

TTA Standard

정보통신단체표준(국문표준)

TTAx.xx-xx.xxxx

제정일: 200x 년 xx 월 xx 일

무인비행장치 통신 물리 및 데이터 링크 계층

Physical and Data Link Layer for
Communication of Unmanned Flight
Equipment

표준초안 검토 위원회 특수통신 프로젝트그룹(PG903)

표준안 심의 위원회 전파/이동통신 기술위원회(TC9)

	성명	소 속	직위	위원회 및 직위	표준번호
표준(과제) 제안	황현구	ETRI	선임연구원	PG903 위원	
	이태훈	한국드론산업진흥협회	전문위원		
	박무영	그리드스페이스(주)	대표자		
표준 초안 작성자	황현구	ETRI	선임연구원	PG903 위원	
	이태훈	한국드론산업진흥협회	전문위원		
사무국 담당	유현욱	TTA	단장		
	장민욱	TTA	책임연구원		
	최다인	TTA	선임연구원		

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

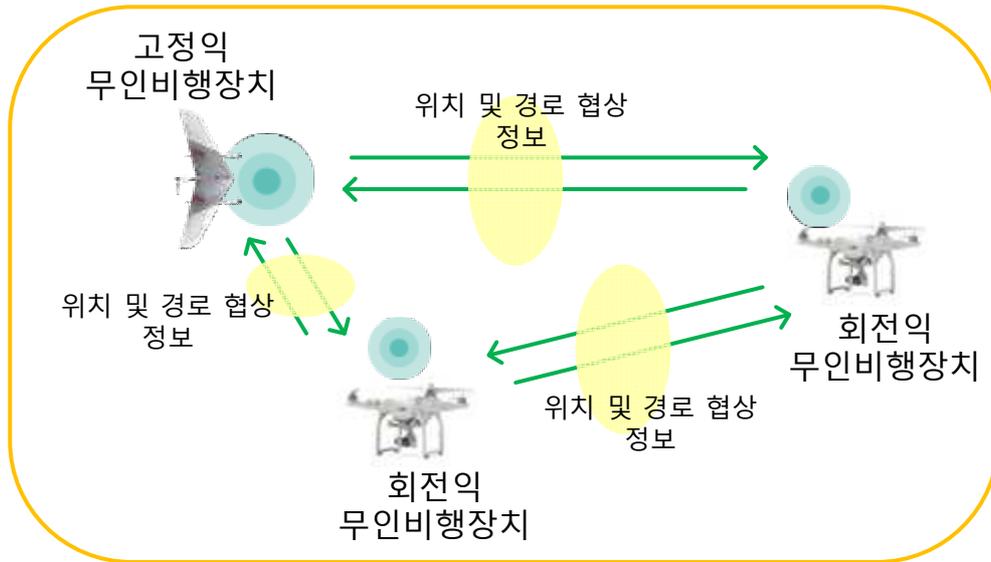
서 문

1 표준의 목적

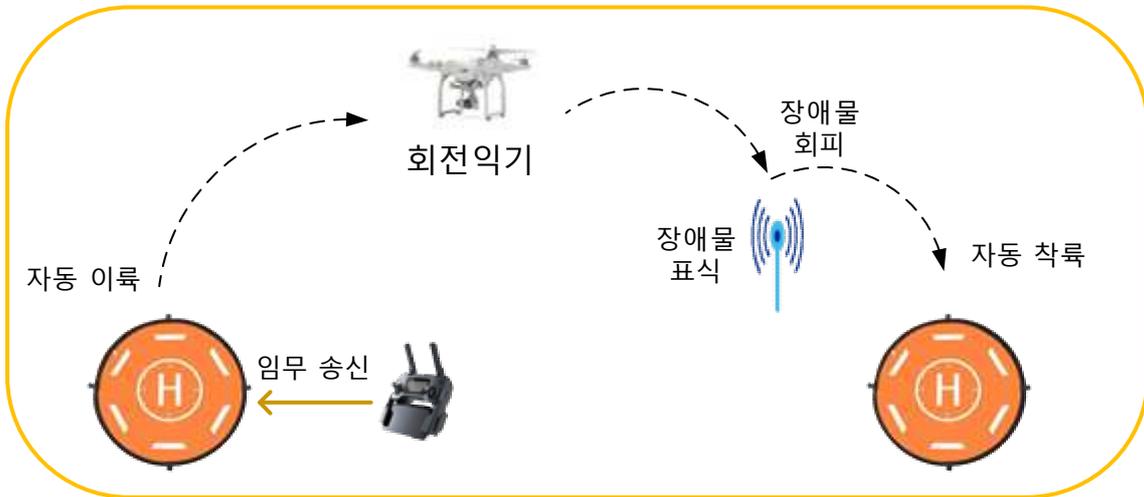
본 표준은 지상고도 150m 이하에서 운행하는 무인비행장치의 무인비행장치와 무인비행장치간 및 무인비행장치와 제어기간 및 무인비행장치와 사물간의 무선 분산 통신 인터페이스 물리 계층 및 데이터 링크 계층에 관한 기술을 정의한 표준이다. 본 표준은 고도 150m 이하에서 운행하는 무인비행장치가 자신의 위치 방송과 상대 무인비행장치와의 경로 협상을 수행하기 위한 무인비행장치간 분산 통신과 초기 임무 설정을 위한 무인비행장치와 제어기간의 통신과 장애물 회피와 자동 이착륙을 위한 무인비행장치와 사물간 통신에 대한 국내 표준을 제정함을 그 목적으로 한다.

