 gray area의 가능성이 존재하였고, 이에 능동형 RFID 시장 확산 및 상호운영성 확보를 위해 Savi Technology 등이 주축이 되어 DASH-7 Alliance를 결성하고 기존 ISO/IEC 18000-7 표준을 대체하기 위한 18000-7 mode 2 specification을[5] 발표하였다. DASH7은 ISO/IEC 18000-7의 ‘-7’에서 따온 명칭으로 기존의 무선 데이터 통신 기술인 IEEE 802.11, ZigBee,

Passive RFID와 비교하여 433MHz 주파수 대역의 특성을 고려한 장점을 취합한 새로운 기술이며 저전력, 배터리 수명, 글로벌 로밍, 주파수 간섭 해결을 목표로 하며 센서, NFC 등의 다양한 분야를 타겟으로 하고 있는 시스템이다.

[표1]은 DASH7과 다른 무선 네트워크 통신 기술의 특징을 비교한 것이다. DASH7 통신 기술은 기존의 무선 센서 네트워크 통신 기술에 비해 더 낮은 소비전력과 긴 통신거리를 가진다. 1mW의 동일한 송신 출력을 사용한다고 가정할 경우 통신거리가 IEEE 802.15.4 ZigBee의 20배로 최대 500m까지 통신이 가능하며, 동일한 데이터를 사용할 때 ZigBee에 비해 1/15의 소비전력을 보인다.

	DASH7 Mode 2	ZigBee 900	ZigBee	Low Energy Bluetooth
Frequency	433 MHz	868/900 MHz	2.45 GHz	2.45 GHz
Channels (Global)	8	3	16	3
Bandwidth (Global)	1.74 MHz	2 MHz	80 MHz	80 MHz
Modulation	GFSK	BPSK	QPSK	GFSK
Basic Data Rate	28 kbps	20 kbps	250 kbps	1 Mbps
Max Data Rate	200 kbps	20 kbps	250 kbps	1 Mbps
Basic Range, 1mW	500 m	100 m	25 m	10 m
Avg Daily Power: 10x 256 byte dialogs	28 µW	430 µW	420 µW	50 µW

표 1. DASH7과 다양한 통신기술과의 비교[4] (DASH7 Alliance Feature Comparison)

한편, RFID 시스템에서 가장 중요한 기능이면서 전통적인 application은 태그 수집(tag collec-

※ 교신저자(Corresponding Author): 정상화, 주소: 부산광역시 금정구 장전동 부산대학교 201공학관 [전화 : 051-510-2434, FAX : 051-517-2431, E-mail : shchung@pusan.ac.kr

* 부산대학교 정보컴퓨터공학부

tion)이다. 태그 수집은 리더가 자신의 인식거리 내의 태그 정보를 수집하는 것이며, 태그 수집 과정에서 리더는 인식거리내의 태그들에게 수집 요청 메시지를 방송(broadcasting) 하고 모든 태그들은 리더의 요청 메시지를 수신하고 해당되는 응답을 리더로 전송한다. 이 과정에서 하나 이상의 태그가 응답할 경우 태그 충돌(tag collision) 현상이 발생한다. 태그 충돌 현상으로 인해 태그들은 응답을 재전송하여야 하고 이는 전체 태그 수집 시간을 증가시키고, 이로 인해 태그의 배터리 소모를 증가시킨다. RFID시스템의 성능을 결정짓는 핵심 요소는 태그 인식률, 태그 수집 시간, 태그 소모전력 등으로 나눌 수 있고 태그 충돌 현상은 RFID시스템의 성능에 직접적인 영향을 미치게 된다. RFID 시스템에서는 이러한 태그 충돌을 줄이기 위해 충돌 방지 프로토콜을 적용한다. RFID 시스템에서 널리 사용되는 충돌방지 프로토콜은 ALOHA 기반 프로토콜 및 CSMA/CA 방법이 있다. 특히, DASH7의 경우 CSMA/CA 방식을 적용하도록 스펙에서 규정하고 있다.

본 고에서는 DASH7과 기존 ISO/IEC 18000-7 표준의 차이점을 밝히고 대량 센서 노드를 수집시 성능을 비교하였다.

