

TTA Standard

정보통신단체표준(국문표준)

TTAx.xx-xx.xxxx

제정일: 200x 년 xx 월 xx 일

차별화된 서비스를 지원하는 광역
저전력 네트워크 PHY 규격

PHY specification of low power wide area
network for differentiated service (dsLPWAN)



한국정보통신기술협회
Telecommunications Technology Association

표준초안 검토 위원회 무선 PAN/LAN/MAN 프로젝트그룹(PG907)

표준안 심의 위원회 전파/이동통신 기술위원회(TC9)

	성명	소속	직위	위원회 및 직위	표준번호
표준(과제) 제안	박태준	한국전자통신연구원	책임연구원	PG907 위원	TTAK.KO-06.xxxx
	박은혜	한국과학기술원	박사과정	-	TTAK.KO-06.xxxx
표준 초안 작성자	박은혜	한국과학기술원	박사과정	-	TTAK.KO-06.xxxx
사무국 담당	김대중	TTA	단장	-	
	김남경	TTA	책임	-	

본 문서에 대한 저작권은 TTA에 있으며, TTA와 사전 협의 없이 이 문서의 전체 또는 일부를 상업적 목적으로 복제 또는 배포해서는 안 됩니다.

본 표준 발간 이전에 접수된 지식재산권 확약서 정보는 본 표준의 '부록(지식재산권 확약서 정보)'에 명시하고 있으며, 이후 접수된 지식재산권 확약서는 TTA 웹사이트에서 확인할 수 있습니다.

본 표준과 관련하여 접수된 확약서 외의 지식재산권이 존재할 수 있습니다.

발행인 : 한국정보통신기술협회 회장

발행처 : 한국정보통신기술협회

13591, 경기도 성남시 분당구 분당로 47

Tel : 031-724-0114, Fax : 031-724-0109

발행일 : 20xx.xx

서 문

1 표준의 목적

본 표준은 차별화된 서비스를 지원하는 광역 저전력 네트워크 dsLPWAN(differentiated service low power wide area network)의 PHY 계층 규격을 정의 한다.

2 주요 내용 요약

사용자의 서비스 만족도 극대화를 위해, 서비스 클래스에 따라 요구하는 특성의 품질을 제공하기에 적절한 차별화된 네트워크 기술이 필요하다.

본 표준은 차별화된 서비스 클래스 지원을 위한 dsLPWAN 의 PHY 계층 규격을 정의 한다.

3 인용 표준과의 비교

3.1 인용 표준과의 관련성

- 해당 사항 없음

3.2 인용 표준과 본 표준의 비교표

- 해당 사항 없음

Preface

1 Purpose

The standard defines the PHY layer specification of the dsLPWAN for differentiated service

2 Summary

In order to maximize user satisfaction, differentiated services should be provided according to the characteristics of the requested service. The standard defines the PHY layer specification of the dsLPWAN.

3 Relationship to Reference Standards

– None

목 차

1	적용 범위	x
2	인용 표준	x
3	용어 정의	x
4	약어	x
5	일반사항	x
6	dsLPWAN PHY 개요	x
6.1	dsLPWAN PHY 기능	x
6.2	dsLPWAN PHY 요구사항	x
7	dsLPWAN PHY 전송규격	x
7.1	dsLPWAN PHY 계층 전송규격 요약	x
7.2	dsLPWAN PHY 프레임 구조	x
7.3	모듈레이션 및 코딩	x
7.4	범용 함수	x
7.5	NB/SS 모드 운용	x
7.6	주요 파라미터	x
부록	I-1 지식재산권 요약서 정보	x
	I-2 시험인증 관련 사항	x
	I-3 본 표준의 연계(family) 표준	x
	I-4 참고 문헌	x
	I-5 영문표준 해설서	x
	I-6 표준의 이력	x

차별화된 서비스를 지원하는 광역 저전력 네트워크 PHY 규격

PHY specification of low power wide area network for differentiated service (dsLPWAN)

1 적용 범위

비면허 대역의 제한된 출력으로 넓은 영역에 대한 서비스가 가능한 저전력 광역(LPWA) 사물인터넷 기술의 등장으로 다양한 사물인터넷 서비스의 활성화가 기대되고 있다. 넓은 영역에 대한 서비스에 따라서 대규모의 사용자를 수용하게 되어 다양한 특성의 서비스가 공존하게 된다. 이 경우 지연에 민감하거나 신뢰성이 중요한 등 서비스의 유형에 따라 요구하는 특성이 서로 다른 서비스가 공존하게 된다. 이 경우, 서비스의 특성에 따라 사용자의 서비스 만족도 극대화를 위한 적절한 차별적 관리 방법이 필요하다. 그러나 기존 LPWA IoT 기술은 서비스의 유형에 따른 관리 기술을 제공하지 않는다. 따라서, 사용자의 서비스 만족도 극대화를 위해, 서비스 클래스에 따라 요구하는 특성의 품질을 제공하기에 적절한 차별화된 네트워크 기술이 필요하다.

본 표준은 차별화된 서비스를 지원하는 광역 저전력 네트워크 dsLPWAN(differentiated service LPWAN)의 PHY 계층 규격을 정의 한다. dsLPWAN 은 262~264 MHz 와 917~923.5 MHz 대역폭을 동시 지원하고, 협대역(NB: Narrow Band)과 확산스펙트럼(SS: Spread Spectrum)의 다중모드로 작동하는 광역 물리 계층 전송 규격이다. 요구하는 서비스의 통신 품질 열화를 최소화하고, 무선 통신 구간에서의 혼잡 혹은 통신 품질의 저하에 기이한 서비스 전체의 통신품질 저하를 피한다.

