

TTA Standard

정보통신단체표준
TTAS.IE-802.15.4-2006-part1

제정일 : 2005 년 09 월 25 일
개정일: 2007 년 12 월 26 일

LR-WPAN 기능 규격
(IEEE 802.15.4-2006)

Fuction specification of low rate
sensor network
(IEEE 802.15.4-2006)

LR-WPAN 기능 규격
(IEEE 802.15.4-2006)

Fuction specification of low rate
sensor network
(IEEE 802.15.4-2006)



본 문서에 대한 저작권은 TTA 에 있으며, 이 문서의 전체 또는 일부에 대하여 상업적 이익을 목적으로 하는 무단 복제 및 배포를 금합니다.

Copyright© Telecommunications Technology Associations (2007). All Rights Reserved

서 문

1. 표준의 목적

본 표준은 저속 센서네트워크의 기능 규격에 관한 것으로 IEEE 802.15.4-2006 국제표준 규격에서 규명한 PHY 및 MAC 부계층의 기능 규격을 국문으로 번역한 국문규격으로서 세부 규격들의 구체적인 정의는 원본의 표준안을 그대로 수용하여 참조하도록 한다.

2. 주요 내용 요약

저속 센서네트워크는 WPAN 영역에서 무선으로 저전력 기반의 데이터 전송 기능을 수행하여야 한다. 본 문서에서는 이와 같은 기능규격을 정의하기 위하여 IEEE 802.15.4-2006 표준의 저속 WPAN 기술 개요, 표준의 참고문헌, 용어 및 약어 정의, 그리고 기능에 대한 일반적인 내용을 기술하고 있다.

3. 표준 적용 산업 분야 및 산업에 미치는 영향

본 표준은 저속 센서네트워크에서 센싱 및 제어 데이터를 전송하는데 사용된다. WLAN과 달리 거의 인프라스트럭처를 필요하지 않아 다양한 종류의 디바이스에 구현될 수 있는 소형, 저가격, 저전력의 무선 통신수단을 가능하게 하여 다양한 센서노드 제작, WPAN 네트워킹 및 응용 산업에 꼭 필요한 규격으로 활용될 것이다.

4. 참조권고 및 표준

4.1 국제표준(권고)

- ISBN 0-7381-4996-9 SH95552

4.2 국내표준: TTAE.IE-802.15.4

4.3 기타:

5. 참조표준(권고)과의 비교

5.1 참조표준(권고)과의 관련성

본 표준은 IEEE 802.15.4-2006 기능 규격에 관한 것으로 저속 센서네트워크 기능

규격으로 활용이 가능하여 국문으로 번역하였음. 참조표준은 IEEE 802.15.4-2003 영문 표준임

5.2 참조한 표준(권고)과 본 표준의 비교표:

TTAS.IE-802.15.4-2003	TTAS.IE-802.15.4-2006-part1
<ul style="list-style-type: none"> - 서론에 대한 번호체계가 없음 - inactive 구간을 가진 superframe 구조가 없음 - 암호 메커니즘에 대한 내용 없음 	<ul style="list-style-type: none"> - 서론에 대한 번호 체계가 있음 - inactive 구간을 가진 superframe 구조가 기술되어 있음 - 암호메커니즘에 대한 내용 있음

6. 지적재산권 관련사항: 없음

2007년 12월 현재까지 본 표준과 관련하여 확인된 지적재산권 없음

7. 적합인증 관련사항

해당사항 없음

7.1 적합인증 대상 여부

7.2 시험표준제정여부(해당 시험표준번호)

8. 표준의 이력

판수	제/개정일	제/개정내역
제1판	2005.09.25	제정
제2판	2007.12.26	개정

Preface

1. The Purpose of Standard

This proposal is regarding to functional specification of low rate sensor network which is based on the IEEE 802.15.4-2006 LR-WPAN specification. Wireless personal area networks (WPANs) are used to convey information over relatively short distances. Unlike WLAN, connections effected via WPANs involve little or no infrastructure. This feature allows small, power-efficient, inexpensive solution to be implemented for a wide range of devices. The purpose of this revision is to extend the market applicability of IEEE Std. 802.15.4 and to removes ambiguities in the standard, Implementations of the 2003 edition of this standard have revealed potential areas of improvements. Additional frequency bands are being made available in various countries that are attractive for this application space.

2. The summary of contents

In general, the function of low rate sensor networking requires low cost, low power characteristics for data communication. This proposal used to IEEE Std. 802.15.4-2006 LR-WPAN specification. This revision extends the market applicability of IEEE Std. 802.15.4, removes ambiguities in the standard, and makes improvements revealed by implementations of IEEE Std. 802.15.4-2003.

This document involves overview, normative references, definitions, acronyms and abbreviations, and general description of LR-WPAN.

3. Applicable fields of industry and its effect

By defining IEEE Std. 802.15.4-2006 specification which can be applied PHY and MAC sub-layer for low-data-rate wireless connectivity with fixed, portable, and moving devices with no battery or very limited battery consumption requirements typically operating in the personal operating space(POS) of 10m. It is foreseen that, depending on the application, a longer range at a lower data rate may be an acceptable tradeoff.

4. Reference Recommendations and/or Standards

4.1 International Standards

- ISBN 0-7381-4996-9 SH95552

4.2 Domestic Standards: None

- TTAE.IE-802.15.4

4.3 Other Standards:

5. Relationship to International Standards (Recommendations)

5.1 The relationship of international standards

This proposal is basically rooted from the IEEE Std. 802.15.4-2006 and follows the specification released in Sep. 2006 by IEEE Computer society. This proposal is translated into Korean language.

5.2 Differences between International Standard (Recommendation) and this standard

TTAS.IE-802.15.4-2003	TTAS.IE-802.15.4-2006-part1
<ul style="list-style-type: none"> - Introduction numbering is not provided - Architecture of superframe with inactive period is not provided - Cryptographic mechanism is not provided 	<ul style="list-style-type: none"> - Introduction numbering is provided - Architecture of superframe with inactive period is provided - Cryptographic mechanism is provided

6. The Statement of Intellectual Property Rights:

As of December 2007, any IPRs related to this standard cannot be found

7. The Statement of Conformance Testing and Certification

Nothing is related

8. The History of Standard

Edition	Issued date	Contents
The 1st edition	2005.09.25	Established
The 2nd edition	2007.12.26	Revised

목 차

1. IEEE 802.15.4-2006 표준의 개요.....	2
2. 참고 표준 목록	3
3. 용어의 정의.....	4
4. 약어풀이.....	7
5. 기능규격 일반	10

LR-WPAN 기능 규격(IEEE802.15.4-2006)

Functional Specification of low rate sensor network

- 표준의 요약

본 표준은 저속 센서네트워크의 기능규격을 정의하기 위하여 IEEE 802.15.4-2006 규격을 인용한다. IEEE 802.15.4의 시장 적용 가능성 확대와 이전 IEEE 802.15.4-2003 표준안에서의 모호한 부분을 설명하고 불필요하게 복잡한 부분을 감소시켰으며 보안 키 사용에서의 유연성을 증가시키고 새롭게 사용 가능한 주파수 할당에 대한 규격을 제안한다. 본 표준은 IEEE 802.15.4-2006의 기능규격을 국문으로 번역한 국문규격으로서 세부 규격들의 구체적인 정의는 원본의 표준안을 그대로 수용하여 참조하도록 한다.

주요 내용으로는 IEEE 802.15.4-2006 물리계층 및 MAC부계층 기능규격에 관한 것으로 저속 WPAN 기술 개요, 당 표준의 참고문헌, 용어 및 약어 정의, 그리고 기능에 대한 일반적인 내용을 기술하고 있다.

본 표준은 LR-WPAN 에서 데이터를 전송하는데 사용된다. WLAN과 달리 거의 인프라스트럭처를 필요하지 않아 다양한 종류의 디바이스에 구현될 수 있는 소형, 저가격, 저전력의 무선 통신수단을 가능하게 하여 다양한 센서노드 제작, WPAN 네트워킹 및 응용 산업에 꼭 필요한 규격으로 활용될 것이다.

- 국제 표준과의 차이점

국문 번역본임

1. IEEE 802.15.4-2006 표준의 개요

1.1 서론

저속 무선 PAN(LR-WPAN: Low Rate Wireless Personal Area Network)은 비교적 단거리 내에서 정보를 전송하는데 사용된다. 무선 랜(WLAN: Wireless Local Area Network)과는 달리 거의 혹은 전혀 기반구조(infrastructure)를 필요로 하지 않는다. 이러한 특징은 다양한 종류의 디바이스에 구현될 수 있는 소형, 저전력, 저가의 무선 통신 수단을 가능케 한다.

이 자료를 저속 WPAN 표준안이라 명시한다.

1.2 범위

이번 개정판은 IEEE Std 802.15.4-2003의 보완과 수정을 그 목적으로 한다. 이러한 보완과 수정에는 의미가 모호한 부분을 설명하고 불필요하게 복잡한 부분을 감소시켰으며 보안 키 사용에서의 유연성을 증가시키고 새롭게 사용 가능한 주파수 할당에 대한 참조를 포함한다.

IEEE Std 802.15.4는 10m의 개인공간(POS: Personal Operating Space)에서의 작업 시 배터리가 없거나 아주 제한적인 소모가 요구되는 고정성, 휴대성 그리고 이동성 디바이스의 저속 무선 상호 통신 능력을 위한 물리 계층과 MAC 부계층을 설명한다. 적용 방법에 따라 더 낮은 데이터 전송속도에서 더 넓은 범위로의 전환이 가능할 것으로 내다본다.