2. DASH7 기술

DASH7은 기존 ISO/IEC 18000-7 표준과의 호환성을 유지하며 표준 해석상의 모호함을 없애는데 그 목적이 있다. 또한, ISO/IEC 18000-7 표준을 제정하던 당시에 비해 센서 네트워크의 수요가 폭발적으로 증가한 것을 고려하여 새로운 표준이 RFID 뿐만 아니라 일반적인 무선 센서 네트워크의 다양한 기술적인 요구사항을 만족시킬 수 있도록 제안되었다.

우선, DASH7과 ISO/IEC 18000-7 표준의 물리계층의 차이점을 살펴보자.

	ISO/IEC 18000-7	DASH7
Channel Size	500 kHz	216 kHz
Channels	1	8
Modulation	FSK±50kHz	GFSK±50kHz
Encoding Options	Manchester	PN9, FEC
Symbol Rate	55.6 kHz	Normal : 55.6 kHz Turbo : 200 kHz
Data Rate	27.8 kbps	Min : 27.8 kbps Max : 200 kbps
Packet Sync	Pulse width	Sync word
Nominal TX EIRP	N/A	0 dBm
Peak stopband EIRP	N/A	-40 dBm

표 2. ISO/IEC 18000-7과 DASH7 PHY계층 차이점
먼저 사용하는 채널 대역폭의 크기가 줄어들었다. 이것은 기존의 ISO/IEC 18000-7이 433.92MHz의 중심주파수를 가지는 단일 채널로 동작했던 것에 비해 최대 8개의 채널을 사용할 수 있게 되었다는 것을 의미한다. 기존의 ISO/IEC 18000-7에 비해 높은 네트워크 성능과 간섭을 회피할 수 있다는 점에서 큰 장점을 가진다. 인코딩 기법은 ISO/IEC 18000-7의 Manchester 기법과 달리 PN9 기법과 FEC를 채택하고 있다. PN9 기법은 Manchester 기법에 비해 높은 data rate를 제공할 수 있으며, FEC 기법은 error correction을 기반으로 하는 인코딩 기법으로 신호대성능비를 높일 수 있어 신뢰성 높은 통신에 기여한다. 또한, DASH7은 IEEE 802.11n의 MIMO와 같이 인접 채널을 활용하는 turbo mode를 지원하여 최대 200kHz의 symbol rate와 200kbps의 높은 대역폭을 제공할 수 있다.

DASH7은 기존의 ISO/IEC 18000-7과 달리 기존 무선 센서 네트워크의 기술적인 요구사항을 만족시키기 위해 IEEE 802.15.4의 MAC 계층의

	ISO/IEC 18000-7	DASH7
Addressing	Unicast, Broadcast	Unicast, Broadcast, Multicast, Anycast
Access Methods	Reader-Talks-First, Slotted ALOHA	CSMA, Reversed Slots
Beacon Support	No	Yes
Multi-hop	No	Yes
Mesh routing	No	No
Session Attributes	Session Incrementer	Network ID, Session ID, Session Encodings
UHF Wake Event	Fixed length, none-data wakeup tone	Variable Countdown Packet Train
Other Wake Events	None	Anything attributable with a 15963-style ID

표 3. ISO/IEC 18000-7과 DASH7 MAC계층 차이점 기능을 많이 채용하고 있다. Addressing 기법의 경우, 기존의 ISO/IEC 18000-7에서는 리더와 태그간의 Request-Response 모델을 사용한 것에 비해 DASH7은 일반적인 무선 센서 네트워크의 확장이 용이하도록 다양한 Addressing 기법을 지원하고 있다. 또한 프레임 슬롯 알로하 방식의 Access 메커니즘에서 경쟁 기반의 Slotted CSMA/CA 기법을 사용하는 점이 큰 차이점이라 볼 수 있다. 프레임 슬롯 ALOHA 프로토콜은 구현의 간단함과 좋은 성능으로 RFID 시스템에서 가장 널리 사용되는 충돌 방지 프로토콜 중의 하나이지만, 많은 슬롯이 낭비가 될 뿐 아니라 충돌의 확률이 높기 때문에 태그의 개수가 많고, 밀집하게 분포되어 있는 환경에서는 수집 성능이 떨어지는 단점이 있다. 그에 비해, 저전력 센서 네트워크 및 RFID 시스템에서는 채널의 상태를 지속적으로 관찰하지 않는 non-persistent CSMA를 주로 채택하고 있다. 이미 IEEE802.15.4 LR-WPAN(Low Rate Wireless Personal Networks)표준에서는 저전력 저속의 근거리 무선 네트워크의 PHY 계층과 MAC 계층을 정의하고 있으며 채널 접근 방식으로 non-persistent 기