2 인용 표준

-해당사항 없음

3 용어 정의

-해당사항 없음

4 약어

BcN	broadband convergence network
Ch	Channel
CRC	Cyclic Redundancy Check
DL	Downlink
GW	Gateway
FH	Frequency Hopping
IoT	Internet of Things
LBT	Listen before Talk
LPWA	Low power wide area
MAC	Medium access control layer
MCS	Modulation and Coding Scheme
NB	Narrow Band
PHY	Physical Layer
SCS	service class support
SE	Spectral Efficiency
SF	Spreading Factor
SS	Spread Spectrum
TBC	Turbo Code
TBS	Transport Block Size
UL	Uplink
USN	Ubiquitous Sensor Network

5 dsLPWAN 개요

수 Km의 긴 통신 반경을 필요로 하는 사물인터넷 (IoT; Internet of Things) 서비스를 위한 저속의 저전력 광역 사물인터넷 (LPWA IoT) 기술이 주목 받고 있다.

대부분의 기존 사물인터넷 통신 기술이 짧은 통신거리를 다중 홉으로 연결하여 서비스 반경을 확장하는 것과는 달리, 저전력 광역 사물인터넷 (LPWA IoT) 기술은 통신 속도를 낮춰 통신 반경을 확대함으로써 서비스 영역을 확대한다. 따라서 다중 홉 운용에 따른 메시지 전달 지연이나 홉간 연결관리에 대한 어려움을 덜 수 있다는 장점이 있다. LPWANvIoT 기술은 Sigfix, LoRa 기술 등의 비면허 대역 기술로 시작되어, 이후 3GPP에서 LTE 인프라를 활용하는 NB-IoT 기술의 면허 대역 기술이 나타났다.

LPWAN IoT 네트워크는 (그림 5-1)과 같이, 단말이 서비스에 따라 생성된 응용 정보를 게이트웨이를 거쳐 네트워크 제어기로 전달 하거나, 필요에 따라 네트워크 제어기로부터 단말에 명령을 전달하여 특정 기능을 수행하도록 하는 네트워크로 구성된다. 단말과 게이트웨이는 무선으로 연결되며, 게이트웨이는 광대역 통합망 (BcN; broadband convergence network)을 통해 원격의 네트워크 제어기와 연결된다.

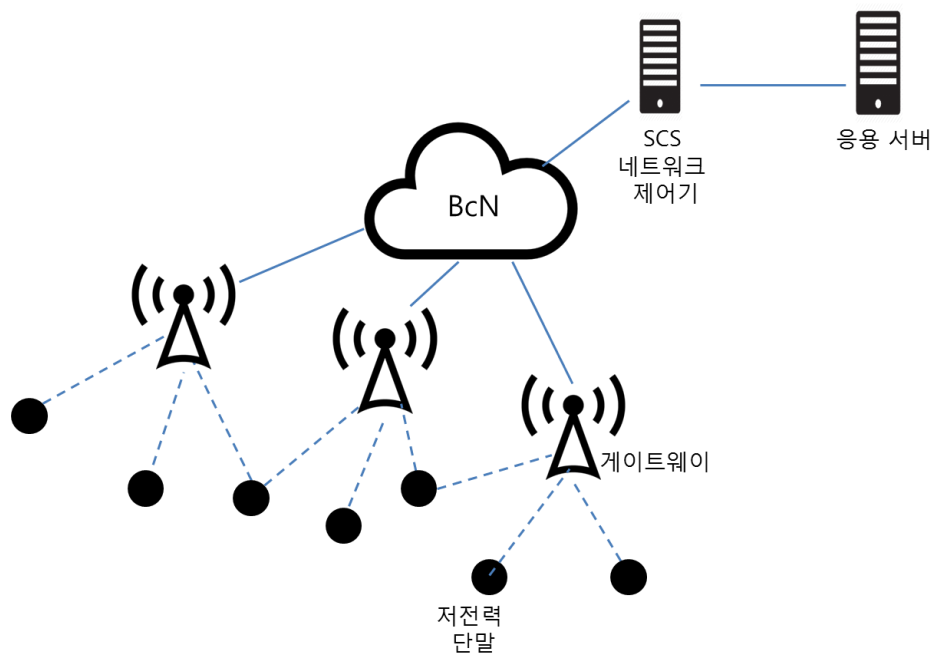
LPWAN IoT 기술은 스마트 주차, 지능형 거리 조명, 자산 추적 및 상태 모니터링을 포함한 공급망 관리, 전기 검침, 동물 추적 서비스와 같이 주로 넓은 서비스 반경을 필요로 하는 응용 서비스에 적용 된다. 지금까지의 LPWAN IoT 기술은 최선형(Best effort)의 서비스로 제한하여, 다양한 특성의 서비스 요구사항이 공존하는 경우를 위한 차별적 서비스 품질은 제공할 수 없다. 따라서, 다양한 서비스가 공존하는 경우 LPWAN IoT가 갖는 극히 제한적인 통신 자원에 기인한 성능(수신성공률, 전송지연 등) 열화가 심하게 발생할 수 있으며, 이는 서비스의 특성에 따라 사용자가 체감하는 품질 손상 정도가 다르게 되는 결과를 초래한다.

비면허 대역 LPWAN IoT의 대표 기술인 LoRaWAN은 게이트웨이에서 주기적으로 방송되는 비컨 메시지를 사용하는지 여부에 따라 Class A와 Class B 동작 모드로 나누어 단말 동작을 정의한다. 단말은 데이터 메시지를 임의의 시간에 서버로 상향 전송 할 수 있다. 그러나 서버로부터 단말로의 데이터 전송은 경우에 따라 다르다.

Class A 동작 모드의 서버는 단말로부터 상향 메시지를 수신한 경우에 한하여 선택적으로 하향 메시지를 단말에 전송 할 수 있다. 그러나 Class B 동작 모드는 미리 할당된 비컨 주기의 슬롯을 통하면 서버에서 하향 메시지를 단말에 전송할 수 있다.

차별화된 서비스 클래스 지원을 위한 dsLPWAN PHY은 262~264 MHz와 917~923.5 MHz 대역폭을 동시지원하며, 협대역(NB)과 확산스펙트럼(SS)의 다중모드 광역 IoT 단말용 물리 계층 전송 규격으로, 요구하는 서비스의 통신 품질 열화를 최소화하고, 무선 통신 구간에서의 혼잡 혹은 통신 품질의 저하에 기인한 서비스 전체의 통신품질 저하를 피한다.