이 프로젝트는 802.15.2 and 802.11/ETSI-BRAN/MMAC 5GSG와 같은 Coexistence Task Groups의 공동업무로 다른 무선 디바이스의 수준까지 올라가는데 그 목적을 둔다.

1.3 목적

이번 개정판은 IEEE Std 802.15.4의 시장 적용 가능성 확대와 예전 표준안에서의 모호한 부분을 제거하는데 그 목적을 둔다. 2003년도 표준안은 진보의 잠재된 영역을 드러내었다. 추가된 주파수 영역은 이러한 기술 응용 영역에 관심을 갖는 여러 나라에서 사용 가능하도록 만든 것이다.

2. 참고 표준 목록

다음의 레퍼런스들은 이 문서의 응용에 필수적인 자료이다. 날짜가 기입된 레퍼런스는 인용된 판 그대로 적용하였고 날짜가 기입되지 않은 레퍼런스는 최신 판을 적용하여 사용하였다.

- FIPS Pub 197, Advanced Encryption Standard (AES).¹

- IEEE Std 802®, IEEE Standards for Local and Metropolitan Area Networks: Overview and Architecture.²

- ISO/IEC 8802-2 (IEEE Std 802.2™), Information technology — Telecommunications and information exchange between systems — Local and metropolitan area networks — Specific requirements — Part 2: Logical link control.³

- ISO/IEC 9646-7 (ITU-T Rec. X.296), Information technology — Open systems interconnection — Conformance testing methodology and framework — Part 7: Implementation conformance statements.

3. 용어의 정의

본 규격의 목적을 위해 다음의 용어 및 정의를 적용한다. 본 절에서 정의되지 않은 용어는 *The Authoritative Dictionary of IEEE Standards Terms*, Seventh Edition [B3].⁴ 에서 찾을 수 있다.

3.1 대체 PAN 코디네이터(alternate personal area network (PAN) coordinator):

PAN 코디네이터가 어떤 이유에서 망을 이탈하였을 경우 조정자 PAN 코디네이터를 대체할 수 있는 코디네이터. 하나의 PAN은 0 또는 그 이상의 대체 PAN 코디네이터를 가질 수 있다.

3.2 가입(association): 한 디바이스가 WPAN의 일원이 될 때 사용되는 서비스

3.3 인증태그(authentication tag): 하나의 메시지 인증 확인을 허용하는 정보

3.4 비컨사용 PAN(beacon-enabled personal area network (PAN)): 모든 코디네이터가 정규 비컨을 방출하는 PAN, 비컨의 수 < 0x0F.

3.5 block cipher: 고정된 크기의 수열에 적용되는 암호함수

3.6 블록크기(block size): block cipher가 사용하는 수열의 비트수

3.7 contention access period (CAP): 비컨프레임에 연이어 나오는 시간으로, 이 때 전송을 원하는 디바이스는 CSMA-CA 메커니즘을 이용함으로 채널 접근을 위해 경쟁한다.

3.8 contention access period (CAP) symbol: CAP동안 발생하는 한 심볼 주기.

3.9 코디네이터(coordinator): 메시지를 전달할 수 있는 FFD. 만약 하나의 코디네이터가 하나의 PAN에서 주 컨트롤러이면 이러한 컨트롤러를 PAN 코디네이터라고 부른다.

3.10 데이터인증과정(data authentication): 메시지를 수신하는 하나의 엔티티가 메시지 안에 있는 정보가 참 정보원인이라는 증거와 이 메시지가 전달 중에 수정되지 않았다는 증거를 보장하는 과정

3.11 데이터신뢰성(data authenticity): 정보원에 대한 확인.

3.12 디바이스(device): IEEE 802.15.4 MAC 과 무선 매체 물리 접속 구현을 포함한 모든 것 하나의 디바이스는 RFD 또는 FFD가 된다.

3.13 암호화(encryption): 하나의 메시지가 새로운 메시지로 변환되는 것으로 이 전용 정보는 원래의 표현을 복구하는데 요구된다.

3.14 프레임(frame): 동일시간에 전송될 것으로 MAC 부 계층으로부터 모아진 비트의 포맷

- 3.15 full-function device (FFD): 코디네이터로 동작 가능한 디바이스
- 3.16 그룹키(group key): 디바이스의 셋에게만 알려진 키
- 3.17 공전주기(idle period): 송수신 활동이 일어날 일정이 없는 시간.
- 3.18 키(key): 예를 들어 우선 정보에 접근할 수 없는 파티에 정보가 공개되거나 막을 수 없는 수정을 보호하기 위해 사용되는 우선정보
- 3.19 키설정(key establishment): 둘 이상의 파티가 하나의 키를 설정할 때 생기는 과정
- 3.20 키재료(keying material): 하나의 키와 가입된 보안정보의 결합(예, nonce value)
- 3.21 키관리(key management): 시스템이 살아있는 동안에 생기는 키 관계 설정 및 유지 과정들의 조합
- 3.22 키공유그룹(key sharing group): 하나의 키를 공유하는 디바이스의 세트
- 3.23 국부잠금(local clock): 하나의 디바이스의 대한 내부 심벌 클럭
- 3.24 링크키(link key): 정확히 두 디바이스 사이에 공유되는 비밀 키
- 3.25 최소 보안수준(minimum security level): 정보전달을 위한 최소한의 보안요구표시
- 3.26 모바일 디바이스(mobile device): 사용하는 동안 네트워크에서 위치가 변하는 디바이스.
- 3.27 m 시퀀스(m-sequence): 선형 천이 레지스터 수열의 최대길이
- 3.28 비컨사용 PAN(nonbeacon-enabled personal area network (PAN)): 코디네이터가 정기적인 비컨을 방출하지 않는 PAN으로 비컨의 차수는 0x0F.
- 3.29 년슨(nonce): 증가 카운터, 충분히 긴 랜덤 수열 또는 타임스탬프와 같은 비반복적 값
- 3.30 orphaned 디바이스(orphaned device): 코디네이터와 접속을 잃어버린 디바이스
- 3.31 패킷(packet): 물리매질에서 같은 시간에 전송되는 정형화된 누적 비트들
- 3.32 페이로드 데이터(payload data): 전송되는 데이터 메시지 내용
- 3.33 PAN 코디네이터 (personal area network (PAN) coordinator): 하나의 PAN의 주 컨트롤러인 코디네이터로 한 IEEE 802.15.4 네트워크는 단 하나의 PAN 코디네이터를 소유하고 있다.

3.34 personal operating space (POS): 개인 혹은 물체 주위의 공간으로 보통 10m 반경을 의미하며 그 사람 혹은 물체가 고정 혹은 이동에 관계없이 커버할 수 있는 공간을 말한다.

3.35 평이문 (plain text): 스크램블되지 않은 정보의 열

3.36 보호(Protection): 비밀성, 데이터 인증성 또는 재생 보안등과 같은 정보 전달을 위해 제공되는 보안서비스의 조합

3.37 전파영향권(radio sphere of influence): 다른 링크와 전파로 도달하여 통신할 수 있는 공간

3.38 reduced-function device (RFD): 코디네이터로 동작할 수 없는 디바이스

3.39보안수준 (security level): 전달중인 정보에 적용되는 의도된 보안 지수

3.40 자가치료(self-healing): 사람의 조정 없이 네트워크 노드 또는 통신 링크상에서 발생하는 결함을 검출하고 치료하는 네트워크의 능력

3.41 자가구성(self-organizing): 사람의 조정 없이 다른 노드의 출현을 감지하고 하나의 구조로 만들어 기능을 하는 네트워크를 네트워크의 능력

3.42 대칭키(symmetric key): 비밀키로서 두개 이상의 파티에 의해 공유되며, 의도된 사용처에 따라 암호 및 복호에 사용되거나 통합 보호 및 통합 확인 등에 사용된다.

3.43 트랜잭션 (transaction): 두개의 점 MAC 개체 사이의 서로 연관이 있는 연속적인 프레임의 교환으로서, MAC 명령어와 데이터 프레임의 성공적인 전송을 위해 필요하다.

3.44 트랜잭션 큐(transaction queue): 기다리고 있는 트랜잭션 리스트로서 간접 전송을 이용하여 보내어지고 하나의 주어진 코디네이터의 MAC부계층에 의해 시작된다. 트랜잭션 큐가 진행되는 동안 그 코디네이터에 의해 트랜잭션 큐가 유지되며, 그 길이는 구현방식에 따라 다르지만 적어도 하나이상이다.