2 주요 내용 요약

이 표준은 지상고도 150m 이하에서 운행하는 무인비행장치의 위치 방송과 경로 협상을 위한 무인비행장치간 분산 통신과 무인비행장치와 제어기간의 통신과 무인비행장치와 관련 사물과의 통신에 대한 무선 인터페이스 물리계층 및 데이터 링크를 기술한다. 세 종류의 통신은 모두 하나의 무선 분산 통신 시스템으로 기술된다. 첫째, 무인비행장치간 분산 통신은 무인비행장치들이 사전에 허가된 임의의 또는 지정된 항로를 운항할 때, 상호간의 물리적 충돌을 회피하기 위한 수단을 제공한다. 이러한 수단으로써 자신의 위치를 주기적으로 방송하는데 필요한 통신 링크와 상호간 비행 경로를 협상하는데 필요한 통신 링크를 함께 제공한다. 둘째, 무인비행장치의 운항 임무를 지상의 제어가 설정하는데 필요한 통신 링크도 함께 제공한다. 셋째, 무인비행장치의 자동 이착륙이나 장애물 회피를 위한 관련 사물과의 통신 링크도 함께 제공한다. 특히, 운항 중인 무인비행장치의 상호 충돌 회피를 위해서는 무인비행장치간 충돌 회피 관련 정보 교환이 실시간으로 안정적으로 이루어져야 한다. 이를 위하여 실시간 자원 충돌 검사가 실시된다. 무인비행장치간 통신은 일대일, 일대다, 다대다 통신이 있으며 이에 대한 자원 할당 및 통신 절차가 개시된다. 저고도에서 운항 중인 무인비행장치의 경우, 무인비행장치간 충돌 회피뿐만 아니라 장애물과의 충돌 회피도 고려되어야 한다. 또한, 착륙장에 정확히 착륙하기 위해서는 관련 정보가 필요하다. 이와 관련된 사물과 무인비행장치의 통신 방식 및 절차가 개시된다. 결론적으로 본 표준에서는 무인비행장치에 사용되는 분산 통신링크의 RF 특성 및 데이터 전송을 위한 무선인터페이스 물리계층 구조 및 통신 자원 할당 및 관리를 위한 데이터 링크를 제공하고 있다.



(그림 1) 무인비행장치간 분산 통신 링크 구성



(그림 2) 무인비행장치와 제어기, 무인비행장치와 사물간 통신 링크 구성

3 인용 표준과의 비교

3.1 인용 표준과의 관련성

해당 사항 없음

Preface

1 Purpose

This standard defines the physical layer and data link layer technologies related to wireless distributed communication of UAV and UAV, UAV and control unit, UAV and related objects for navigation of UAVs in the region under 150m above the ground. The purpose of the standard is to establish the distributed communication between UAV and UAV for navigation without the ground control, and between the UAV and the control unit for establishing the initial mission, and between the UAV and object communication for the automatic takeoff and landing and the avoidance of obstacles.

2 Summary

This standard describes the air interface physical layer and data link for autonomous communication between UAV and UAV, and between the UAV and the control unit, and between the UAV and object, which are essential for operation of UAVs operating below 150 m above ground. All three kinds of communication are described as one wireless distributed communication system. First, the communication between UAV and UAV provides a means for avoiding mutual physical collisions when UAV are traveling on arbitrary or designed sky routes. By this means, the communication link necessary to periodically broadcast its position and the communication link necessary to negotiate the mutual flight path are provided together. Second, it also provides the communication link needed for the ground controller to set the mission for navigation of UAV. Third, it also provides a communication link with related objects for automatic takeoff and landing of the UAV or obstacle avoidance. Especially, in order to avoid collision of UAVs in flight, information exchange related to collision avoidance between UAVs should be stably performed in real time. To do this, a real-time resource conflict check is performed. The communications for UAVs are one-to-one, one-to-many, and many-to-many, and resource allocation and communication procedures are described. In the case of a UAV operating at low altitudes, collision avoidance with obstacles as well as UAVs should be considered. In addition, related information is needed to land correctly on the landing area. Communication method and procedures related to the object and the UAV are described. Finally, this standard provides RF characteristics of communication links and the air interface physical layer structure for data transmission, and the data link for communication resource allocation and management.