본 표준은 차별화된 서비스 클래스를 지원하는 dsLPWAN PHY 계층 규격을 정의 한다.



(그림 5-1) LPWA IoT 네트워크 개념도

6 dsLPWAN PHY 특성 및 요구사항

6.1 dsLPWAN PHY 기능

dsLPWAN PHY 계층은 다음의 기능을 포함한다.

- UL/DL 전송 모드
- 다중모드 (NB/SS 모드) 전송 동작
- 다중모드 기반 가변 전송속도

다중모드 전송 동작에 관해서는 7.5 에 자세히 기술한다.

또한 본 표준은 점유 시간 제한 및 IoT 환경 특성에 적합한 dsLPWAN PHY 프레임 규격을 정의한다.

- 프리앰블 구조
- 다중 모드 별 가변 전송 프레임 구조
- 저 제어 오버헤드 기반 프레임 구조
- 저전력 운용 모드 (Sleep/Stand-by 모드)

본 dsLPWAN PHY 규격은 단말, 게이트웨이 등 2 종류로 구성되는 시스템에서, 단말과 게이트웨이간 이루어지는 무선통신에 적용된다.

6.2 dsLPWAN PHY 요구사항

본 dsLPWAN PHY 규격은 <표 6-1>와 같은 요구사항을 갖는다.

주요 성능 요구사항	단위	요구사항	비고
운용 주파수	MHz	917~923.5, 262~264	
RF sensitivity	dBm	-135	Data rate 100bps 급
통신 거리	Km	10 이상	
데이터전송률	Kbps	0.1-50	가변 데이터 전송률 지원
다중 채널 지원	Ch	NB 모드 최대 8 채널 지원	최대 80kHz (채널당 최대 10kHz) 대역폭 (Contiguous 모드 only)

주요 성능 요구사항	단위	요구사항	비고
최대 확산 계수	SF	4096	가변 확산 계수 4-4096

7 dsLPWAN PHY 전송 규격

7.1 dsLPWAN PHY 계층 전송 규격 요약

dsLPWAN PHY 계층의 전송 규격은 아래 <표 7-1>과 같이 요약할 수 있다.

<표 7-1> 다중모드 광역 IoT 단말용 물리 계층 전송 규격 요약

항 목	전송 규격
다중 모드 PHY 지원	협대역 (NB) 모드
	확산스펙트럼 (SS) 모드
채널 대역폭	NB (Mandatory): 6.25, 12.5, 25, 50 kHz
	SS (Mandatory): 100, 200, 400, 800 kHz
	SS (Optional): 1600 kHz
데이터 전송률	NB: 0.1-50 kbps (50 kHz 기준)
	SS: 0.1-50 kbps (200 kHz 기준)
Frame 모드	Beacon, UL/DL frame
최대 PHY Payload 크기	MAC packet: 4 ~ 400 Byte
채널 코딩 및 변조 [PHY Header]	Reed-Muller Code, R=1/3
	DSSS-BPSK
채널 코딩 및 변조 [PHY Payload]	Convolutional Code (가변부호화율 지원)
	DSSS-BPSK/QPSK
MCS	MCS0-MCS7 (SE=0.5 ~1.67)
SS 모드 확산 계수	1~4096 (Direct Spreading x Repetition)
	Max DSSS SF = 64
	Max Repetition = 64
운용 모드	Non-beacon/beacon 모드 운

7.2 dsLPWAN PHY 프레임 구조

PHY 프레임 구조를 NB, SS 모드 공통적으로 설명한다.

dsLPWAN PHY 프레임은 크게 Beacon 프레임과 UL/DL 프레임으로 구성된다.

아래의 (그림 7-1)과 (그림 7-2)는 각각 dsLPWAN 시스템의 물리계층에서 사용하는 Beacon 과 UL/DL 프레임구조를 나타낸다.



(그림 7-1) Beacon 프레임 구조



(그림 7-2) UL/DL 프레임 구조

Beacon 프레임은 프리앰블과 Payload 로 구성되어 있다. Pilot 은 payload 에만 삽입한다. Payload 의 CRC 의 길이는 24bit 로 설정되어 있고, on/off 모드를 지원한다.

UL/DL 프레임은 프리앰블, Header, Payload 로 구성되어 있다.

Pilot 은 payload 및 header 에 삽입한다. Header 의 길이는 64bit 로 설정하고, Header 의 CRC 의 길이는 7bit 로 설정되어 있고, on/off 모드를 지원한다.

Payload 의 길이는 4 ~ 400 byte 로 가변적이다. Payload 의 CRC 의 길이는 24bit 로 설정되어 있고, on/off 모드를 지원한다.

PHY beacon 과 UL/DL 프레임은 위 그림의 공통 구조와 같이 프리앰블, Header(UL/DL 프레임 한정), H-CRC(UL/DL 프레임 한정), Payload, CRC 로 구성된다.

7.2.1 프리앰블 구조

beacon 과 UL/DL 프레임의 구조에 적용되는 프리앰블은 공통적으로 전체 프레임의 동기과 AGC 를 위한 sequence 로 구성한다.

7.2.1.1 AGC 프리앰블

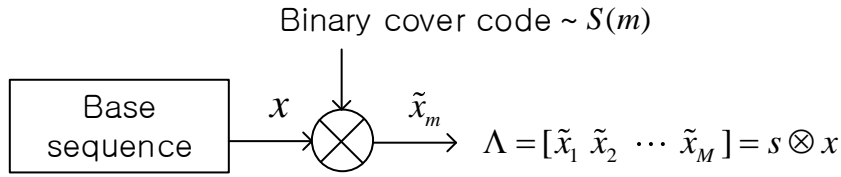
AGC 프리앰블은 동기 프리앰블 앞 단에 구성되고 0~20 의 가변 길이 가 적용될 수 있고, 필요에 따라 on/off 모드를 지원한다.

AGC 프리앰블은 다음과 같이 (수식 7-1)로 정의된다.

$$\frac{1}{\sqrt{2}}(1 + j) \cdot [1 \ -1 \ 1 \ -1 \ \dots \ 1 \ -1] \quad (\text{수식 7-1})$$

7.2.1.2 동기 프리앰블

동기 프리앰블은 cover code 와 base sequence 의 조합으로 구성되며 sequence 길이는 최대 2048 까지 가능하다.