4. 약어풀이

AES advanced encryption standard
ASK amplitude shift keying
AWGN additive white Gaussian noise
AWN affected wireless network
BE backoff exponent
BER bit error rate
BI beacon interval
BLE battery life extension
BO beacon order
BPSK binary phase-shift keying
BSN beacon sequence number
CAP contention access period
CBC-MAC cipher block chaining message authentication code
CCA clear channel assessment
CCM counter with CBC-MAC (mode of operation)
CCM* extension of CCM
CFP contention-free period
CRC cyclic redundancy check
CSMA-CA carrier sense multiple access with collision avoidance
CTR counter mode
CW contention window (length)
DSN data sequence number
DSSS direct sequence spread spectrum
ED energy detection
EIRP effective isotropic radiated power
EMC electromagnetic compatibility
ERP effective radiated power
EVM error-vector magnitude
FCS frame check sequence
FFD full-function device
FH frequency hopping
FHSS frequency hopping spread spectrum
GTS guaranteed time slot
IFS interframe space or spacing
ISM industrial, scientific, and medical
IUT implementation under test
IWN interfering wireless network
LIFS long interframe spacing
LLC logical link control

LQI link quality indication
 LPDU LLC protocol data unit
 LR-WPAN low-rate wireless personal area network
 LSB least significant bit
 MAC medium access control
 MCPS MAC common part sublayer
 MCPS-SAP MAC common part sublayer service access point
 MFR MAC footer
 MHR MAC header
 MIC message integrity code
 MLME MAC sublayer management entity
 MLME-SAP MAC sublayer management entity service access point
 MSB most significant bit
 MPDU MAC protocol data unit
 MSDU MAC service data unit
 NB number of backoff (periods)
 OCDM orthogonal code division multiplexing
 O-QPSK offset quadrature phase-shift keying
 OSI open systems interconnection
 PAN personal area network
 PC personal computer
 PD PHY data
 PD-SAP PHY data service access point
 PER packet error rate
 PHR PHY header
 PHY physical layer
 PIB PAN information base
 PICS protocol implementation conformance statement
 PLME physical layer management entity
 PLME-SAP physical layer management entity service access point
 PN pseudo-random noise
 POS personal operating space
 PPDU PHY protocol data unit
 PSD power spectral density
 PSDU PHY service data unit
 PSSS parallel sequence spread spectrum
 RF radio frequency
 RFD reduced-function device
 RX receive or receiver
 SD superframe duration
 SER symbol error rate

SFD start-of-frame delimiter
SHR synchronization header
SIFS short interframe spacing
SIR signal-to-interference ratio
SNR signal-to-noise ratio
SO superframe order
SPDU SSCS protocol data units
SRD short-range device
SSCS service-specific convergence sublayer
SUT system under test
TRX transceiver
TX transmit or transmitter
WLAN wireless local area network
WPAN wireless personal area network

5. 기능규격 일반

5.1 서론 (Introduction)

LR-WPAN은 제한된 전력과 낮은 처리 요구량이 적용되는 곳에서의 무선 접속이 허용되는 간단한 저비용 통신 네트워크이다. LR-WPAN은 설치가 쉽고 신뢰성 있는 데이터 전송, 짧은 범위의 작업, 초 저비용, 그리고 적당한 배터리 수명을 가지고 있으면서 유지보수가 간단하고 프로토콜을 유연하게 지원할 수 있다..

LR-WPAN는 다음과 같은 특징들을 갖는다.

- 무선데이터 전송률: 250 kb/s, 40 kb/s, and 20 kb/s
- 스타 혹은 점대점 동작
- 16 비트 또는 or 64 비트 확장 주소
- GTS를 할당할 수 있는 옵션
- CSMA-CA 채널 액세스 기능
- 전송신뢰를 위한 완전 인증 프로토콜
- 저 전력소모
- 에너지 검출 (ED)
- 링크품질 표시기(LQI)
- 2450 MHz밴드의 16 채널, 915 MHz 밴드의 10 채널, 868 MHz 밴드의 1 채널

LR-WPAN에는 FFD와 RFD의 두 가지 형태의 디바이스가 있다. FFD는 PAN 코디네이터, 단순 코디네이터 혹은 디바이스로서 동작이 가능하다. RFD가 오직 FFD와 통신이 가능한 반면, FFD는 RFD 혹은 또 다른 FFD와도 통신을 할 수 있다. RFD는 많은 양의 데이터 전송이 필요 없거나 한번에 하나의 FFD와 연결되는 전등 스위치 또는 적외선 센서와 같은 아주 단순한 곳에 응용된다. 그러므로 RFD는 최소한의 리소스와 메모리 용량을 사용하는 곳에 적용될 수 있다.

5.2 IEEE 802.15.4 WPAN의 구성 요소 (Components of the IEEE 802.15.4 WPAN)

이 표준안을 충족시키는 시스템은 여러 가지 구성요소로 이루어진다. 가장 근본이 되는 것은 디바이스이고 이 디바이스는 RFD 또는 FFD가 된다. 같은 물리 채널에서 통신하고 있는 하나의 POS 안의 2개 혹은 그 이상의 디바이스들이 WPAN을 구성한다. WPAN에서 PAN 코디네이터로서 동작하는 FFD는 최소한 1개 이상 포함되어야 한다.

IEEE 802.15.4 네트워크는 비록 네트워크 커버리지가 WPAN으로 정의된 POS를 넘을 수 있지만 WPAN 표준 규격으로 일부분이다.

전파 특성이 다이내믹하고 불확실한 전달 특성 때문에 잘 정의된 커버리지 영역은 무선 매체에서는 존재하지 않는다. 포지션이나 방향의 작은 변화는 신호 강도나 통신 연결의 품질을 크게 떨어뜨리는 결과를 가져온다. 이러한 영향은 디바이스가 고정이거나 이동 중일 때에 상관없이 움직이는 물체들이 국소와 국소간의 전파전달의 영향을 줄 때에 발생된다.

5.3 네트워크 토폴로지 (Network topologies)

응용할 때의 요구조건에 따라 IEEE 802.15.4 LR-WPAN은 그림 1에서 보이는 것과 같은 방사형 토폴로지(star topology) 또는 동등계층 토폴로지(peer-to-peer topology)라는 2가지의

토폴로지로 동작한다. 방사형 토폴로지 통신은 여러 개의 디바이스와 PAN 코디네이터라 불리는 중앙 컨트롤러 사이에 이루어진다. 디바이스는 전형적으로 가입 기능을 가지고 있으며, 네트워크 통신에서 시작점 또는 종점이 된다. PAN 코디네이터는 또한 규정된 애플리케이션을 가질 수 있지만 이는 네트워크 주위의 통신에서 시작과 끝 또는 라우터로서 이용될 수 있다. PAN 코디네이터는 PAN의 주 컨트롤러이다. 각 토폴로지를 이용하여 네트워크에서 작동되는 모든 디바이스는 고유한 64bit의 확장된 주소를 갖는다. 이 주소는 PAN에서의 직접통신을 위해 사용될 수 있다. 한편 디바이스의 가입 및 대신사용할 때 PAN 코디네이터에 의해 짧은 주소가 할당되기도 한다. 디바이스들이 주로 배터리로 전력을 공급받는 반면 PAN 코디네이터는 주 파워로 동작을 한다. 홈 자동화, PC주변기기, 장난감과 게임, 그리고 개인 건강 관리 등은 방사형 토폴로지의 장점을 갖는 제품이다.

동등계층 토폴로지는 하나의 PAN 코디네이터를 갖는다. 하지만 방사형 토폴로지와는 달리 어떠한 디바이스나 일정한 범위 안에만 있으면 다른 디바이스와의 통신이 가능하다. 동등계층 토폴로지는 메시 네트워크 토폴로지와 같이 구현하기가 좀 더 복잡한 네트워크 구성을 할 수 있다. 산업 컨트롤 또는 모니터링이나 무선 센서네트워크, 자산이나 재고 추적, 인텔리전트 농경산업, 그리고 감시 시스템 등의 응용제품은 동등계층 토폴로지의 장점을 갖는다. 동등계층 네트워크는 애드 혹, 자기 조직화, 그리고 자가치료 등을 할 수 있다. 또한 다중홉(multiple hop)이 가능하여 네트워크 상에서 디바이스간의 메시지를 전달할 수 있도록 한다. 이러한 기능들은 상위 계층에서 더해질 수 있지만 이 표준안에는 포함되지 않는다.

각각의 독립된 PAN은 고유의 식별자를 선택한다. 이 PAN 식별자는 짧은 주소를 사용하는 네트워크에서의 디바이스 사이의 통신을 가능하게 하고, 독립 네트워크 사이에 있는 디바이스간의 전송을 가능하게 한다. 어떻게 식별자가 선택되는지는 이 규격에서 벗어난다.

상위계층에 의해서 구성된 네트워크는 이 표준안의 일부가 아니다. 그러나 5.3.1과 5.3.2에서 어떻게 각각의 제공된 토폴로지가 이러한 형상으로 구성되었는지에 대한 간단한 개요를 제공한다.

5.3.1 방사형 네트워크 구조 (Star network formation)

그림 1에 보이는 것이 방사형 네트워크의 구조이다. 하나의 FFD가 활성화 된 후에는 이 FFD는 고유의 네트워크를 형성할 수 있으며 PAN 코디네이터가 될 수 있다. 모든 방사형 네트워크는 현재 동작중인 다른 방사형 네트워크로부터 독립적으로 동작한다. 이 동작은 무선통신 영향권 내에 있는 다른 네트워크에 의해 현재 사용되지 않는 하나의 PAN 식별자를 선택함으로써 이루어진다. 일단 PAN 식별자가 선택되면, PAN 코디네이터는 잠재적으로 FFD와 RFD가 될 수 있는 다른 디바이스들이 네트워크에 연결되는 것을 허용한다. 상위 계층은 방사형 네트워크를 구성하기 위해서 7.5.2와 7.5.3에 설명된 순서를 이용할 수 있다.