3 Relationship to Reference Standards

This standard doesn't refer any standard.

목 차

1 적용 범위	1
2 인용 표준	1
3 용어 정의	2
3.1 무인비행장치 용어	2
3.2 무인 항공기 용어	2
3.3 통신 용어	2
4 약어	3
5 RF 송수신 특성	4
5.1 RF 송수신 구성	4
5.2 채널화 방식 및 스펙트럼 마스크 특성	4
5.3 인접채널 간섭 요구사항	6
6 물리 계층 규격	6
6.1 물리 계층 전송 프레임 구조	7
6.2 부호화	12
6.3 물리계층 절차	26
7 데이터 링크 계층 규격	27
7.1 슬롯	27
7.2 채널	41
7.3 동기화	42
7.4 MAC 패킷 형태	43
7.5 슬롯 매핑과 할당	49
7.6 슬롯 동작과 관리	55
7.7 정보 톤 채널의 구성 및 동작	83
7.8 슬립 모드 동작	83
7.9 보안 관리	84
8 상위 계층과의 인터페이스	85

8.1 상위 계층과의 인터페이스	87
8.2 물리 계층과 데이터 링크 계층의 인터페이스	93
8.2 통신 파라미터 파일	96
부속서 A	97
부록 I-1 지식재산권 요약서 정보	105
I-2 시험인증 관련 사항	108
I-3 본 표준의 연계(family) 표준	109
I-4 참고 문헌	110
I-5 영문표준 해설서	111
I-6 표준의 이력	112

무인비행장치 통신 물리 및 데이터 링크 계층 기술

(Physical and Data Link Layer Standards for Communication of Unmanned Flight Equipment)

1 적용 범위

본 표준은 무인비행장치에 사용되는 무선 분산 통신 링크의 물리계층 및 데이터 링크에 관한 것으로, 주로 무인비행장치에 적용되며, 또한 지상의 통제감시국에 적용될 수 있다. 또, 장애물이나 착륙장의 통신 링크에도 적용될 수 있다. 무인비행장치 제어기에도 적용이 가능하다. 본 표준은 자체중량 150 kg 초과 무인항공기와 유인 항공기에도 확장 적용되는 것이 가능하다. 이러한 적용을 위하여 본 표준은 서비스 표준과 결합되어 사용되어야 한다.

무인비행장치에 적용될 경우, 무인비행장치는 다른 무인비행장치와의 충돌을 회피하고, 통제감시국과 제어 데이터를 교환할 수 있으며, 장애물과 착륙장을 인식하여 장애물을 피해가거나 착륙장에 자동착륙하는 용도 등으로 사용된다.

통제감시국에 적용될 경우, 통제감시국은 무인비행장치가 방송하는 ID와 위치 정보 등을 수집하여 현재 운항 중인 무인비행장치들의 교통 상황을 감지하는데 사용되며, 또, 갑자기 사라진 무인비행장치의 가장 최근 위치와 방향 속도 등을 이용하여 사라진 무인비행장치를 탐지하는 데 사용되며, 또 필요한 경우 운항 중인 무인비행장치에 제어 명령을 내리거나 유용한 정보를 제공하는 데 사용된다.

본 표준이 장애물이나 착륙장의 표식으로 적용될 경우, 무인비행장치가 해당 장애물을 피해가거나, 해당 착륙장에 정확히 착륙하는 용도로 사용될 수 있다.

본 표준이 무인비행장치 제어기에 적용될 경우, 해당 제어기로 무인비행장치를 실시간으로 제어할 수 있고, 또한 지도, 운항 경로, 속도, 임무 등을 전달하여 무인비행장치가 운항을 하는데 필요한 정보를 전달하기 위한 통신 링크를 제공할 수 있다.

본 표준이 무인비행장치에 국한되지 않고 무인항공기까지 확장 적용될 경우, 무인항공기와 무인비행장치의 상호간 충돌 회피에 사용될 수 있다.

본 표준이 무인비행장치에 국한되지 않고 유인 항공기까지 확장 적용될 경우, 유인항공기가 자신의 위치와 진행 경로를 방송하고 이를 무인비행장치가 수신함으로써 유인 항공기의 경로상에 있는 무인비행장치들이 스스로 충돌을 회피하는데 사용될 수 있다.

2 인용 표준

본 표준은 인용하는 표준이 없다.

3 용어 정의

3.1 무인비행장치 [출처] (항공안전법)

사람이 탑승하지 아니하는 것으로서 연료의 중량을 제외한 자체중량이 150킬로그램 이하인 무인비행기, 무인헬리콥터 또는 무인멀티콥터 혹은 연료의 중량을 제외한 자체중량이 180킬로그램 이하이고 길이가 20미터 이하인 무인비행선

3.2 무인항공기 [출처] (항공안전법)

사람이 탑승하지 아니하고 원격조종 등의 방법으로 비행하는 항공기

3.3 통신 용어

다음에 기술되는 통신 용어는 본 규격에서 새로이 지정한다.