(그림 7-3) 동기 프리앰블 생성 방식

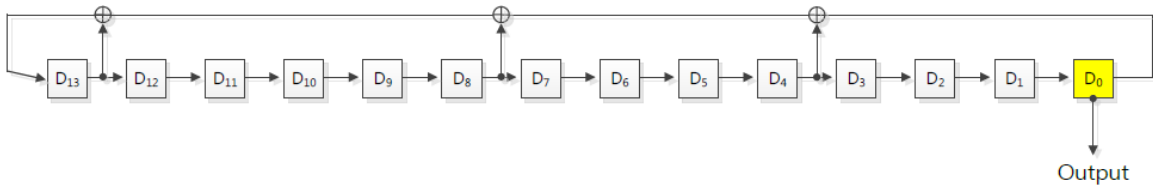
- cover code

Cover code 는 M-sequence 를 적용하였고, $M = \{32, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048\}$ 의 길이를 지원한다.

생성 다항식은 (수식 7-2)와 같다.

$$g(D) = D^{14} + D^{13} + D^8 + D^4 + 1, \quad (\text{수식 7-2})$$

Period: $2^{\text{deg } g(D)} - 1 = 16383$ bit



(그림 7-4) Cover code 생성 다항식

동기 프리앰블로는 initial seed 값을 변경하여 16 type 의 M-sequence 를 지원한다.

- Type 0 initial seed: [1 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 0 0 1]
- Type 1 initial seed: [0 0 1 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1 0]
- Type 2 initial seed: [1 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0]
- Type 3 initial seed: [0 1 0 0 0 0 1 1 0 0 1 0 1 1]
- Type 4 initial seed: [0 1 1 0 1 0 0 1 1 0 1 1 0 1]
- Type 5 initial seed: [1 0 1 1 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0]
- Type 6 initial seed: [0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 0 1 0 1]
- Type 7 initial seed: [1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1 0 0 1]
- Type 8 initial seed: [0 1 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0]
- Type 9 initial seed: [0 1 1 0 0 0 0 1 0 1 1 0 1 1]
- Type 10 initial seed: [0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 0 0 1]
- Type 11 initial seed: [0 1 1 0 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1]
- Type 12 initial seed: [0 0 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 0]
- Type 13 initial seed: [1 0 1 1 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0]
- Type 14 initial seed: [1 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1 1 0 1]

Type 15 initial seed: [1 1 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1]

- base sequence

base sequence 로는 $L=\{1,2,4\}$ 의 짧은 barker sequence 를 사용한다.

$$BaseSEQ = \frac{1}{\sqrt{2}}(1 + j) \cdot SEQ \quad (\text{수식 7-3})$$

$$SEQ = \begin{cases} [-1], & L = 1 \\ [-1 \ 1], & L = 2 \\ [-1 -1 \ 1 -1], & L = 4 \end{cases} \quad (\text{수식 7-4})$$

- cover 코드와 base sequence 의 조합

cover 코드와 base sequence 의 사용 가능한 조합은 아래와 같이 정의된다.

<표 7-2> 동기 프리앰블 조합

동기 프리앰블 조합		base code		
		L=1	L=2	L=4
cover sequence	M=32	support	support	support
	64	support	support	support
	128	support	support	support
	256	support	support	support
	512	support	support	support
	1024	support	support	Not support
	2048	support	Not support	Not support

7.2.2 PHY Header

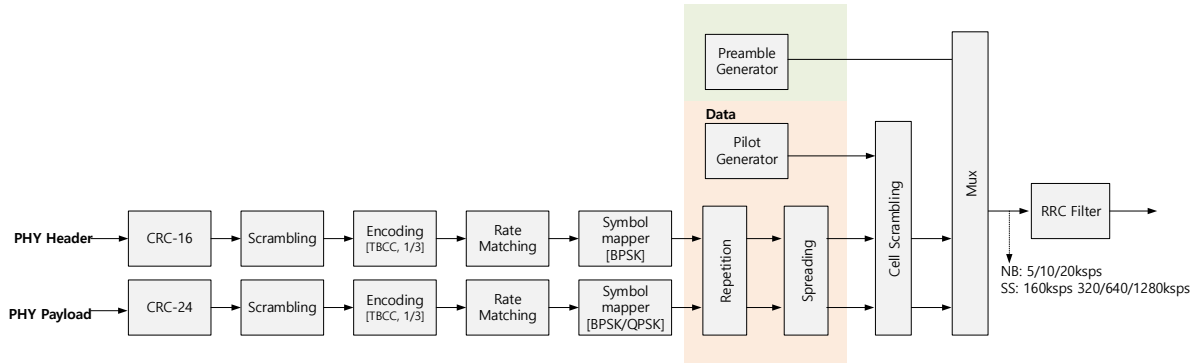
UL/DL frame 에 삽입되어 전송되며, PHY payload 에 대한 scheduling 정보를 포함하고 Pilot 심볼을 포함한다. 총 22 bit 으로 구성되며, payload MCS 3 bit, payload TBS (Byte 단위) 9 bit, payload repetition 3 bit, reserved 7 bit 으로 구성된다. Reserved 7 bit 은 header CRC on 모드 시, CRC-7 bit 으로 활용된다.

7.2.3 Payload

Payload CRC on/off 모드를 지원하고, payload CRC on 모드 시, CRC-24 bit 적용한다. Payload의 data size는 CRC on 모드에서는 min 4 ~ max 400 byte, off 모드에서는 min 7 ~ max 400 byte로 가변적이다.

7.3 모듈레이션 및 코딩

7.3.1 참조 모델



(그림 7-5) 참조 모델

7.3.2 채널 코딩

CRC, Scrambling, Encoding, Rate matching 으로 구성되며, PHY Header 및 data payload에 따라 선택 적용된다.