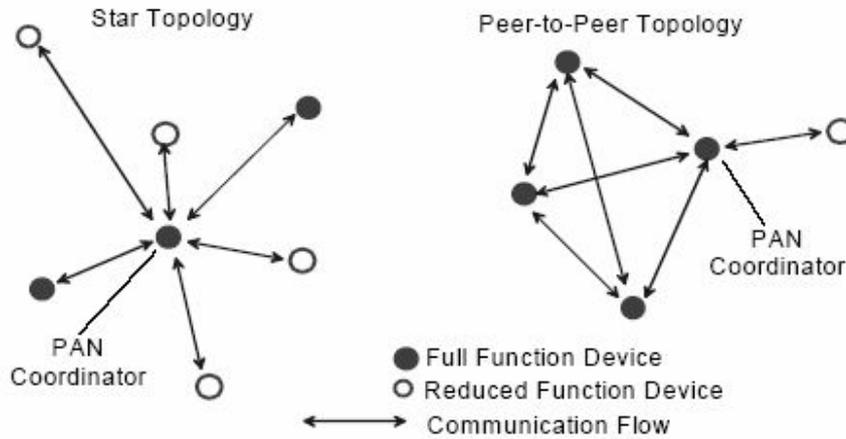


그림 1 - 방사형과 동등 계층 토폴로지 예제

5.3.2 동등 계층 네트워크 (Peer-to-peer network formation)

동등 계층 토폴로지에서 각각의 디바이스는 무선통신 영향권 하에 있는 다른 디바이스와 통신할 수 있다. 예를 들어, 한 채널에서 통신하는 첫째 디바이스가 되는 디바이스는 PAN 코디네이터로 지정된다. 그 이상의 네트워크 구조는 동등 계층 토폴로지에서부터 구성되고, 네트워크의 형성에 토폴로지 제한이 가해 질 수 있다.

동등 계층 통신 토폴로지의 예로서 클러스터 트리구조가 있다. 이 클러스터 트리 네트워크는 대부분의 디바이스가 FFD인 동등 계층 네트워크의 특별한 경우이다. RFD는 다른 디바이스들이 가입되는 것을 허용치 않기 때문에 가지 끝 부분에서 leaf 디바이스로서 클러스터 트리 네트워크와 연결된다. 모든 FFD는 코디네이터로서 활동을 하고 다른 디바이스 혹은 다른 코디네이터들의 동기화를 제공한다. 여러 코디네이터들 중 단 하나는 통합 PAN 코디네이터가 되는데, 이는 PAN에서 어떠한 다른 디바이스보다도 더 많은 계산 자원을 갖게 된다. PAN 코디네이터는 사용되지 않는 PAN 식별자를 선택하고 비컨 프레임을 인접한 디바이스에 방송함으로써 첫번째 클러스터를 구성한다. 경합해결메카니즘은 2개 또는 그 이상의 FFD가 동시에 그들 스스로 PAN 코디네이터가 되려 할 때 필요하다.

그러나 이러한 메커니즘은 이번 표준안의 범위 밖에 있다. 비컨 프레임을 받는 디바이스 후보가 PAN 코디네이터에서 네트워크의 연결을 요청 할 수 있다. 이때 PAN 코디네이터가 이를 받아들이면, 인접 리스트에 새로운 디바이스를 child 디바이스로서 추가한다. 그러면 새롭게 추가된 디바이스는 인접 리스트에 parent로서 PAN 코디네이터를 추가하고 주기적인 비컨의 전송을 시작하게 되며, 그 후 다른 후보 디바이스들은 이 디바이스의 네트워크로 연결될 수 있다. 만약 원래의 후보 디바이스가 PAN 코디네이터에서 네트워크로 연결될 수 없게 되면, 다른 parent 디바이스를 찾게 된다. 어떻게 PAN이 시작되고 어떻게 디바이스가 PAN에 연결되는가에 대한 자세한 과정은 7.5.2와 7.5.3에서 다룰 것이다.

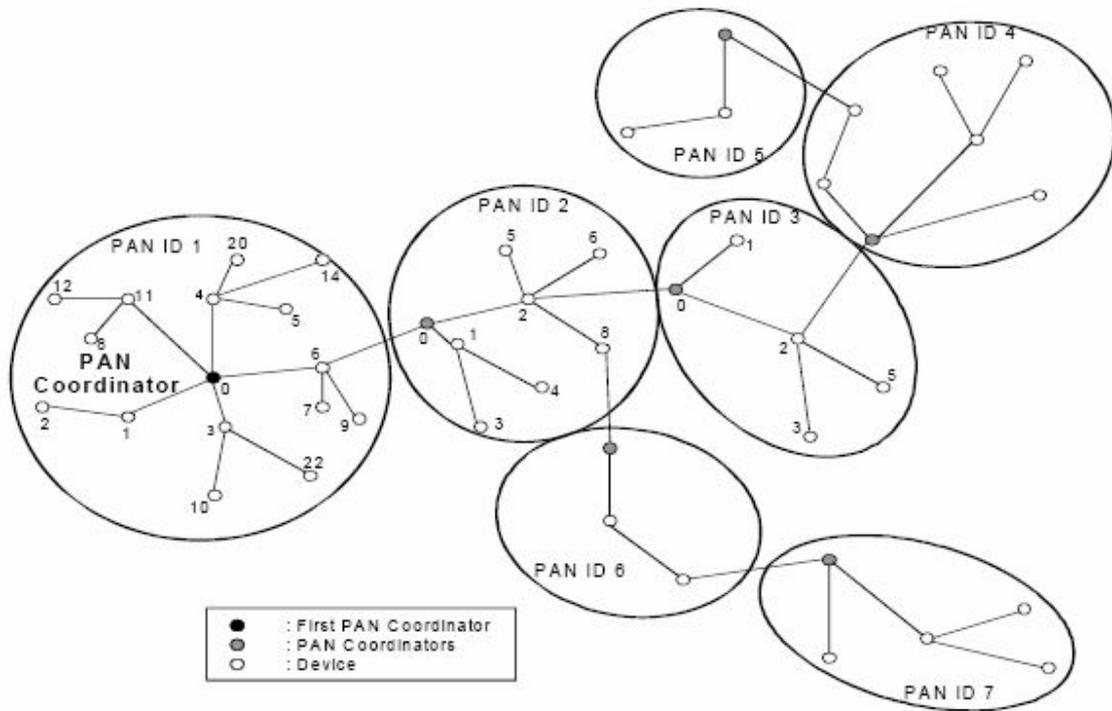


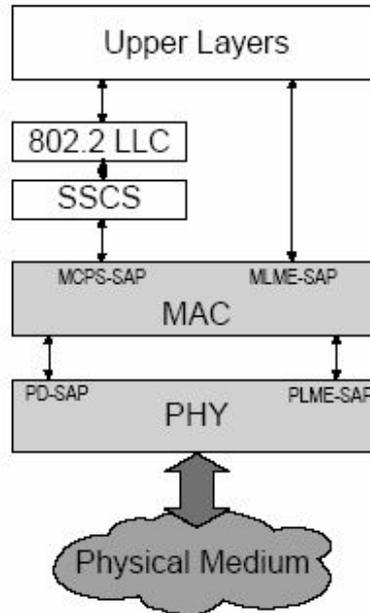
그림 2 - 클러스터 트리 네트워크

클러스터 트리 네트워크의 가장 단순한 형태는 단일 클러스터 네트워크이지만 다중 접속 클러스터를 메쉬 형태로 만들어 보다 큰 네트워크를 만들 수 있다. 일단 사전에 규정된 응용 및 네트워크의 요구사항이 충족되면, 첫째 PAN 코디네이터는 한 디바이스를 첫째에 인접한 새로운 클러스터의 PAN 코디네이터로 지정한다. 다른 디바이스들은 그림 2 에서 보이는 바와 같이 점차적으로 접속되고 다중클러스터 네트워크 구조를 형성한다. 그림 2 에서의 선들은 통신의 흐름이 아니라 디바이스의 부자 관계를 나타낸다. 멀티 클러스터 구조의 이점은 통신 가능 지역이 증가하는 반면, 단점으로는 메시지 대기 시간이 증가하는 것이다.

5.4 구조 (Architecture)

IEEE 802.15.4의 구조는 표준안을 단순화하기 위해서 몇 개의 블록 항목으로 정의하였다. 이 블록들은 계층이라 불리며 각각의 계층은 표준안의 한 부분을 책임지며 더 높은 계층으로 서비스를 제공한다. 블록은 OSI(Open systems Interconnection)의 7개 계층 모델을 기본으로 배치되었다(ISO/IEC 7498-1:1994[B12] 참조).

본 표준안에 설명되어있는 논리적 연결을 정의하기 위하여 계층간 접속이 사용된다.



NOTE—For MCPS-SAP, see 7.1; for MLME-SAP, see 5.4.2; for PD-SAP, see 6.2; and for PLME-SAP, see 5.4.1.

그림 3 - LR-WPAN 디바이스 구조

LR-WPAN 디바이스는 낮은 레벨의 조절 장치를 포함한 RF 송수신기를 포함하는 PHY와 모든 종류의 전송을 위한 물리 채널의 액세스를 제공하는 MAC 부계층으로 구성되어 있다. 그림 3에서 이 블록들이 도식적으로 표현되어 있으며, 5.4.1과 5.4.2에서 더욱 자세하게 설명될 것이다. 그림 3에서 보이는 것처럼 상위 계층(upper layer)은 하나의 네트워크 층으로 구성되는데, 이 층은 네트워크의 배치구성, 조정, 그리고 메시지 경로지정과 응용계층을 제공한다. 그 결과 이 네트워크 층은 디바이스의 의도된 기능을 제공한다. 이러한 상위 계층은 이번 표준안에서는 설명하지 않는다. IEEE 802.2의 타입 1 논리적 링크 제어(LLC : Logical Link Control)는 Annex A에 정의된 SSCS(Service Specific Convergence Sublayer)를 통하여 MAC 부계층에 액세스할 수 있다. LR-WPAN 구조는 임베디드 디바이스 또는 PC와 같은 외부 디바이스의 지원이 필요한 디바이스를 사용하여 구현될 수 있다.