반의 CSMA/CA 프로토콜을 정의하고 있다. DASH7 기술 역시 이러한 추세를 반영하여 유동적인 Slotted CSMA/CA 기법을 채택함으로써 저전력 및 대량 센서는 대상으로 하는 무선 센서 네트워크의 성능을 보장하고 있다. 또한 기존 방식이 시작 프레임에 리더의 명령이 전송되는 것처럼 Beacon 프레임을 정의하고 있으며, 다중 홉 기반의 무선 통신을 지원하고 있다. 그러나 저전력에 중점을 둔 무선 센서 네트워크에서 성능 강화를 유발할 수 있기 때문에 DASH7 기술의 경우, 일반적으로 2홉 네트워크 라우팅을 권장하고 있으며 그 이상의 다중 홉 라우팅의 경우 다양한 기존 라우팅 프로토콜을 활용하도록 하고 있다. 그 외 ISO/IEC 18000-7에서도 태그의 다양한 정보를 관리하기 위한 UDB Element가 존재했던 것과 같이 DASH7에서도 다양한 센서 데이터를 관리하기 위한 상위 템플릿과 프로토콜을 탑재하는 것이 가능하다. DASH7은 네트워크를 구성하는 장치의 목적에 따라 다양한 device class를 지원하고 있다.

Device Class	Transmits	Receives	Complete Featureset	Wake-on Scan Cycle	Always-on Receiver
Blinker	•				
Endpoint	•	•		•	
Subcontroller	•	•	•	•	
Gateway	•	•	•		•

표 4. DASH7 Device Classification

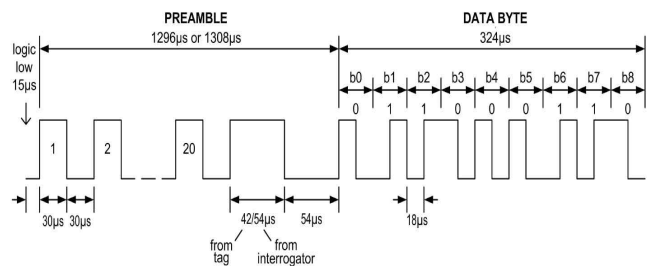


그림 1. ISO/IEC 18000-7 Packet Sync

기존의 ISO/IEC18000-7이 interrogator와 tag로 이루어진 간단한 분류를 지원했다면, DASH7의 경우 Gateway, Subcontroller, Endpoint, Blinker로 구분하고 있다. 이러한 세분화된 장치 설정은 장치 설정을 세분화하여 전력 사용량에 차등을 주기 위함이다. 기존의 tag-interrogator와의 관계에서 벗어나 P2P 네트워크로의 확장을 염두에 둔 것이라 볼 수 있다. 다른 차이점을 살펴보면, Packet Sync 역시 큰 차이점이 존재한다. ISO/IEC 18000-7의 경우 preamble, data byte로 구분하여 불특정 장치의 데이터 전송을 위해 일정 시간 약속된 preamble을 수신하고 마지막 두 펄스의 시간 차이에 따라 송신 장치와 패킷 타입을 구분하는 것에 비해 DASH7에서는 preamble, sync word, frame data로 구성하고 있다.

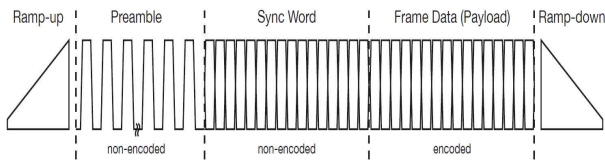


그림 2. DASH7 Packet Sync

마지막으로 DASH7 기술에서는 OSI 7 계층에 상응하는 다양한 계층에서의 기능과 패킷 프레임의 정의를 하고 있다.

Data Link 계층은 두 가지 패킷 프레임을 제공한다. Background 프레임은 주변 노드와의 빠른 동기화를 수행하거나, 특정 노드가 Request 패킷 전송을 예약하기 위해 사용된다. Foreground 프레임은 주변 노드들과 Dialog를 형성하여 요청 응답의 관계를 갖고 정보를 교환할 목적으로 사용된다. 따라서 Background와 달리 다양한 정보를 지원하기 위한 많은 프로토콜이 필요하다.