(그림 7-6) 채널 부호화 과정

7.3.2.1 CRC 인코딩

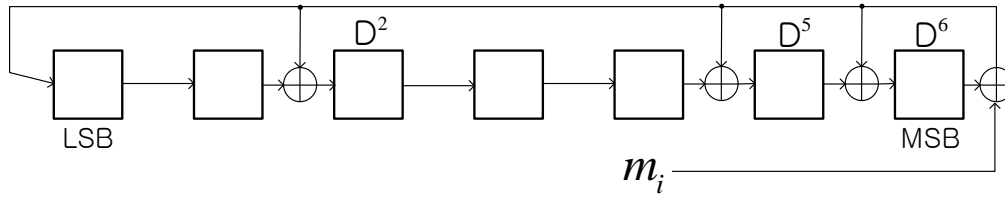
Data payload와 PHY Header 데이터의 오류 검출을 위한 CRC 인코딩을 수행한다. PHY Header를 위해 CRC-7 채널 부호화 기법에 따라 선택 적용되며, Data payload를 위해 CRC-24가 필수 적용된다.

- CRC-7

PHY Header에서 CRC-on 모드일 경우 적용된다.

CRC-7의 생성 다항식은 (수식 7-5)와 같다.

$$g(D) = D^7 + D^6 + D^5 + D^2 + 1, \quad (\text{수식 7-5})$$



(그림 7-7) CRC-7

- CRC-24

Data payload 에 필수적으로 적용하고, on 모드를 기본값으로 한다.

상위 MAC 요구사항에 따라 off 모드로 적용 가능하다.

CRC-24의 생성 다항식은 (수식 7-6)와 같다.

$$g(D) = D^{24} + D^{23} + D^{18} + D^{17} + D^{14} + D^{11} + D^{10} + D^7 + D^6 + D^5 + D^4 + D^3 + D + 1 \quad (\text{수식 7-6})$$

7.3.2.2 스크램블링

CRC 인코딩된 Data payload 와 PHY Header 데이터는 7.4.2.1 에서 정의되는 random sequence 에 따라 data 스크램블링되며, sequence 생성을 위한 initial seed 값은 다음과 같이 정의된다.

Header 와 payload data 를 위한 스크램블링 initial seed 값 정의는 아래와 같다.

- Header initial seed: [1 1 0 1 1 1 0 0 0 1 0 1 0 1]
- Payload initial seed: [1 1 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 1]

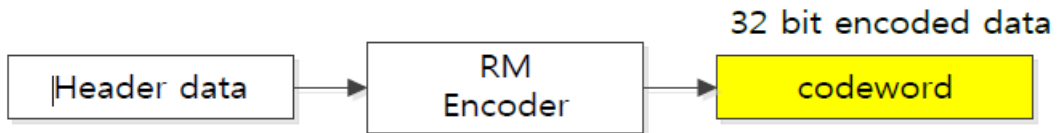
Header 및 payload data 와 동일한 길이의 binary sequence 를 생성하여 적용한다.

7.3.2.3 Channel coding (ENC) 및 Rate matching

Data payload 와 PHY Header 데이터에 따라 구분하여 적용되며, PHY Header 를 위해 Reed-Muller code 가 적용되며, payload 를 위해 convolutional code 가 적용된다.

7.3.2.3.1 PHY Header

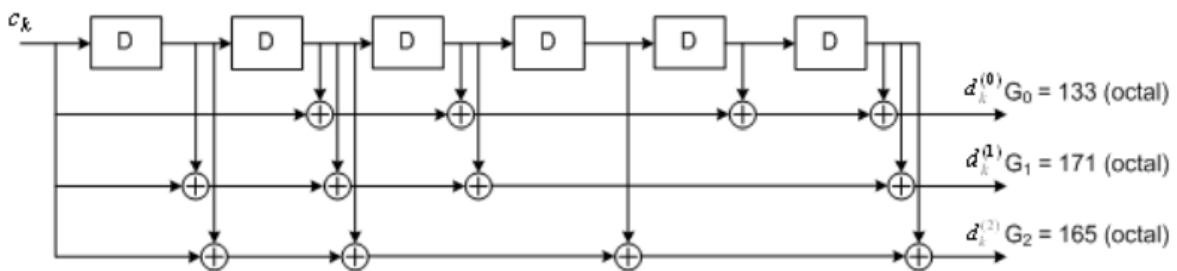
오류정정을 위한 11/32 rate 의 변형된 Reed-Muller encoding 사용하고, Reed-Muller(32,11)x2 로 encoding 되어, 최종 64bit 출력된다.



(그림 7-8) PHY Header encoding

7.3.2.3.2 PHY Data Payload

Convolutional encoding and rate matching 으로 Tail-biting convolutional code (TBCC) (Rate 1/3) 적용하고, rate matching 을 이용하여 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 rate 를 지원한다. 4 byte ~ 400 byte 로 가변적인 길이를 갖는다.



(그림 7-8) TBCC Encoder

7.3.3 Symbol mapper

프리앰블, PHY Header 및 data payload 를 위한 symbol mapping 은 다음과 같다.