5.4.1 물리 계층 (Physical layer : PHY)

PHY는 PHY 데이터 서비스와 PLME-SAP(Physical layer management-service access point)를 연결하는 PHY 관리 서비스를 제공한다. PHY 데이터 서비스는 물리 무선 채널의 PHY 프로토콜 데이터 유닛(PPDU)의 송수신을 가능하게 한다. PHY 규격은 6절에 기술되어 있다.

PHY는 패킷의 송·수신 뿐만 아니라 송수신기의 활성화와 비활성화, ED, 링크 품질 표시(LQI : link Quality Indication), 채널 선택, 빈 채널 할당(CCA : Clear Channel Assessment) 특징을 갖는다. 무선은 다음의 무면허 대역 중 하나에서 사용하여야 한다.

- 유럽: 868–868.6 MHz
- 북미: 902–928 MHz
- 전세계: 2400–2483.5 MHz

규제 요구 조건에 대한 정보는 Annex F를 참조하기 바란다.

5.4.2 MAC 부계층 (MAC sublayer)

MAC 부계층은 MAC 데이터 서비스와 MAC 부계층 관리 개체 서비스 액세스 포인트(MLME-SAP)를 연결하는 MAC 관리 서비스를 제공한다. MAC 데이터 서비스는 PHY 데이터 서비스 위로 MAC 프로토콜 데이터 단위(MPDUs : MAC Protocol Data Units)의 송수신을 가능하게 한다. MAC 부계층은 비컨 관리, 채널 액세스, GTS 관리, 프레임 승인, ACK 프레임 전달, 가입과 탈퇴의 특징을 갖는다. 뿐만 아니라 MAC 부계층은 응용에 적합한 보안 장치의 구현을 위한 장치(hook)를 제공한다. MAC 부계층은 7장에서 자세히 기술되어 있다.

5.5 기능 개요 (Functional overview)

LR-WPAN의 일반적 기능에 대한 간략한 개요와 슈퍼프레임 구조, 데이터 전송 모델, 프레임 구조, 성공적인 전송 확률 개선, 전력 소비에 대한 고찰, 그리고 보안에 대한 정보를 5.4.1에서 5.4.6까지 기술한다.

5.5.1 슈퍼 프레임 구조 (Superframe structure)

LR-WPAN은 슈퍼프레임 구조의 구현을 가능하게 하고 슈퍼프레임의 형태는 코디네이터에 의해서 규정된다. 슈퍼프레임은 네트워크 코디네이터가 전송하는 비컨에 의해 범위가 결정되며 같은 사이즈를 갖는 16개의 슬롯으로 나뉘어졌다. 슈퍼프레임은 선택적으로 활성과 비활성 부분을 갖는다. 비활성일 경우, 코디네이터는 저전력 모드로 들어간다. 비컨 프레임은 각각의 슈퍼프레임의 첫번째 슬롯에서 전송되고 만약 코디네이터가 슈퍼프레임의 사용을 원하지 않는다면 비컨의 전송은 이루어 지지 않을 것이다. 비컨은 PAN을 식별하기 위하여 결합된 디바이스들의 동기화로 사용되며, 슈퍼프레임의 구조를 묘사한다. PAN 코디네이터와 통신하기를 희망하는 네트워크 디바이스는 두 번의 비컨을 성공적으로 수신하는 사이에 요청을 시도해야 한다. 이러한 시간 간격을 경합 액세스 기간(CAP : Contention Access Period)라 부른다. PAN 코디네이터와 통신하기 위하여 각 네트워크 디바이스는 CSMA-CA를 이용하여 채널에 액세스해야 한다.

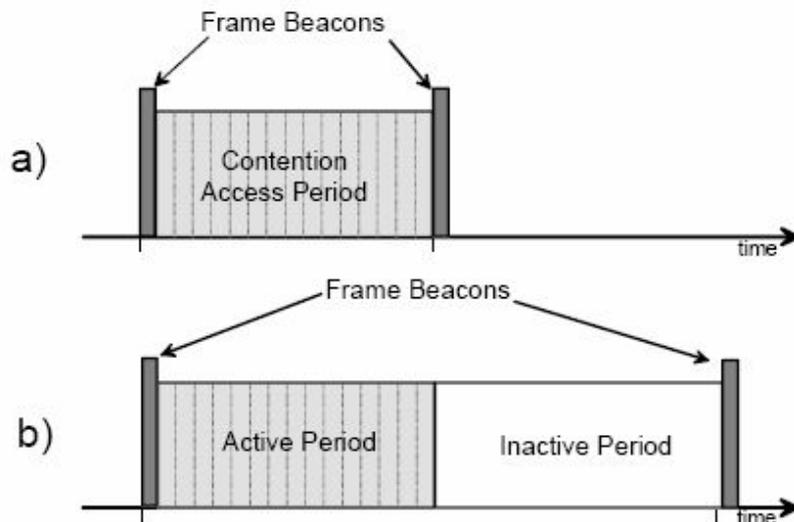


그림 4 - GTS가 없는 슈퍼프레임 구조

PNA 코디네이터는 슈퍼프레임의 일부를 특정 네트워크 디바이스 전용으로 할당할 수 있다.

이러한 시간을 GTSs(Guaranteed Time Slots)라고 부른다. 이것은 특정 대역폭을 요구하거나 낮은 통신 지연을 필요로 하는 응용을 지원할 수 있도록 한다. GTS는 그림 5에 나타난 것과 같이 슈퍼프레임 끝에 모두 그룹화되어 있다. 모든 GTS의 시간 길이는 비경합 기간(CFP : Contention-Free Period)에 정의되어 있다.

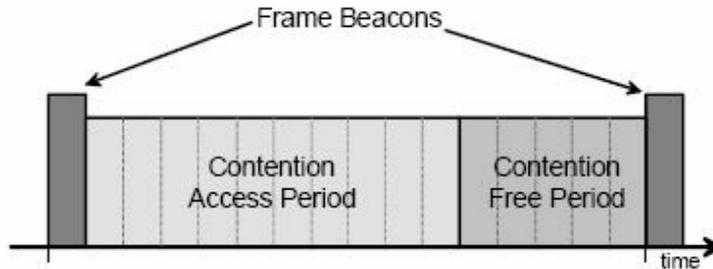


그림 5 - GTS가 있는 슈퍼프레임 구조

5.5.2 데이터 전송 모델 (Data transfer model)

데이터 전송 방식에는 3가지가 존재하는데, 그 중 첫 번째는 디바이스가 데이터를 전송할 때 코디네이터에게 그 데이터를 전송하는 방식이고, 두 번째 방식은 디바이스가 데이터를 받을 때 코디네이터로부터 데이터를 수신하는 방식이다. 마지막으로 세 번째 방식은 데이터를 두 개의 동등 디바이스 사이에서 전송하는 방식이다. 방사형 토폴로지는 데이터가 코디네이터와 디바이스 사이에서만 교환되기 때문에 오직 두 가지의 방식만 사용할 수 있지만 동등 계층 토폴로지에서는 네트워크상의 어떠한 2개의 디바이스와도 데이터 교환이 가능하므로 세가지 방식 모두를 사용할 수 있다.

네트워크상에서 비컨의 전송 가능 유무에 따라 각 전송방식의 메커니즘이 결정되는데, 비컨사용 PAN은 동기화와 PC 주변장치와 같이 통신 지연 시간이 짧은 디바이스의 네트워크에서 사용된다. 만약 네트워크가 동기화를 필요로 하지 않거나 지연 시간이 짧은 디바이스를 제공하지 않는다면, 전송 시 비컨을 사용하지 않을 것이다. 그러나 네트워크의 결함을 위해서 비컨이 필요하다. 데이터 전송에 사용되는 프레임 구조는 7.2에서 기술한다.

5.5.2.1 코디네이터로의 데이터 전송 (Data transfer to a coordinator)

비컨사용 PAN에서 디바이스가 코디네이터로의 데이터 전송을 원할 때 우선 네트워크 비컨의 수신을 위해 대기해야 한다. 비컨이 수신될 때 디바이스는 슈퍼프레임 구조로 동기화하고 적절한 시점에 디바이스는 슬롯 CSMA-CA를 사용하여 코디네이터로 데이터 프레임을 전송한다. 코디네이터는 임의의 응답 프레임을 전송 함으로서 데이터 수신이 성공되었음을 알린다. 이러한 시퀀스는 그림 6 에 요약되었다

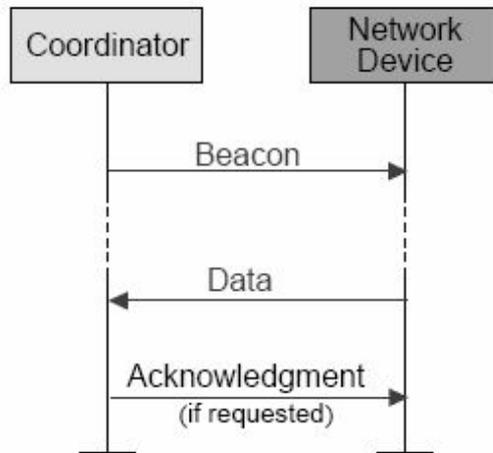


그림 6 - 비컨사용 PAN에서 코디네이터로의 통신

비컨비사용 PAN의 경우에는 단순히 비 슬롯 CSMA-CA를 사용하여 코디네이터로 데이터를 전송한다. 코디네이터는 임의의 응답 프레임을 보내 데이터 수신에 성공하였음을 알린다. 이러한 시퀀스는 그림 7 에 요약되었다.