3.3.1 데이터 슬롯

데이터 채널을 구성하는 슬롯을 의미한다.

3.3.2 톤 슬롯

톤 채널을 구성하는 슬롯을 의미한다.

3.3.3 슬롯 블록

캐리어 센싱 지연을 수용하기 위하여 경쟁 부슬롯을 혼합하여 구성하는 단위를 의미한다.

3.3.4 슬롯 클리어링

이미 할당된 슬롯을 다음 프레임에도 계속 점유하기 위하여 부슬롯 0 에서 톤 신호를 전송하는 것을 의미한다.

3.3.5 클리어링 톤

클리어링을 수행하기 위하여 해당 부슬롯에서 송신하는 톤 신호

3.3.6 ACK 클리어링

슬롯을 아직 두 단말이 할당하지 않았을 때, 경쟁에 승리한 단말이 상대방 단말에게 슬롯 할당을 요청하면, 할당 요청을 받은 단말이 주로 부슬롯 1 에서 톤 신호를 전송하는 것을 의미한다.

3.3.7 우선권 클리어링

우선권이 있는 단말이 없는 단말을 경쟁에서 강제로 지게 만드는 행동을 의미한다.

3.3.8 충돌 감지 패턴

같은 슬롯을 할당한 두 단말이 접근할 때 생기는 슬롯 자원 충돌을 방지하기 위하여, 임의의 여러 부슬롯들을 선택하여 전송하는 부슬롯 톤 신호를 의미한다.

3.3.9 톤 슬롯 패턴

점유한 톤 슬롯에서 미리 정해진 위치의 부슬롯들에서 정보를 실어 보내는 것을 의미한다.

3.3.10 ACK/NACK 부슬롯

따로 슬롯을 할당하지 않고, 데이터 슬롯과 매핑된 톤 슬롯을 이용해 ACK/NACK를 보낼 때 사용되는 부슬롯을 의미한다.

3.3.11 선형화 슬롯

파워 앰프의 선형성을 테스트하기 위하여 사용되는 슬롯을 의미한다.

3.3.12 슬롯 그룹

많은 슬롯을 할당하는 번거로움을 피하기 위하여 하나의 슬롯을 할당하면, 미리 지정된 슬롯들을 모두 할당하는 것으로 설정된 슬롯들의 그룹을 지칭한다.

3.3.13 슈퍼 프레임 슬롯

프레임 길이가 기준 프레임 시간보다 큰 슬롯을 의미한다.

3.3.14 슬롯 맵

어떤 단말이 슬롯들의 가용 여부를 표시한 비트 열을 의미한다.

4 약어

ACK	Acknowledgement
CRC	Cyclic Redundancy Check
CS	Carrier Sensing
DQPSK	Differential QPSK
RF	Radio Frequency
FMT	Filtered Multi-Tone
GF	Galois Field
LFSR	Linear Feedback Shift Register
LLC	Logical Link Control
MAC	Medium Access Control
PAPR	Peak to Average Power Ratio
PN	Pseudo Noise
PSK	Phase Shift Keying

QAM	Quadrature Amplitude Modulation
RM	Rate Matching
SRRC	Square Root Raised Cosine
UTC	Coordinated Universal Time

5 RF 송수신 특성

일부 RF 송수신 특성은 상위 계층으로부터 결정된다. 상위 계층은 서비스 규격에 따라 다르다.

5.1 RF 송수신 구성

무인비행장치 분산 통신의 채널 유형은 두가지가 있다. 하나는 데이터 전송에 쓰이는 데이터 채널이고 하나는 데이터 채널의 경쟁을 대행하는 톤 채널이다. 방송 채널, 대화 채널, 제어 채널, 혼합 채널은 데이터 채널이며, 경쟁 톤 채널, 정보 톤 채널, 깨움 톤 채널은 톤 채널이다. RF 송수신 특성은 데이터 채널과 톤 채널에 대하여 기술한다.

5.1.1 주파수 대역

각 채널의 주파수 대역은 2GHz 에서 6GHz 사이를 권장한다. 각 채널의 구체적인 주파수 대역은 상위 계층에서 결정한다.

5.1.2 채널 대역폭

데이터 채널의 대역폭은 1.25MHz 이고, 경쟁 톤 채널과 정보 톤 채널의 대역폭은 0.25MHz 이다. 깨움 톤 채널의 대역폭은 기본적으로 0.25MHz 을 사용한다. 그러나, 상위 계층에서 다른 대역폭을 사용할 수 있다.

5.1.3 전송전력

데이터 채널과 톤 채널의 최대 전송전력은 상위 계층에서 결정한다. 매 슬롯 신호의 송신 전력은 해당 서비스 규격과 관련된 상위 계층으로부터 받는다.