<표 7-3> 심볼 매핑

구분	심볼 매핑	비고
프리앰블	BPSK	
PHY Header	BPSK	
Data Payload	BPSK/QPSK	Beacon payload 포함

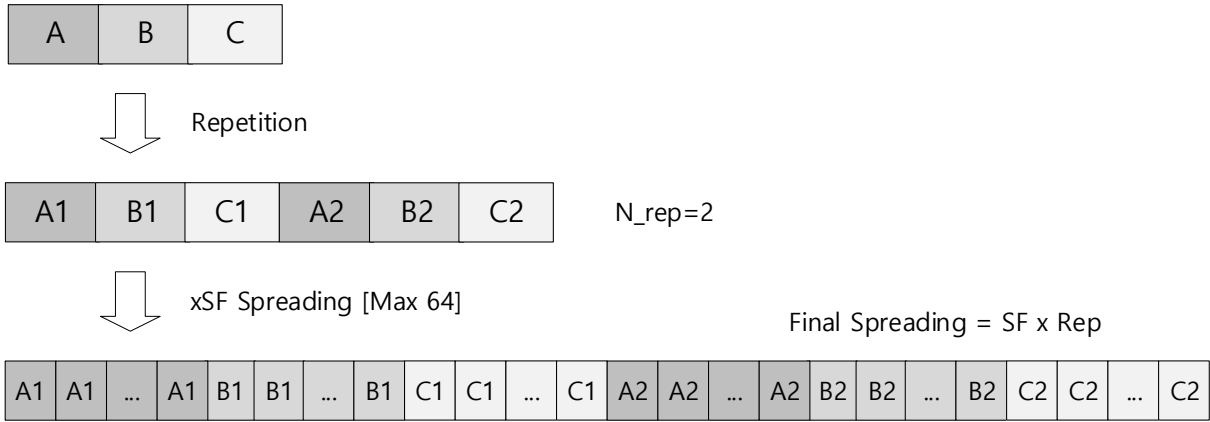
7.3.4 Spreading and Repetition

Spreading 과 repetition 을 가변적으로 조합하여 사용될 수 있다.

- Spreading: Max 64
- Repetition: Max 64

7.3.4.1 Repetition

Code rate $\times (1/\text{repetition}) \leq 1/8$ 인 경우, 즉 Repetition ≤ 4 에는 Rate matching 으로 대응하며, 그 이상은 repetition 으로 처리한다.



(그림 7-8) Spreading and Repetition

<표 7-4> Coding-Repetition combination

Code rate	Repetition	Total rate	Resulting code rate (Rate matching)	Repetition operation
1/2	2	1/4	1/4	1
	4	1/8	1/8	1
	8	1/16	1/8	2
	16	1/32	1/8	4
	32	1/64	1/8	8
	64	1/128	1/8	16
2/3	2	1/3	1/3	1
	4	1/6	1/6	1
	8	1/12	1/6	2
	16	1/24	1/6	4
	32	1/48	1/6	8
	64	1/96	1/6	16
3/4	2	3/8	3/8	1
	4	3/16	3/16	1
	8	3/32	3/16	2
	16	3/64	3/16	4
	32	3/128	3/16	8
	64	3/256	3/16	16
5/6	2	5/12	5/12	1

Code rate	Repetition	Total rate	Resulting code rate (Rate matching)	Repetition operation
	4	5/24	5/24	1
	8	5/48	5/24	2
	16	5/96	5/24	4
	32	5/192	5/24	8
	64	5/384	5/24	16

7.3.5 셀 스크램블링

7.4.2.2 에 정의된 복소 scrambling sequence 를 이용하여, PHY Header 및 data payload 에 대해 셀 스크램블링을 수행한다.

셀 스크램블링 동작은 (수식 7-7)으로 정의된다.

$$X_{sig}(k) = m_{sig}(k) \cdot C_{long,n}(k) \cdot \exp\left(-j \cdot \frac{\pi}{4}\right) \quad (\text{수식 7-7})$$

$m_{sig}(k)$: 변조된 신호

$C_{long,n}(k)$: 복소 scrambling sequence

7.3.6 멀티플렉싱과 파일럿 삽입

정의된 PHY 프레임 구조에 의거하여, 프리앰블 및 PHY header, Payload 에 대한 멀티플렉싱이 수행되며, PHY Header 와 Payload 에는 파일럿 심볼이 추가된다.

- Pilot insertion

Pilot ratio = (P:D) = mode 0 {1:8} and mode 1{1:16}

Header 및 data 영역에 매핑한다.

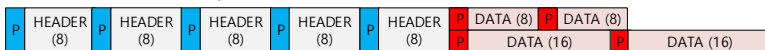
Header 는 mode 0 로 고정된다.

Data 는 mode 0 과 mode 1 이 가능하며, 7.6.1 에서 정의된 셀특정 파라미터에 의해 결정된다.

PHY Header: BPSK R=1/2



PHY Header: QPSK R=1/2



(그림 7-8) 파일럿 삽입

7.4 범용 함수

7.4.1 Modulation mapper

Mapping 규칙은 다음과 같다.

<표 7-5> BPSK

b(i)	I	Q
0	$1/\sqrt{2}$	$1/\sqrt{2}$
1	$-1/\sqrt{2}$	$-1/\sqrt{2}$

<표 7-6> QPSK

b(i)	I	Q
00	$1/\sqrt{2}$	$1/\sqrt{2}$
01	$1/\sqrt{2}$	$-1/\sqrt{2}$
10	$-1/\sqrt{2}$	$1/\sqrt{2}$
11	$-1/\sqrt{2}$	$-1/\sqrt{2}$

7.4.2 Random sequence

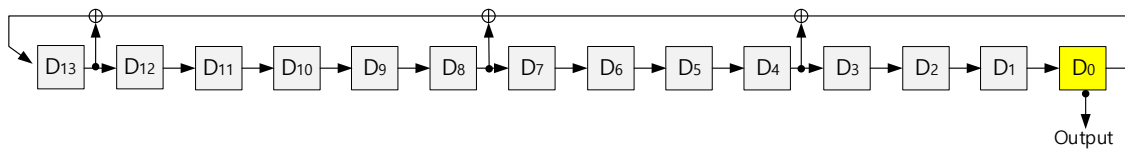
7.4.2.1 Random Binary sequence

Random sequence 는 (수식 7-8)의 다항식을 이용하여 생성한다.