Foreground 프레임에서 지원하는 네트워크 프로토콜에는 M2NP와 M2DP가 있다. M2NP는 무선 센서 네트워크 상에서 주소 및 라우팅 개념을

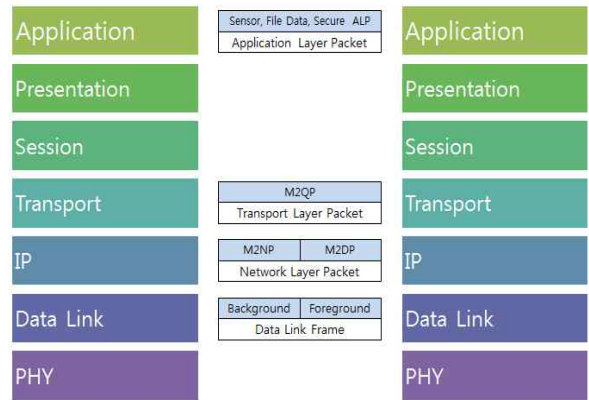


그림 3. DASH7 계층적 분류

도입하기 위한 목적을 가지고 있다. 멀티 홉 라우팅을 지원하며 현재는 2-hop까지의 통신이 가능하다. Data Link 계층에서 제공되는 Addressing 정보를 참조하여 라우팅을 수행한다. M2DP는 대량의 데이터 요청을 지원하기 위한 프로토콜이다. M2NP를 통해서 미리 데이터 교환에 관한 정보를 얻어야 수행할 수 있다.

M2NP를 통해 라우팅 정보를 분석하고 나면, 데이터의 의미를 파악하기 위한 M2QP 프로토콜이 필요하다. 이는 Transport 계층의 프로토콜이다. DASH7이 지원하는 여러 명령어와, 주어진 Dialog의 시간, 데이터의 종류와 길이에 대한 정보를 얻을 수 있다. M2DP의 경우, M2NP의 데이터 상세인 M2QP와 같이 ALP라는 어플리케이션 계층 프로토콜이 있어서 데이터의 정보를 분석할 수 있다. 이런 송수신 과정을 제어하기 위해 Session 계층이 존재한다. 이 계층에서는 프레임 종류, 시간, 송수신, 프로토콜 등의 정보를 인자로 갖는다. 송신시에는 이 정보를 통해 전송할 데이터 프레임을 만들 수 있고, 수신시에는 데이터 프레임 대기시간과 그 종류, 프로토콜 설정 값으로 데이터를 분석할 수 있게 된다.

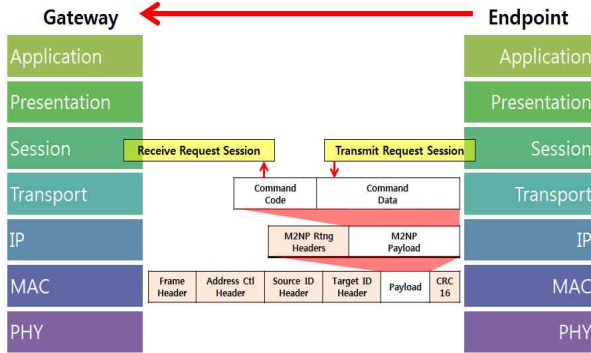


그림 4. DASH7 패킷 전송 과정

3. DASH7 구현과 ISO/IEC 18000-7 과의 MAC 성능 비교

3.1 ISO/IEC 18000-7 Slotted ALOHA

아래그림은 18000-7의 태그 컬렉션 알고리즘을 나타낸 것이다. 리더는 통신 거리 내에 있는 태그들을 sleep에서 receive로 상태를 바꾸어주기 위해 wake-up command를 전송하고, 이어서 실제로 데이터를 수집하기 위해 collection command를 전송한다. receive 상태인 각 태그들은 collection command를 수신하여 collection response 메시지를 전송한다. 이 때에 사용되는 것이 MAC transmission protocol인 Slotted ALOHA이며 tag는 Slotted ALOHA를 위한 데이터를 collection command로부터 획득한다. 이 command는 각 태그들이 응답을 보낼 수 있는 시간을 window

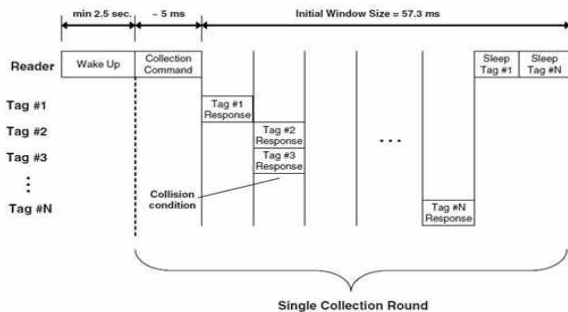


그림 5. ISO/IEC 18000-7 태그 컬렉션

size로서 알려주므로, 태그는 이를 받아 그 시간 내에 응답을 보낸다. 이 때, 태그는 자신이 보낼 응답 패킷의 길이로 slot 길이를 계산하며, 각 태그의 응답 시도는 각 slot에서 이루어진다.