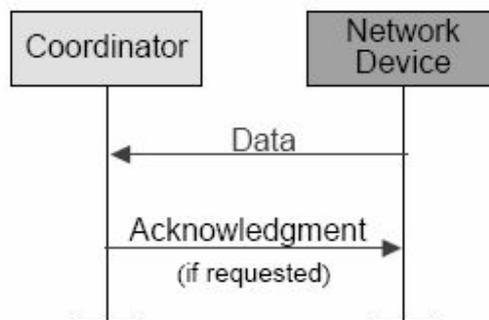


그림 7 - 비컨비사용 PAN에서 코디네이터로의 통신

5.5.2.2 코디네이터로부터의 데이터 전송 (Data transfer from a coordinator)

코디네이터가 네트워크 디바이스에게 데이터를 전송할 때 비컨 내의 특별 플래그를 설정한다. 적절한 네트워크 디바이스는 코디네이터가 자신에게 데이터를 보내고자 한다는 것을 감지하면 데이터 요청 메시지를 다시 보내게 된다. 코디네이터는 데이터 프레임 후에 확인 메시지를 보내야 한다. 네트워크 디바이스에 확인 메시지를 보냄으로써 트랜잭션이 종료된다. 이러한 시퀀스는 그림 8 에 요약되었다.

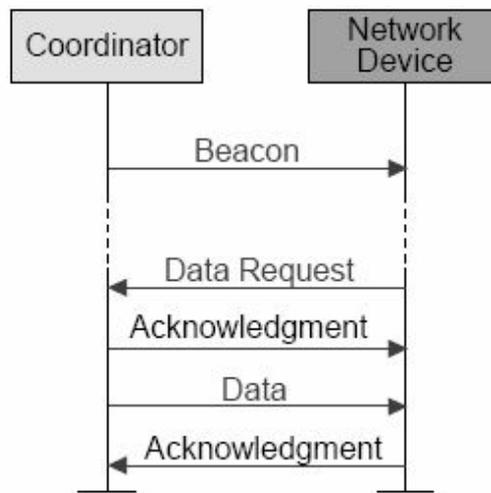


그림 8 - 비컨사용 PAN에서 코디네이터로부터의 통신

코디네이터는 네트워크 디바이스에게 데이터 전송을 요구할 때와 마찬가지로 네트워크 디바이스가 데이터 요구 메시지를 보낼 때까지 데이터를 보관하고 있다. 코디네이터로부터의 확인 메시지는 네트워크 디바이스가 데이터를 보낼 것인지를 가리키는 정보를 포함한다. 이런 경우 확인 메시지 이후 곧바로 데이터가 전송된다. 그림 9 에 나타난 것과 같이 네트워크 디바이스가 데이터 프레임 수령을 확인한다면 트랜잭션이 종료된다.

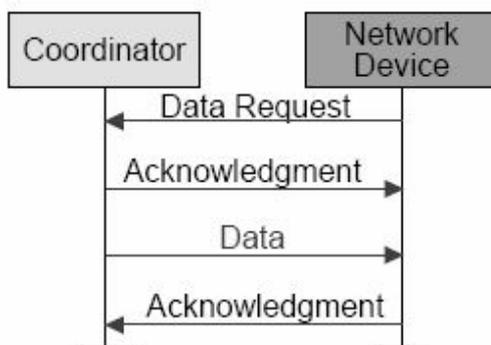


그림 9 - 비컨비사용 PAN에서 코디네이터로부터의 통신

5.5.2.3 동등 계층 데이터 전송 (Peer-to-peer data transfers)

동등 계층 PAN에서 모든 디바이스는 다른 디바이스와의 통신을 위해서 무선 네트워크의 영향권 안에서 있어야 한다. 이러한 일을 더욱 효과적으로 하기 위하여 통신을 원하는 디바이스는 다른 개체들과 끊임없이 전송을 받거나 동기화를 해야 할 것이다. 전자의 경우, 디바이스는 단순히 할당되지 않은 CSMA-CA를 사용하여 데이터를 전송할 수 있고 후자의 경우는 동기화 하기 위하여 또 다른 방법이 필요하다. 하지만 이러한 방법은 이번 표준안의 범위를 벗어난다.

5.5.3 프레임 구조 (Frame structure)

프레임 구조는 같은 시간에 노이즈 채널에서 전송 시 충분한 강인도를 만들 경우의 복잡성을 최소화 하도록 디자인되었다. 각각의 연속적인 프로토콜 계층에 계층전용 헤더 및 풋터 구조가 추가된다. LR-WPAN은 다음의 네 가지 프레임 구조로 정의된다.

- 비컨 프레임
- 데이터 프레임
- 확인 프레임
- MAC command 프레임

네 가지 형태의 프레임 구조는 5.5.3.1부터 5.5.3.4까지 기술되었다. 다음 항들의 그림은 프로토콜의 각 계층에 의해서 추가된 필드를 설명한다.

5.5.3.1 비컨 프레임 (Beacon frame)

그림 10 은 MAC 부계층 내부로부터 시작되는 비컨 프레임 구조를 보여준다. 코디네이터는 비컨사용 PAN에서 네트워크 비컨을 전송할 수 있다. MAC 페이로드는 수퍼프레임의 세부사항, GTS 필드, 미결정 주소 필드, 그리고 비컨 페이로드를 포함한다(7.2.2.1 참조). MAC 페이로드는 앞부분에 MHR(MAC header)가 붙여지고, 뒤에 MFR(MAC footer)가 붙여진다. MHR는 MAC 프레임 제어 필드, 비컨 시퀀스 번호(BSN), 주소 지정 필드 그리고 선택적으로 보조 보안 헤더를 포함한다. MFR은 16bit FCS(Frame Check Sequence)를 포함한다. MHR, MAC 페이로드, 그리고 MFR은 MAC 비컨 프레임을 형성한다.

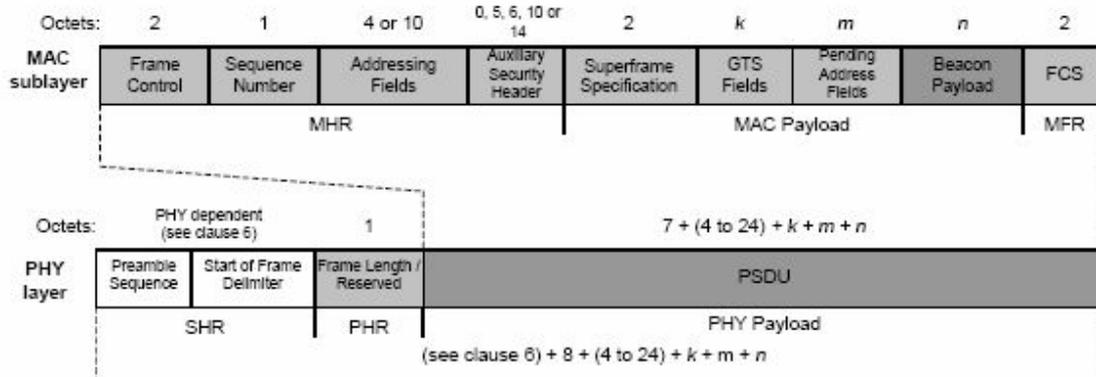


그림 10 - 비컨 프레임과 PHY 패킷의 개념도

MAC 비컨 프레임은 PHY 페이로드가 되는 PSDU(PHY service data unit)로서 PHY가 되고 PHY 페이로드는 앞 부분에 시퀀스의 프리엠블(preamble)과 SFD(Start-of-Frame Delimiter) 필드를 포함하는 동기화 헤더(SHR : Synchronization Header)와 옥텟의 PSDU의 길이를 포함하는 PHY 헤더(PHR : PHY Header)가 붙여진다. SHR, PHR, 그리고 PHY 페이로드는 PHY 비컨 패킷을 형성한다.

5.5.3.2 데이터 프레임 (Data frame)

그림 11은 상위 계층으로부터 시작되는 데이터 프레임의 구조를 보여준다.

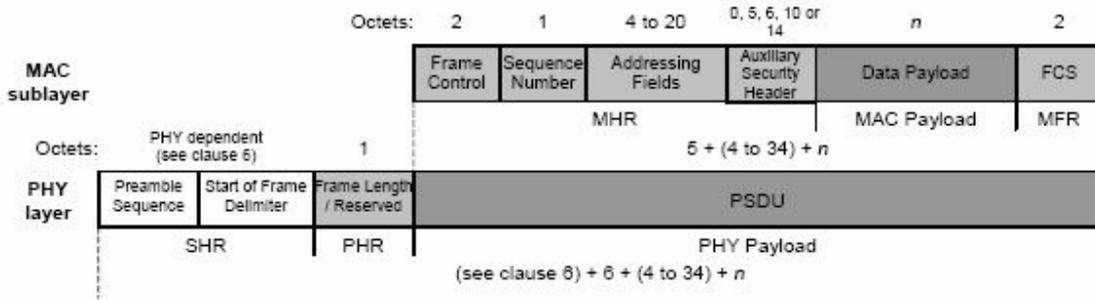


그림 11 - 데이터 프레임과 PHY 패킷의 개념도

데이터 페이로드는 MAC 부계층이 되고 MSDU(MAC service data unit)로 변한다. MAC 페이로드는 앞부분에 MHR을 붙이고 뒤에 MFR을 추가한다. MHR은 프레임 구조 필드, 데이터 시퀀스 번호(DSN), 주소 지정 필드, 그리고 선택적으로 보조 보안 헤더를 포함하며, MFR은 16비트 FCS로 구성된다. MHR, MAC 페이로드, 그리고 MFR은 MAC 데이터 프레임을 형성한다.