$$g(D) = D^{14} + D^{13} + D^8 + D^4 + 1 \quad (\text{수식 7-8})$$

주기: $2^{\text{deg}g(D)} - 1 = 16383$ bit

Initial seed: $[D_{13} \ D_{12} \ \dots \ D_0]$

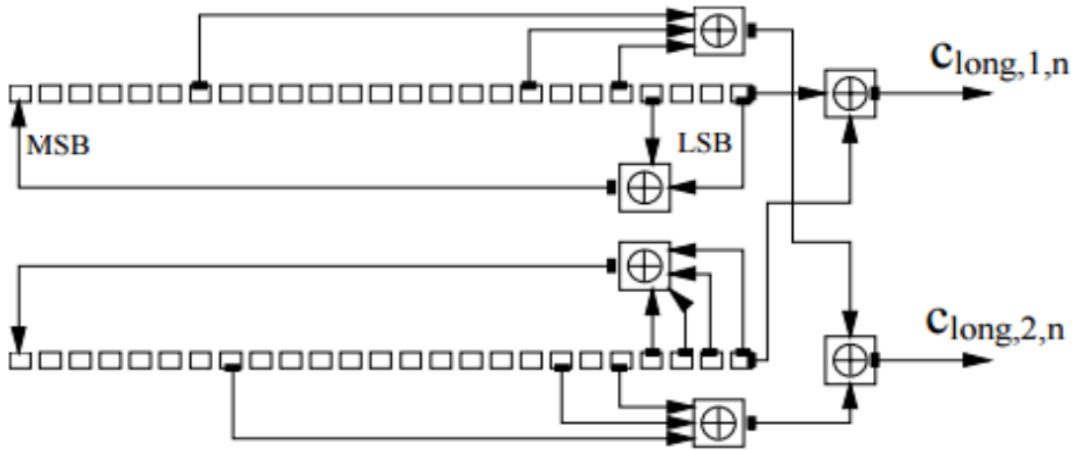


(그림 7-9) sequence 생성 구조

7.4.2.2 Complex sequence

Complex scrambling sequence 는 (수식 7-9) 을 이용하여 생성한다.

$$C_{long,n}(k) = c_{long,1,n}(k) \cdot \left[1 + j \cdot (-1)^{c_{long,2,n}\left(2 \cdot \text{floor}\left(\frac{k}{2}\right)\right)} \right], \quad (\text{수식 7-9})$$



(그림 7-10) Configuration of scrambling sequence generator

7.5 NB/SS 모드 운용

Beacon 모드 및 non-beacon 모드로 운용 가능하며, beacon 모드는 기본적으로 GW 와 동기화 운용을 기본 가정하며, Non-beacon 모드는 기지국 GW 와 단말 간에는 동기화 되지 않은 송수신 모드의 동작 (p-to-p 모드)을 기본 가정한다.

7.5.1 beacon 모드

7.5.1.1 NB 모드

NB 모드에서의 beacon 은 200kHz 의 대역폭을 가지고, 고정된 스케줄로 전송한다.

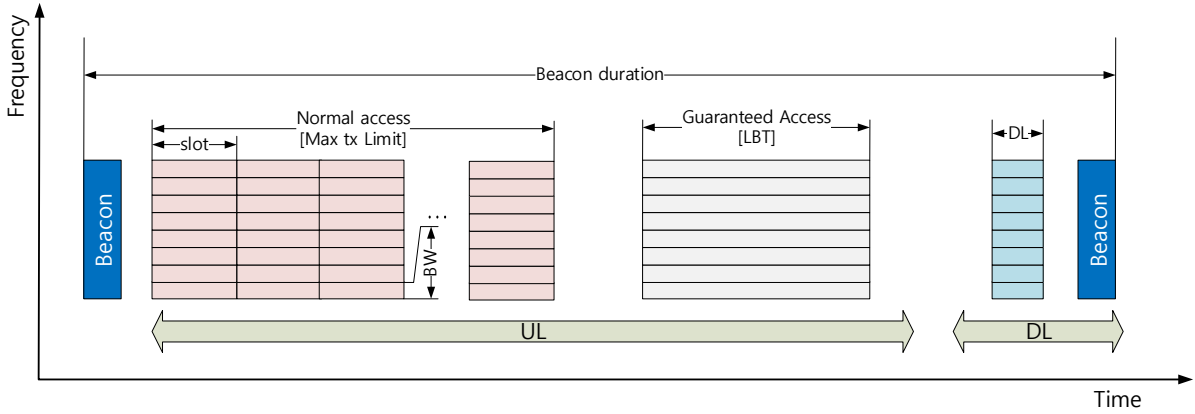
주기는 최소 1 초부터 최대 80 초를 지원한다.

beacon 의 프리앰블은 가변 길이의 Zadoff-Chu sequence 60ms 와 MAC 요구사항등이 포함된 데이터로 구성을 한다.

NB 모드에서의 데이터 채널 대역폭은 최대 25 kHz 이고, 6.25, 12.5 kHz 도 사용가능하다. 용도에 따라서 multi-channel 으로 50 kHz 로 동작할 수 있다.

아래 (그림 7-11)와 같이, Normal access 와 guaranteed access, DL 로 운용할 수 있고, normal access 를 위한 자원할당은 slot 단위로 하게 된다. 이 때 한 slot 의 크기는 가변적으로 지정할 수 있으나 최대 400ms 와 propagation delay 를 고려한 guard time 을 넘지 않아야 한다.

DL 운용의 경우 beacon 시간과 포함해서 최대 400ms 를 넘지 않는다.