Slotted ALOHA를 사용하면 태그는 서로가 응답을 보내는 slot을 알 수 없기 때문에 같은 slot을 선택하여 전송할 때 충돌이 발생한다. 따라서 충돌된 태그의 응답을 재전송하기 위해 sleep과 round를 사용한다. round는 collection command + response time을 합한 것으로, 한 round 내에 수신되지 못한 태그에 대해서는 다음 round를 통해 collection을 수행한다. 이 때, 이미 수집된 태그의 재 수집을 막기 위해서 round 중에 수신된 태그에 대해 sleep command를 전송하는데, 이 command를 받은 tag는 sleep모드로 들어가 wake-up 이외의 command에 대해서는 응답을 하지 않는다. 이러한 알고리즘을 통해 리더는 태그를 여러 round에 걸쳐 수집을 완료하게 된다. 또한 반복한 round 수는 수집 성능을 측정하는 척도가 된다.

3.2 DASH7 CSMA/CA

DASH7 이외에도 많은 무선 센서 네트워크 표준들은 데이터 전송 MAC 프로토콜로 CSMA/CA를 사용하고 있다. 충돌을 고려한 모델이기 때문에 Slotted ALOHA와 같이 충돌 제어를 위한 별도의 기법을 필요로 하지 않는다. 이를 통해 수신율 및 구현의 이득을 얻을 수 있다. DASH7의 CSMA/CA는 타 표준들과 같이 충돌 회피, 흐름 제어, CSMA로 이루어진 일반적인 구조를 취하고 있다.

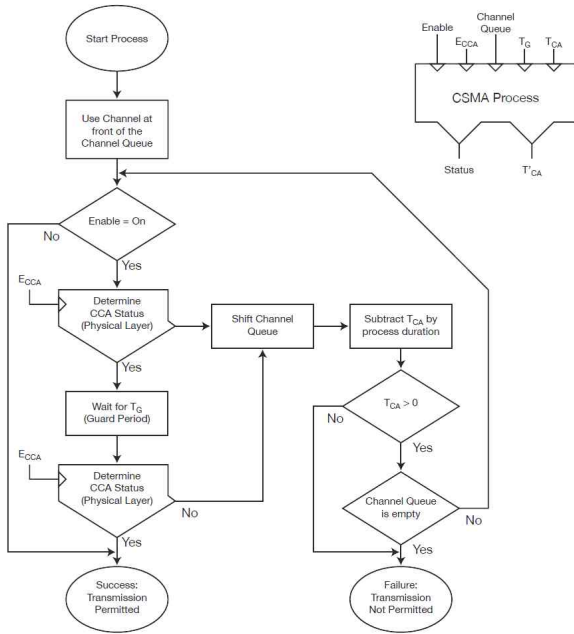


그림 6. DASH7 CSMA/CA 순서도

CSMA 과정은 연속 2회의 CCA를 수행하고 데이터를 전송하는 방식을 사용하고 있다. 다중 채널을 지원하기 때문에, CCA를 실패하는 경우 저장된 다른 채널을 통해서도 전송 시도가 가능하다. 모든 채널에서 CCA를 실패하면 데이터 전송을 취소한다. 하지만 충돌 회피 및 흐름 제어 과정

Channel Symbol Rate	T _{GD}	T _{GD'} (FEC)
55.55 kS/s	5 ti	10 ti
200.0 kS/s	2 ti	3 ti

그림 7. 데이터 전송 보호 시간 기본 값

을 통해 경쟁 구간 내에 전송을 재시도할 수 있다. 2회의 CCA 사이에는 이미 전송중인 데이터를 보호하기 위한 보호 시간을 부여한다. 이 보호 시간 값은 스펙 상에 정해져 있다. 이 값은 32바이트의 데이터 전송에 걸리는 시간을 토대로 정해진 값이다.