5.1.4 채널의 개수

하나의 데이터 채널은 반드시 하나의 경쟁 톤 채널과 함께 존재한다. 각 서비스와 관련된 채널의 개수는 해당 서비스 규격으로부터 지정된다.

5.2 채널화 방식 및 스펙트럼 마스크 특성

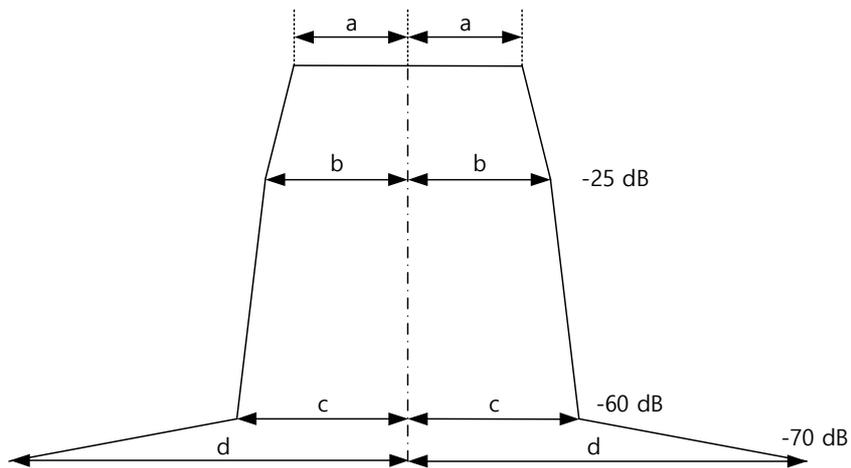
5.2.1 채널화 방식

각 채널은 각각 다른 중심 주파수를 가진다. 하나의 데이터 채널은 1.25MHz 를 하나의 톤 채널은 0.25MHz를 점유한다. 각 채널의 중심 주파수는 서비스 규격으로부터 지정된다.

5.2.2 스펙트럼 마스크

데이터 채널과 톤 채널은 다음의 송신 스펙트럼 마스크 조건을 만족해야 한다.

- 데이터 채널 : a 는 0.54MHz, b는 0.54MHz, c는 0.625 MHz, d는 1.25 MHz
- 톤 채널 : a 는 62.5kHz, b는 80kHz, c는 150 kHz, d는 250 kHz



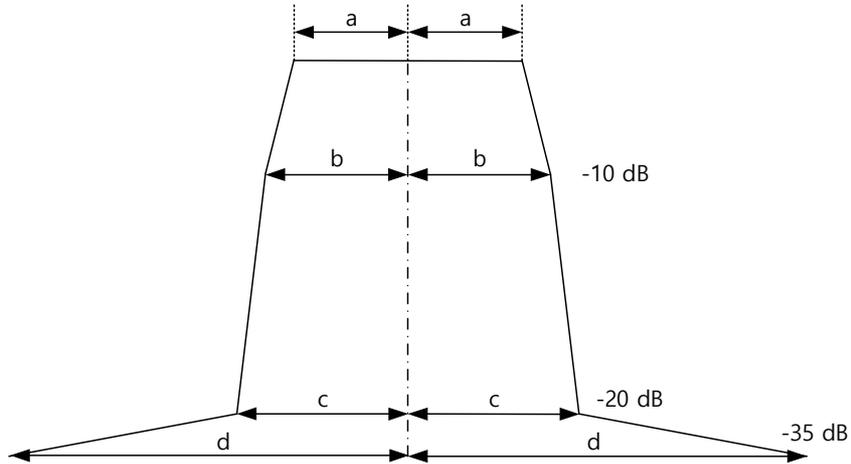
(그림 5-1) 송신 마스크 특성

데이터 채널의 송신 Spurious emissions 은 0.625 MHz 부터 1 GHz 까지 -46 dBm 이하이어야 하고, 1 GHz 부터 4 GHz 까지 -40 dBm 이하이어야 한다. 톤 채널의 송신 Spurious emissions 은 125 KHz 부터 1 GHz 까지 -49 dBm 이하이어야 하고, 1 GHz 부터 4 GHz 까지 -43 dBm 이하이어야 한다. 송신 파워의 예러는 1.5dB 이하이어야 한다.

데이터 선형화 슬롯과 톤 선형화 슬롯은 (그림 5-2)의 송신 스펙트럼 마스크 조건을 만족해야 한다.

- 데이터 채널 : a 는 0.54MHz, b는 0.54MHz, c는 0.625 MHz, d는 1.25 MHz
- 톤 채널 : a 는 0.125kHz, b는 0.125kHz, c는 0.125 kHz, d는 250 kHz

데이터 채널의 송신 Spurious emissions 은 1.25 MHz 부터 1 GHz 까지 -46 dBm 이하이어야 하고, 1 GHz 부터 4 GHz 까지 -40 dBm 이하이어야 한다. 톤 채널의 송신 Spurious emissions 은 250 KHz 부터 1 GHz 까지 -49 dBm 이하이어야 하고, 1 GHz 부터 4 GHz 까지 -43 dBm 이하이어야 한다. 송신 파워의 예러는 1.5 dB 이하이어야 한다.