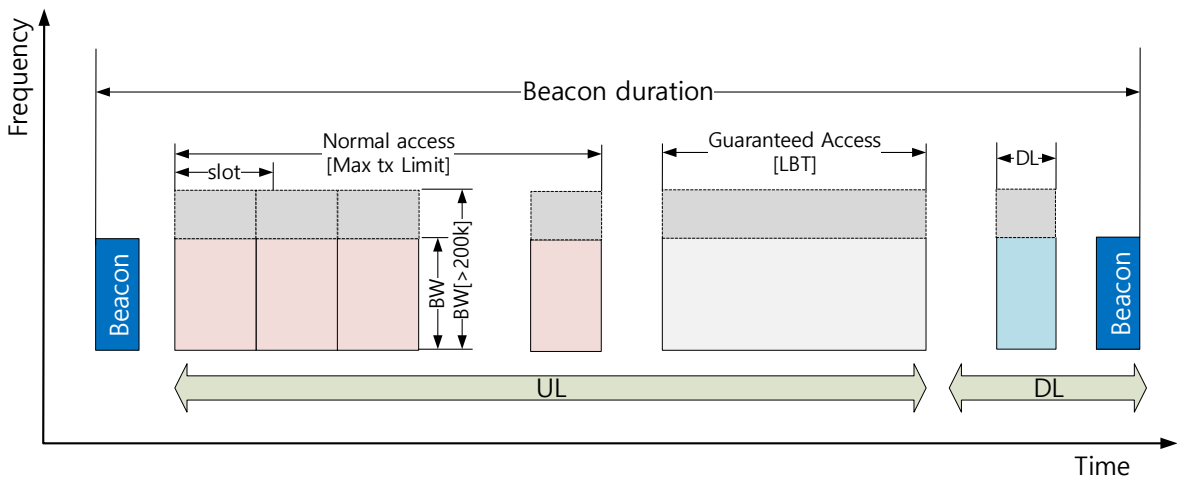
(그림 7-11) NB모드

7.5.1.2 SS 모드

NB 모드에서와 마찬가지로 SS 모드의 beacon 은 200kHz 의 대역폭을 가지고, 고정된 스케줄로 전송한다. 주기는 최소 1 초부터 최대 80 초를 지원한다. 프리앰블의 sequence 길이는 최대 2048 까지 가능하다.

UL/DL 전송을 위한 데이터 채널의 대역폭은 100, 200, 400, 800, 1600 kHz 를 지원하고, 아래 (그림 7-12)와 같이, Normal access 와 guaranteed access, DL 로 운용할 수 있고, normal access 를 위한 자원 할당은 slot 단위로 하게 된다. 이 때 한 slot 의 크기는 가변적으로 지정할 수 있으나 최대 400ms 와 propagation delay 를 고려한 guard time 을 넘지 않아야 한다.

SF 는 gateway 에서 broadcast 한 값으로 고정되어 있고, MCS/repetition 을 통해서 rate adaptation 을 실시한다.



(그림 7-12) SS 모드

7.6 주요 파라미터

7.6.1 셀특정 파라미터

셀특정 파라미터는 cell 운용안에서는 공통 모드로 정의되며, 사전에 정의되어 운용된다. 일부 파라미터는 Beacon payload를 통해 단말로 전달 될 수 있다.

Beacon payload 를 통하여 다음과 같은 채널 모드 정의가 단말로 전달된다.

- 확산 모드 (SS 모드 한정)
- 동기 프리앰블 파라미터
- TX 프리앰블 종류
- PHY header 관련 파라미터
- Repetition

<표 7-7> 운용 대역폭에 따른 채널 모드 정의

모드	채널	심볼 전송률	데이터 전송률	
			최저	최고
NB	6.25	5ksps	0.03	6.4
	12.5	10ksps	0.06	12.8
	25	20ksps	0.125	25.6
	50	40ksps	0.5	50
SS	100	80ksps	0.1	25
	200	160ksps	0.1	50
	400	320ksps	0.1	100
	800	640ksps	0.1	200
	1600	1280ksps	0.1	400

7.6.2 UE 특정 파라미터

전송 관련 스케줄링 파라미터는 UE 특정 파라미터로 정의되며, 프레임 전송시, PHY Header 에 삽입되어 전송된다.

UE 특정 파라미터에는 다음과 같은 항목이 포함된다.

- MCS 인덱스
- repetition 인덱스

아래의 <표 7-8>과 <표 7-9>는 각각 MCS 와 repetition index 에 따라 변화되는 파라미터를 나타낸다.

<표 7-8> MCS 테이블

파라미터	모듈레이션	전송률	전체전송률	비고
MCS0	BPSK	1/2	0.50	Header/Payload
MCS1	BPSK	2/3	0.67	Payload
MCS2	BPSK	3/4	0.75	Payload
MCS3	BPSK	5/6	0.83	Payload
MCS4	QPSK	1/2	1.00	Payload
MCS5	QPSK	2/3	1.33	Payload
MCS6	QPSK	3/4	1.5	Payload
MCS7	QPSK	5/6	1.67	Payload

<표 7-9> Repetition index

파라미터	모듈레이션	비고
REP0	1 (No repetition)	Header/Payload
REP1	2	Header/Payload
REP2	4	Header/Payload
REP3	8	Header/Payload
REP4	16	Header/Payload
REP5	32	Header/Payload
REP6	64	Header/Payload
Reserved	-	-

부 록 1-1

(본 부록은 표준을 보충하기 위한 내용으로 표준의 일부는 아님)

지식재산권 확약서 정보

해당사항 없음

※ 상기 기재된 지식재산권 확약서 이외에도 본 표준이 발간된 후 접수된 확약서가 있을 수 있으니, TTA 웹사이트에서 확인하시기 바랍니다.

부 록 1-2

(본 부록은 표준을 보충하기 위한 내용으로 표준의 일부는 아님)

시험인증 관련 사항

1-2.1 시험인증 대상 여부

해당사항 없음

1-2.2 시험표준 제정 현황

해당사항 없음

부 록 1-3

(본 부록은 표준을 보충하기 위한 내용으로 표준의 일부는 아님)

본 표준의 연계(family) 표준

해당사항 없음

부 록 | -4

(본 부록은 표준을 보충하기 위한 내용으로 표준의 일부는 아님)

참고 문헌

- [1] 미래창조과학부고시 제2016-107호, “대한민국 주파수 분배표”, 시행 2017.1.1.
- [2] 미래창조과학부 고시 제2016-125호, “신고하지 아니하고 개설했 수 있는 무선설비의 기술기준”, 시행 2016.11.30.
- [3] LoRaWAN Spec 1.0, “LoRa Specification ver.1.0,”, LoRa Alliance, 2015
- [4] IEEE Std. 802.15.4-2006, “Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)”, IEEE Std, 2006.
- [5] RFC4493, The AES-CMAC Algorithm, IETF, June 2006.

부 록 1-5

(본 부록은 표준을 보충하기 위한 내용으로 표준의 일부는 아님)

영문표준 해설서

- 해당 사항 없음

부 록 1-6

(본 부록은 표준을 보충하기 위한 내용으로 표준의 일부는 아님)

표준의 이력

판수	채택일	표준번호	내용	담당 위원회
제1판	2018.xx.xx	제정 TTAE.IE-xx.xxxx	-	무선 PAN/LAM/MAN 프로젝트그룹 (PG907)