DASH7은 3가지의 충돌 회피 기법을 제시하고 있다. 아래그림은 각 기법이 주어진 경쟁 구간 내에서 어떤 방법으로 동작하는지를 보여준다.

(A)RIGD는 랜덤으로 데이터 전송을 시도할 슬롯을 정하는 방법이다. 다만 이때의 랜덤 값 범위는 전체 경쟁구간의 2ⁿ 으로, 점차 범위를 줄여가며 슬롯을 할당한다. T_{CA}/2 구간에서 데이터 전송 과정으로 들어가지 못하면 T_{CA}/4 구간에서 랜덤 슬롯을 다시 할당 받는다. 이와 같은 방식으로 최

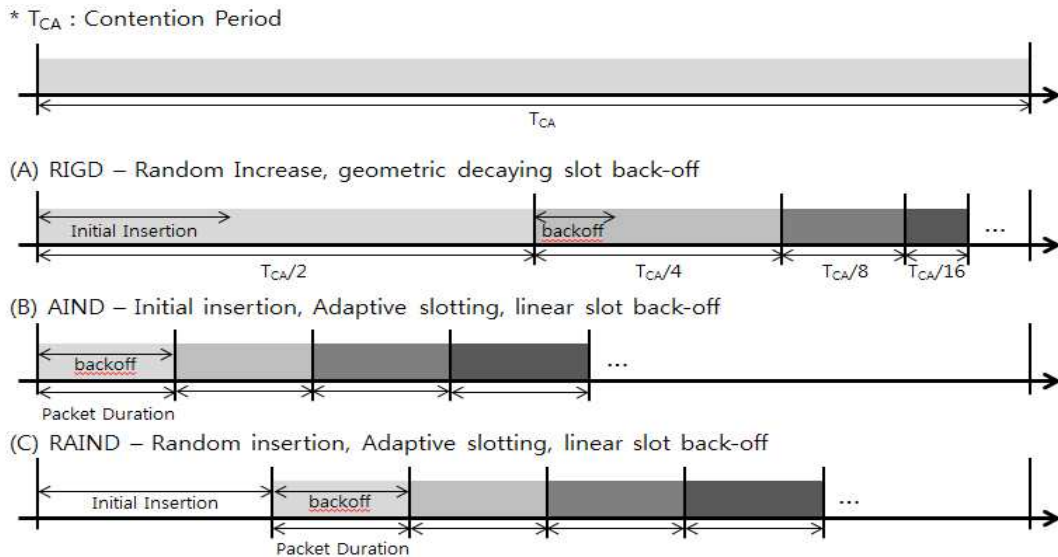


그림 8. DASH7 충돌 회피 기법

대 T_{CA} 시간까지 재 시도를 할 수 있다. 이 방식을 사용한다면, 과도한 채널 접근을 막을 수 있어 에너지 소모를 줄일 수 있다.

(B)AIND는 맨 첫 슬롯부터 데이터 전송을 시작할 수 있다. 첫 시도에 데이터 전송 과정으로 들어가지 못하면, 전송하고자 하는 데이터 길이에 따른 최적의 전송시간을 계산하여 다음 슬롯까지 back-off를 수행한다. 전송할 데이터 길이를 기반으로 충돌 제어를 수행하기 때문에, 서로 다른 길이의 데이터를 보낼 수 있는 네트워크에서 좋은 성능을 보일 수 있다. 하지만 모든 데이터가 맨 첫 슬롯부터 데이터 전송을 시도하기 때문에, 충돌 제어를 위한 back-off 비용이 증가할 수 있다.

(C)RAIND는 (B)방식에서 맨 첫 시도를 랜덤으로 한다는 것에 차이가 있다. 이 경우, 비교적 하나의 슬롯에 집중되는 전송 시도를 줄일 수 있어서 back-off비용을 (B)방식에 비해 줄일 수 있다.

3.3 대량 태그 수집을 통한 MAC 성능 비교

앞서 설명한 내용에 대해 성능 비교를 수행하였다. DASH7은 무선 센서 네트워크를 위한 기술 연구로, ISO/IEC 18000-7에서와 같은 대량 태그 수집을 위한 기법이 명시되어있지 않다. 따라서 비교를 위해 비슷한 조건으로 실험할 수 있도록 태그 수집 기법을 그림9과 같이 적용하였다. 수집 명령과 슬립 명령 사이의 경쟁 구간은 ISO/IEC 18000-7의 기본 Round 시간인 57.3ms로 하였다.