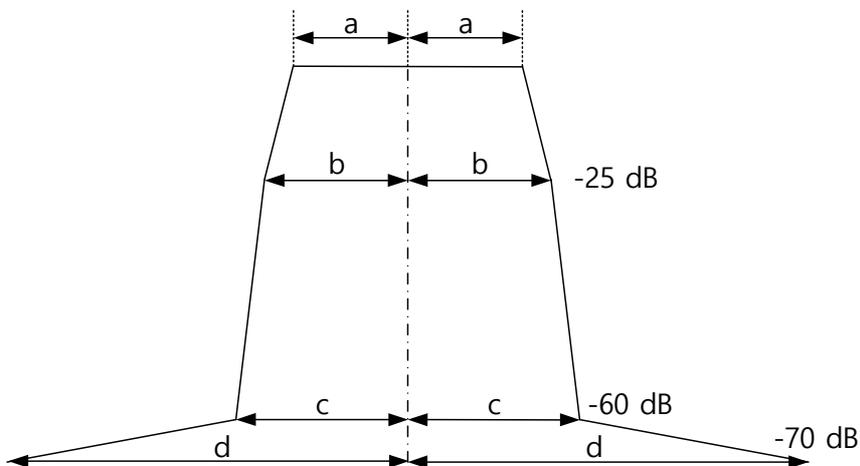


(그림 5-2) 선형화 슬롯 송신 마스크 특성

5.3 인접채널 간섭 요구사항

데이터 채널과 톤 채널은 다음의 수신 스펙트럼 마스크 조건을 만족해야 한다.

- 데이터 채널 : a 는 0.54MHz, b는 0.54MHz, c는 0.625 MHz, d는 1.25 MHz
- 톤 채널 : a 는 90kHz, b는 100kHz, c는 100 kHz, d는 125 kHz



(그림 5-3) 수신 마스크 특성

6 통신 물리 계층 규격

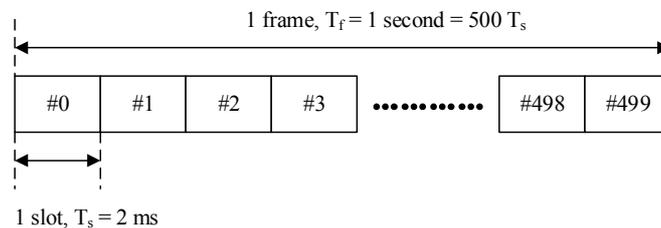
무인비행장치 분산 통신의 채널 유형은 두가지에 대하여 기술한다. 데이터 채널과 톤 채널의 프레임 길이는 공통으로 1 초이다. 슬롯의 개수도 500 개로 같다. 데이터 채널의 슬롯에는 변조된 신호가 보내진다. 톤 채널의 슬롯에는 톤 신호가 보내진다. 앞으로 데이터 채널의 슬롯은 데이터 슬롯 톤 채널의 슬롯은 톤 슬롯으로 지칭한다. 톤 슬롯은 경쟁 톤 채널의 경우 33 개의 부슬롯들로 구성되며, 정보 톤 채널의 경우 40 개의 부슬롯들로 구성된다. 깨움 톤 채널에서 깨움 톤 종료 후에 톤 슬롯 패턴이 있을 경우, 이 톤 슬롯 패턴은 정보 톤 슬롯과 같은 구성을 가진다.

6.1 물리 계층 전송 프레임 구조

6.1.1 데이터 채널

6.1.1.1 프레임 구조

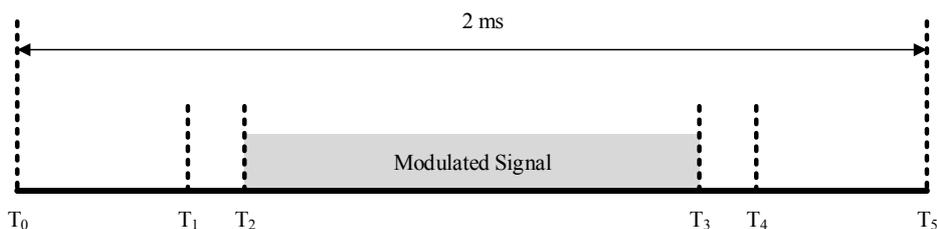
데이터 채널의 프레임 길이는 1초이고, 500 개의 슬롯으로 이루어진다. 한 슬롯의 시간 T_s 는 2 ms 이다. 프레임 길이와 슬롯 개수는 데이터 채널과 톤 채널이 동일하다. 프레임 번호는 1분을 주기로 0 에서 59까지 변화한다.