MPDU는 PHY 페이로드가 되는 PSDU로서 PHY가 되고, PHY 페이로드는 앞부분에 시퀀스 서문과 SFD 필드를 포함하는 SHR과 옥텟의 PHY 페이로드의 길이를 포함하는 PHR이 붙여진다. 시퀀스의 서문과 데이터 SFD는 수신기에게 심볼 동기화를 이루기 용이하도록 한다. SHR, PHR, 그리고 PHY 페이로드는 PHY 패킷을 형성한다.

5.5.3.3 ACK 프레임 (Acknowledgment frame)

그림 12는 MAC 부계층 내부로부터 시작되는 확인 프레임의 구조를 보여준다. MAC 확인 프레임은 MHR과 MFR으로 구성되었고 MHR은 MAC 프레임 제어 필드와 DSN을 포함한다. MFR은 16비트 FCS로 구성되고 MHR과 MFR은 MAC 확인 프레임을 형성한다.

MPDU는 PHY 페이로드가 되는 PSDU로서 PHY가 되고 PHY 페이로드는 앞부분에 시퀀스 서문과 SFD 필드를 포함하는 SHR과 옥텟의 PHY 페이로드의 길이를 포함하는 PHR이 붙여진다. SHR, PHR, 그리고 PHY 페이로드는 PHY 패킷을 형성한다.

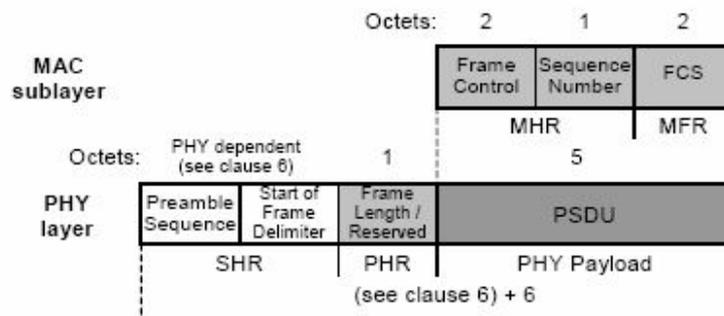


그림 12 - ACK 프레임과 PHY 패킷의 개념도

5.5.3.4 MAC 명령 프레임 (MAC command frame)

그림 13은 MAC 부계층 내부로부터 시작되는 MAC 명령 프레임구조를 보여준다. MAC 페이로드는 명령 유형 필드와 명령 페이로드를 포함한다(7.2.2.4 참조). MAC 페이로드는 앞부분에 MHR이

붙이고 뒤에 MFR을 첨부한다. MHR은 MAC 프레임 제어 필드, DSN, 주소 지정 필드, 그리고 선택적으로 보조 보안 헤더를 포함한다. MFR은 16비트 FCS로 구성되고 MHR, MAC 페이로드, 그리고 MFR은 MAC 명령 프레임을 형성한다.

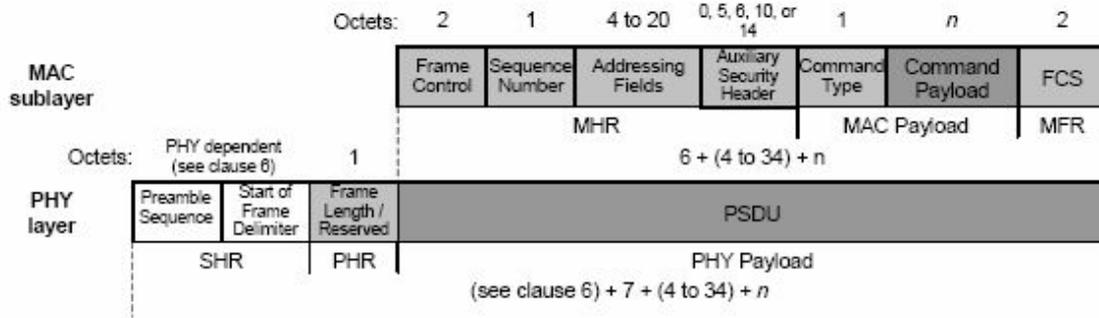


그림 13 - MAC 명령 프레임과 PHY 패킷 개념도

MPDU는 PHY 페이로드가 되는 PSDU로서 PHY로 되고 PHY 페이로드는 앞부분에 시퀀스 서문과 SFD 필드를 포함하는 SHR과 옥텟의 PHY 페이로드의 길이를 포함하는 PHR을 붙인다. 시퀀스 서문은 수신기에게 심볼 동기화를 이루기 용이하도록 하며 SHR, PHR, 그리고 PHY 페이로드는 PHY 명령 패킷을 형성한다.

5.5.4 성공적 전송 확률 개선 (Improving probability of successful delivery)

IEEE 802.15.4 LR-WPAN은 데이터 전송의 성공 확률을 높이기 위해 다양한 메커니즘을 사용한다. 이러한 메커니즘으로는 CSMA-CA 메커니즘, 프레임 확인, 그리고 데이터 입증 사용되며 5.5.4.1에서 5.5.4.3까지 간단하게 설명한다.

5.5.4.1 CSMA-CA 메커니즘 (CSMA-CA mechanism)

IEEE 802.15.4 LR-WPAN은 네트워크의 구성에 따른 두 가지의 채널 액세스 메커니즘을 사용한다. 비컨사용 PAN에서는 슬롯되지 않은 CSMA-CA 채널 액세스 메커니즘을 사용한다(7.5.1 참조). 매 시간 디바이스는 데이터 프레임이나 MAC 명령을 전송해야 하는데, 그것은 랜덤 주기 동안 기다려야만 한다. 랜덤 백오프(backoff)를 따른 채널이 정지된 것을 확인하면 디바이스는 데이터를 전송한다. 그러나 랜덤 백오프를 따른 채널이 사용되고 있는 중이라면 디바이스는 그 채널로 다시 액세스를 시도하기 전에 다른 랜덤 주기 동안 기다린다. 확인 프레임은 CSMA-CA 메커니즘을 사용하지 않고 전달한다.

비컨사용 PAN에서는 슬롯된 CSMA-CA 채널 액세스 메커니즘을 사용하고 백오프 슬롯은 비컨 전송시 정렬된다. 하나의 PAN에서 모든 디바이스의 백오프 슬롯은 PAN 코디네이터로 정렬된다. 매 시간 디바이스는 CAP동안 데이터 프레임을 전송하는데, 이는 다음 백오프 슬롯의 경계에 위치해야 하고 백오프 슬롯의 임의의 순서를 기다려야 한다. 만약 랜덤 백오프를 따른 채널이 사용되고 있는 중이라면 디바이스는 그 채널로 다시 액세스를 시도하기 전에 다른 랜덤 주기 동안 기다릴 것이다. 그러나 채널이 사용되지 않고 있다면 디바이스는 그 다음의 사용 가능한 백오프 슬롯 경계에서 전송을 시작할 수 있다. 확인 및 비컨 프레임은 CSMA-CA 메커니즘을 사용하지 않고 전달한다.

5.5.4.2 프레임 ACK (Frame acknowledgment)

데이터 또는 MAC 명령 프레임의 성공적인 수신과 승인은 임의로 확인 프레임에서 승인을 한다(7.5.6.4 참조). 만약 수신 디바이스가 어떠한 이유에 의하여 데이터 프레임을 받지 못하였다면 그 메시지는 승인되지 않는다.

만약 발신자(originator)가 몇몇 주기가 지난 후에 확인 프레임을 받지 못하였다면 이는 전송이 실패되었다고 가정하여 프레임 전송을 재시도 할 것이다. 이러한 재전송이 여러 차례 진행됨에도 불구하고 확인 프레임을 받지 못한다면 발신자는 전송 종결 또는 재전송을 선택한다. 확인 프레임이 필요치 않을 때에는 발신자가 전송이 성공되었다고 가정한다.

5.5.4.3 데이터 검증 (Data verification)

비트 에러를 검색하기 위하여 16비트 ITU-T(International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector) 순환 잉여 검사(CRC : Cyclic Redundancy Check)를 사용하는 FCS 메커니즘이 매 프레임을 보호하기 위하여 사용되고 있다.

FCS 메커니즘은 7.2.1.9에 기술하였다.

5.5.5 전력 소비량 (Power consumption considerations)

이 표준안을 사용하여 응용을 하는 경우에 디바이스는 상대적으로 짧은 간격에 대체 또는 충전할 정도로 배터리를 소모하므로 비 실용적이다. 따라서 전력 소비는 중요한 문제로 대두된다. 또한 이 표준안은 제한된 전력 공급 적용 가능성을 염두하고 개발되었다. 그러나 이 표준안의 물리적 수행은 표준안의 범위를 넘어서는 추가 전력 공급에 대해 고려되어야 한다.