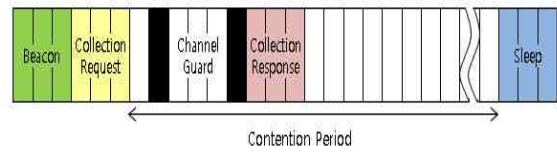


그림 9. DASH7 태그 수집 시나리오



그림 10. 실험에 사용된 태그

본 실험을 위해 개발된 태그는 TI사의 저 전력 코어 CC430을 사용하였고 각 50cm 간격을 두고 수집 실험을 수행하였다. 실험 결과로 수집된 태그 수, 목록, 수집된 시점, 반복한 경쟁 구간 수와 그 시간 값을 얻을 수 있다.

우선 DASH7의 세 가지 충돌 회피 기법을 비교한 결과, 30대의 태그를 동시 수집할 때 RIGD의 성능이 가장 뛰어났다. 한 경쟁 구간의 크기가 57.3ms이고, 이 구간의 반복 횟수가 수집 시간인 것을 감안한다면 10ms정도의 차이로 세 기법 중 RIGD가 가장 뛰어나다고 할 수는 없지만, 셋 중 하나를 기준으로 ISO/IEC 18000-7과의 성능을 비교하기 위해서 이와 같은 결론을 내렸다. 앞선 실험에서 성능이 뛰어났던 RIGD를 사용하여 ISO/IEC 18000-7과 DASH7의 성능을 비교한 결과를 살펴보자. Slotted ALOHA의 경우 수집할 태그의 수가 증가할수록 수집시간이 급격히 증가

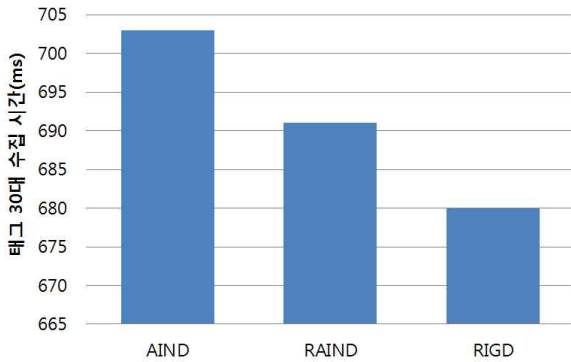


그림 11. DASH7 충돌 회피 모델 성능 비교

하는 것을 확인할 수 있다. 이것은 충돌 제어 알고리즘이 없어서 라운드를 효율적으로 사용하지 못하기 때문이다. 이에 반해, CSMA/CA는 태그 수집 성능이 뛰어나다. 그 이유는 충돌을 피하고 경쟁 구간 내에서 태그에게 재 시도의 기회를 부여하여 구간 내 수집 효율을 증가시켰기 때문이다.

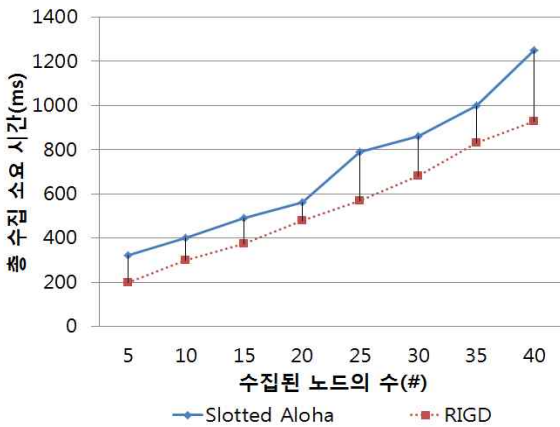


그림 12. 태그 수집 성능 비교

결과적으로, 수집 태그 수가 증가할수록 수집이 간간이 비선형적으로 증가하는 Slotted ALOHA에 비해, CSMA/CA는 선형에 가까운 수집시간 증가 추세를 보였다. 이로써 40대 수집 시에는 30% 가량의 수집 시간의 향상을 보였다.