(그림 6-1) 데이터 채널 프레임 구조

6.1.1.2 슬롯 송신 시간 마스크

데이터 채널의 변조 방식은 PSK와 FMT 의 두가지가 있다. 이에 따른 송신 시간 마스크는 각각 다음과 같다. 여기서, T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 는 T_0 으로부터의 심볼 오프셋이며, 심볼 시간은 1/672000 sec 이다.

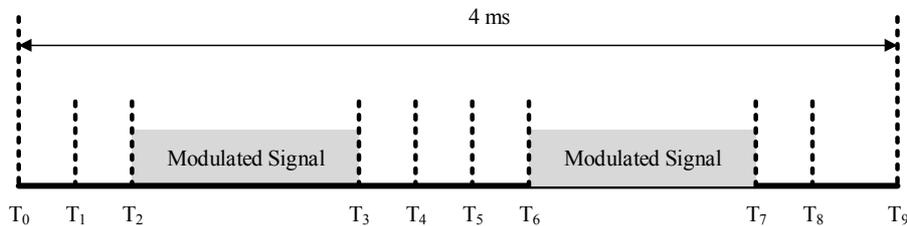


(그림 6-2) 데이터 슬롯 송신 시간 마스크

- PSK : T_1 은 33, T_2 는 35, T_3 는 1330, T_4 는 1332, T_5 는 1334.
- FMT : T_1 은 33, T_2 는 35, T_3 는 1331, T_4 는 1333, T_5 는 1344.

여기서, T_0 는 슬롯의 시작에서 $0 \mu s$ 의 오프셋을 가진다. T_1 은 파워 앰프가 gate on 되는 시점으로, 변조되지 않은 미세 신호가 전송되기 시작한다. T_2 는 변조 신호의 전송이 시작되는 시점이다. T_3 는 변조 신호의 전송이 종료되는 시점이다. T_4 는 파워 앰프가 gate off 되는 시점으로 변조되지 않은 미세 신호의 전송이 중지되는 시점이다. T_1 에서 T_2 의 구간과 T_3 에서 T_4 의 구간의 송신 파워는 변조 신호 송신 파워보다 50dB 이상 작아야 한다.

슬롯 블록 2인 경우의 송신 시간 마스크는 각각 다음과 같다.

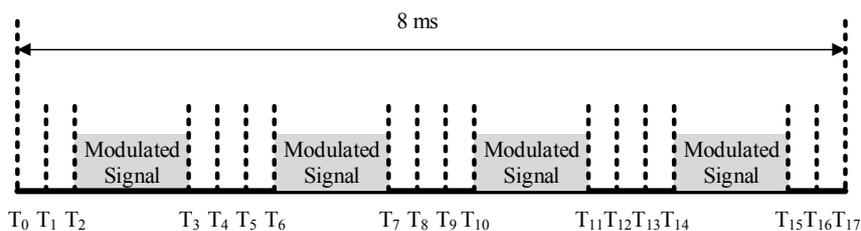


(그림 6-3) 슬롯 블록 2인 데이터 슬롯 송신 시간 마스크

- PSK : T_1 은 72, T_2 는 74, T_3 는 1369, T_4 는 1371, T_5 는 1379, T_6 는 1381, T_7 는 2676, T_8 는 2678, T_9 는 2688.
- FMT : T_1 은 72, T_2 는 74, T_3 는 1370, T_4 는 1372, T_5 는 1380, T_6 는 1382, T_7 는 2678, T_8 는 2680, T_9 는 2688.

여기서, T_0 는 슬롯의 시작에서 $0 \mu s$ 의 오프셋을 가진다. T_1 은 파워 앰프가 gate on 되는 시점으로, 변조되지 않은 미세 신호가 전송되기 시작한다. T_2 는 변조 신호의 전송이 시작되는 시점이다. T_3 는 변조 신호의 전송이 종료되는 시점이다. T_4 는 파워 앰프가 gate off 되는 시점으로 변조되지 않은 미세 신호의 전송이 중지되는 시점이다. T_1 에서 T_2 의 구간과 T_3 에서 T_4 의 구간의 송신 파워는 변조 신호 송신 파워보다 50dB 이상 작아야 한다.

슬롯 블록 4인 경우의 송신 시간 마스크는 각각 다음과 같다.