프로토콜은 적절한 배터리를 사용하는 디바이스에 맞춰 개발되었다. 그러나 이러한 몇몇 디바이스의 응용은 잠재적으로 메인이 되어 파워를 소모한다. 따라서 배터리로 전력을 소비하는 디바이스는 듀티 사이클을 낮추는 전력 소비가 요구될 것이다. 디바이스는 비활성화 상태에서 그들의 작업 수명의 대부분을 소비한다. 그러나 각각의 디바이스는 메시지가 기다리고 있는지 아닌지를 결정하기 위하여 주기적으로 RF 채널을 확인해야만 한다. 이러한 메커니즘은 응용을 하는 디자이너가 배터리 소모와 메시지 대기시간 사이의 균형을 결정하는 것을 허락한다. 주전력 디바이스(Mains-powered devices)는 연속하여 RF 채널을 감시할 수 있다.

5.5.6 보안 (Security)

보안의 관점에서 보면 무선 애드 혹 네트워크는 다른 무선 네트워크와 다르지 않다. 이는 통신에 가담 할 때 물리적으로 전선에 액세스할 필요가 없기 때문에 수동적인 도청 공격을 당하거나 능동적인 변경에도 취약하다. 애드혹 네트워크의 본질과 비용적인 측면에서 보면 추가적인 보안 제약이 가해진다. 이 제약으로 인해 이러한 망을 보호하는 것이 가장 어렵다. 컴퓨팅 능력, 가용 저장공간 과 전력 배출 관점에서, 디바이스들은 저비용과 제한된 능력을 가지고 있어, 신뢰할 수 있는 컴퓨팅 기반을 가졌다거나 외부에 고품질 랜덤 번호 생성기를 가지고 있다고 할 수 없다. 통신은 하나의 고정된 인프라가 온라인으로 이용가능하다는 가능성에 의존할 수 없으며 이전에 통신이 된 적이 없는 디바이스들 사이의 짧은 관계를 이용할 수는 있다. 이러한 제약은 암호알고리즘과 프로토콜 선택에 있어 심각한 제약을 가하며 보안구조 설계에 영향을 미치게 된다. 왜냐하면 디바이스 사이의 신뢰관계의 설정 및 유지가 조심스럽게 만들어져야 하기 때문이다. 게다가 배터리 수명과 비용제약이 네트워크가 견딜 수 있는 보안 부담에 큰 부담을 지우게 된다. 이러한 제약은 때때로 상위 대역 네트워크 관심보다 훨씬 덜 중요하게 여겨진다.

대부분 이러한 보안 구조적 요소는 상위층에서 구현될 수 있으며 그결과 이 규격의 범위에 벗어나는 것으로 간주한다.

이 표준안에서의 암호 메커니즘은 대칭키(symmetric-key) 암호법을 기본으로 하고 상위 계층 프로세스에 의해서 제공되는 키를 사용한다. 이러한 키의 확립과 유지는 이번 표준안 범위를 넘는다. 그리고 이 메커니즘은 암호 작동 수행과 중요한 자료의 보안과 저장을 가정한다.

암호 메커니즘은 밑에 나열된 각각의 보안 서비스들과 결합하여 제공한다.

- 데이터비밀성(Data confidentiality): 전송된 정보가 의도된 파티에만 공개되는 보장성
- 데이터인증성(Data authenticity): 전송된 원정보의 보장성 (전송중에 데이터가 수정되지 않음)
- 릴레이보호 (Replay protection): 복제된 정보의 검출에 대한 보장성

제공되는 실제 프레임 보호는 한 프레임을 기본 단위로 해서 적용될 수 있으며, (전송된 프레임에 대한 보안 부담을 최소화 하기 위해) 변동하는 데이터 인증 수준과 부가 데이터 신뢰도를 허용한다. 실제 보안이 요구되는 경우, 릴레이 보안이 항상 제공된다.

암호 프레임 보안은 두 점 디바이스 사이에서 공유되는 키(링크 키) 또는 디바이스 그룹사이에서 공유되는 키(그룹키)를 사용할 수 있다. 그래서 약간의 유연성과 제공된 암호 보안에 대한 키 저장공간 및 키 관리와 사이의 응용 트레이드오프를 허용한다. 만약 하나의 그룹키가 점대점 통신에 사용되면, 외부의 디바이스에 대한 보안 만이 제공되며 키 공유하는 그룹 사이의 해를 끼칠만한 디바이스에 대한 보안을 제공되지 않는다.

보안 MAC 프레임에 사용되는 암호보호 메커니즘에 대한 좀더 자세한 정보는 7절을 참조하기 바란다.

5.6 프리미티브 개념 (Concept of primitives)

이번 절에서는 서비스의 근본 개념을 간단히 설명하도록 한다. ISO/IEC 8802.2⁵에 더욱 자세히 기술되었다.

한 계층의 서비스는 다음 하위계층에서의 서비스에 관한 함수를 만듦으로써, 상위 또는 하위 층의 사용자에게 제공할 수 있는 능력들이다. 이러한 개념은 그림 14 에 나타난 바와 같이 계층제와 서로 대응하는 N-user의 관계를 보여주고 그들은 N-layer 동등 프로토콜에 관련되어 있다.

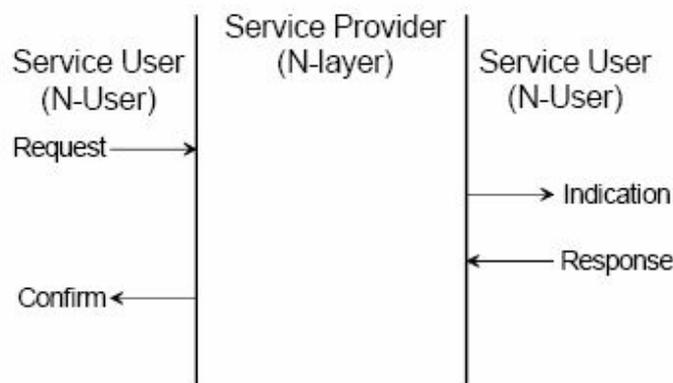


그림 14 - 서비스 프리미티브

이 서비스는 N-user와 N-layer 사이의 정보 흐름에 따른 설명에 의해서 나타내었다. 정보 흐름은

서비스의 조항에서 기술하는 불연속성과 순간적인 사건에 의해서 제작되었다. 각각의 이벤트는 하나의 계층이 N-user와 관련된 계층 서비스 접속점을 통하여 다른 계층으로 전달되었다. 서비스의 근본은 개개의 서비스 제공에 의해 요구되는 정보를 전달한다. 이러한 서비스 프리미티브는 일종의 추상화(abstraction)이다. 왜냐하면 이 프리미티브는 서비스가 제공되는 수단이라기 보다는 단지 제공되는 서비스를 명시할 뿐이다. 이러한 정의는 다른 어떠한 연결 수행과 독립적이다.

서비스는 서비스 근본과 그것의 특성을 나타내는 변수에 의해서 구체화 된다. 서비스는 개개의 서비스와 연관된 활동으로 구성되는 하나 또는 그보다 많은 프리미티브와의 연결을 갖는다. 각각의 서비스 프리미티브는 서비스를 제공하는데 요구되는 정보를 전송하는 0 또는 그보다 많은 파라미터를 갖는다.

프리미티브는 다음과 같이 네 종류가 존재한다.

- Request: 이 프리미티브는 호출하는 계층(혹은 사용자 계층이라고도 함)이 서비스 개시를 요청하기 위해 넘겨주는 것이다.
- Indication: 이 프리미티브는 내부 이벤트를 나타내기 위하여 서비스 계층에서 사용자 계층으로 전달된다. 이 이벤트는 원격 서비스 호출과 논리적으로 연관될 수도 있고 서비스 계층 내부 이벤트에 의해 유발될 수도 있다.
- Response: 이 프리미티브는 이전에 indicate 프리미티브에 의해 시작된 프로시저를 완료하기 위해 사용자 계층에서 서비스 계층으로 넘겨진다.
- Confirm: 이 프리미티브는 이전의 서비스 request 결과를 전달하기 위하여 서비스 계층에서 사용자 계층으로 넘겨진다.

표준작성 공헌자

표준 번호 : TTAS.IE-802.15.4-2006-part1

이 표준의 제정 및 발간을 위해 아래와 같이 여러분들이 공헌하셨습니다.

구분	성명	위원회 및 직위	연락처	소속사
과제 제안	허재두	WPAN PG 의장	042-860-5918 jdjuh@etri.re.kr	ETRI
표준 초안 제출	최은창	WPAN PG 간사	042-860-6363 ecchoi@etri.re.kr	ETRI
표준 초안 검토 및 작성	허재두	RFID/USN 프로젝트그룹 의장	042-860-5918 jdjuh@etri.re.kr	ETRI
	외 프로젝트그룹 위원			
표준안 심의	김영균	전파방송기술위원회 의장	031-279-5100 youngkyunkim@samsuung.com	삼성 전자
	외 기술위원회 위원			
사무국 담당	김대중	-	031-724-0090 kdj@tta.or.kr	TTA
	김수학	-	031-724-0096 soohagi@tta.or.kr	TTA

정보통신단체표준

LR-WPAN 기능 규격(IEEE 802.15.4-2006)
(Fuction specification of low rate sensor network (IEEE 802.15.4-2006))

발행인 : 김원식

발행처 : 한국정보통신기술협회

463-824, 경기도 성남시 분당구 서현동 267-2

Tel : 031-724-0114, Fax : 031-724-0119

발행일 : 2007.12