4. 결 론

본 고에서는 새로운 무선 센서 네트워크 통신 기술인 DASH7의 특징과 기존 ISO/IEC 18000-7 표준과의 차이점을 살펴보았다. 또한 DASH7에 기반한 대량 센서 수집을 위한 다양한 구현상의 방법을 제시하고 기존 표준과의 성능 비교를 통해 DASH7의 우수성을 확인할 수 있었다. DASH7은 기존의 RFID 시스템을 위한 통신 프로토콜을 넘어 433MHz 주파수 대역을 사용하는 새로운 무선 센서 네트워크의 통신 기술로서 적합하다. 향후 DASH7의 표준화가 진행됨에 따라 급속한 기술 확산이 진행될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] ISO/IEC 18000-7, Information technology - Radio frequency identification (RFID) for item management - Part 7: Parameters for active air interface communications at 433 MHz, 2004
- [2] ZigBee Alliance, <http://www.ZigBee.org/>
- [3] IEEE 802.15.4, <http://standards.ieee.org/about/get/802/802.15.html>
- [4] DASH7 Alliance, <http://www.dash7.org/>
- [5] Dash7 Mode 2 Specification Draft 014, An Advanced Communication System for Wide-Area Low Power Wireless Applications and Active RFID, 2011
- [6] Opentag, <https://github.com/jpnorair/Opentag>
- [7] MSP430, http://www.ti.com/lscds/ti/micro-controller/16-bit_msp430/overview.page
- [8] Jae-Ryong Cha, Jae-Hyun Kim, "An enhanced dynamic framed slotted ALOHA algorithm for RFID tag identification", 2006 CCNC
- [9] Su-Ryun Lee, Sung-Don Joo, Chae-Woo Lee, "Dynamic framed slotted ALOHA algorithms using fast tag estimation method for RFID system", 2005

MobiQuitous

[10] Floerkemeier, C., Wille, M., "Framed ALOHA for multiple RFID objects identification", 2006 SAINT workshops

[11] bjorn nilsson, lars bengtsson, bertil svensson, "Selecting back-off algorithm in active RFID CSMA/CA based medium-access protocols", 2008 embedded system

[12] shweta jain, samir R. das, "Collision avoidance in a dense RFID network, wintech'06

[13] E. egea-lopez, J. vales-alonso, A. S. martinez-sala, M. V. bueno-delgado, J. garcia-haro, "Performance evaluation of non-persistent CSMA as anti-collision protocol for active RFID tags", 2007 LNCS wired/wireless internet communications

[14] Bih-Hwang Lee, Huai-Kuei Wu, "Study on a Dynamic Superframe Adjustment Algorithm for IEEE 802.15.4 LR-WPAN", Vehicular Technology Conference (VTC 2010-Spring), 2010 IEEE 71st, page(s): 1 - 5, Volume: Issue: May 2010

[15] Jae-Ryong Cha, Jae-Hyun Kim, "Novel Anti-collision Algorithm for Fast Object Identification in RFID System", ICPADS'05

[16] Ho-Seung Choi, Jae-Ryong Cha and Jae-Hyun Kim, "Fast Wireless Anticollision Algorithm in Ubiquitous ID System," in Proc. IEEE VTC 2004, L.A., USA, Sep. 26-29, 2004

[17] R. Glidden et al., "Design of Ultra-Low-Cost UHF RFID tags for Supply Chain Applications," IEEE Commun. Mag., Aug., 2004, pp. 140-151

[18] won-ju yoon, sang-hwa chung, seong-joon lee, "Implementation and performance evaluation of an active RFID system for fast tag collection", 2008 computer communications



정 상 화

- 1985년 2월 서울대학교 전기 공학과 학사
- 1988년 5월 Iowa State Univ. 컴퓨터공학과 석사
- 1993년 8월 Univ. of Southern California 컴퓨터공학과 박사
- 1993년~1994년 Univ. of Central Florida 컴퓨터공학과 조교수
- 1994년~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 교수, 컴퓨터 및 정보통신연구소 연구원
- 2002년~2003년 Oregon State Univ. 컴퓨터공학과 초빙 교수
- 2011년~현재 부산대학교 컴퓨터 및 정보통신연구소 연구소장
- 관심분야 : DASH7, RFID, 센서 네트워크, SDN, OpenFlow, 무선랜 mesh 네트워크



이 윤 성

- 2006년 2월 부산대학교 정보컴퓨터공학부 학사
- 2008년 2월 부산대학교 컴퓨터공학과 석사
- 2008년 3월~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 박사과정
- 관심분야 : DASH7, RFID, 센서 네트워크



이 화 경

- 2011년 8월 부산대학교 정보컴퓨터공학과 학사
- 2012년~현재 부산대학교 대학원 컴퓨터공학과 석사과정
- 관심분야 : RFID, 센서 네트워크, DASH7