(그림 6-4) 슬롯 블록 4인 데이터 슬롯 송신 시간 마스크

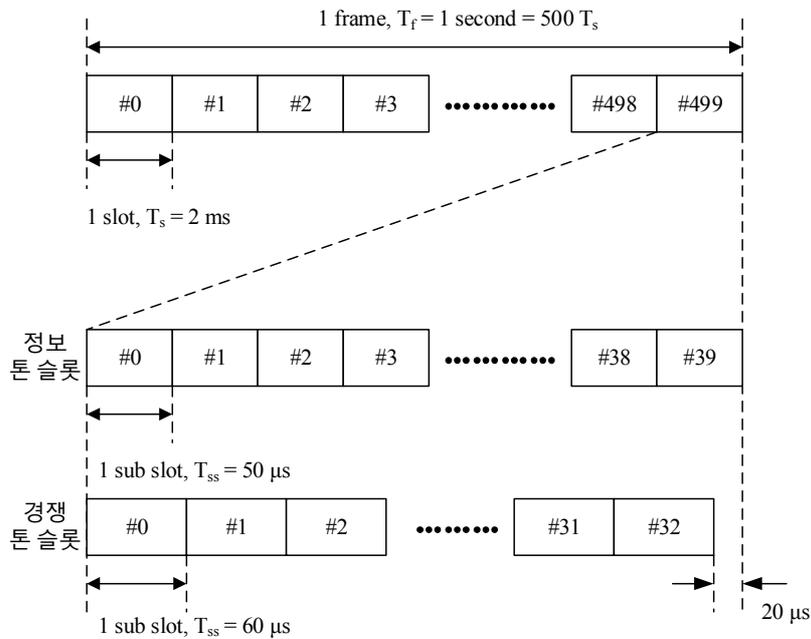
- PSK : T_1 은 152, T_2 는 154, T_3 는 1449, T_4 는 1451, T_5 는 1457.5, T_6 는 1459.5, T_7 는 2754.5, T_8 는 2756.5, T_9 는 2763, T_{10} 는 2765, T_{11} 는 4060, T_{12} 는 4062, T_{13} 는 4068.0, T_{14} 는 4070.5, T_{15} 는 5365.5, T_{16} 는 5367.5, T_{17} 는 5376
- FMT : T_1 은 152, T_2 는 154, T_3 는 1450, T_4 는 1452, T_5 는 1457.5, T_6 는 1459.5, T_7 는 2755.5, T_8 는 2757.5, T_9 는 2763, T_{10} 는 2765, T_{11} 는 4061, T_{12} 는 4063, T_{13} 는 4068.0, T_{14} 는 4070.5, T_{15} 는 5366.5, T_{16} 는 5368.5, T_{17} 는 5376

여기서, T_0 는 슬롯의 시작에서 $0 \mu s$ 의 옵셋을 가진다. T_1 은 파워 앰프가 gate on 되는 시점으로, 변조되지 않은 미세 신호가 전송되기 시작한다. T_2 는 변조 신호의 전송이 시작되는 시점이다. T_3 는 변조 신호의 전송이 종료되는 시점이다. T_4 는 파워 앰프가 gate off 되는 시점으로 변조되지 않은 미세 신호의 전송이 중지되는 시점이다. T_1 에서 T_2 의 구간과 T_3 에서 T_4 의 구간의 송신 파워는 변조 신호 송신 파워보다 50dB 이상 작아야 한다.

6.1.2 톤 채널

6.1.2.1 프레임 구조

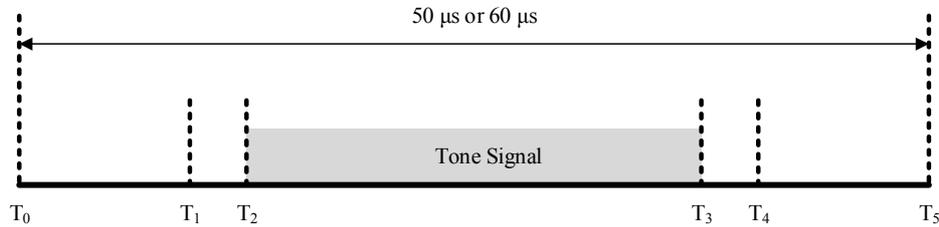
톤 채널의 프레임 길이와 슬롯 개수는 데이터 채널과 동일하다. 톤 채널의 슬롯은 40 혹은 33 개의 부슬롯들로 구성된다. 각각의 경우에 대하여, T_{ss} 는 $50 \mu s$ 혹은 $60 \mu s$ 이다.



(그림 6-5) 톤 채널 프레임 구조

6.1.2.2 부슬롯 송신 시간 마스크

톤 슬롯의 부슬롯 개수는 40개 혹은 33개이다. 이에 따른 송신 시간 마스크는 각각 다음과 같다. 여기서, T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 는 T_0 으로부터의 시간 오프셋이다.



(그림 6-6) 톤 부슬롯 송신 시간 마스크

- 40개 : T_1 은 4 μ s, T_2 는 5 μ s, T_3 는 45 μ s, T_4 는 46 μ s, T_5 는 50 μ s.
- 33개 : T_1 은 9 μ s, T_2 는 10 μ s, T_3 는 50 μ s, T_4 는 51 μ s, T_5 는 60 μ s.

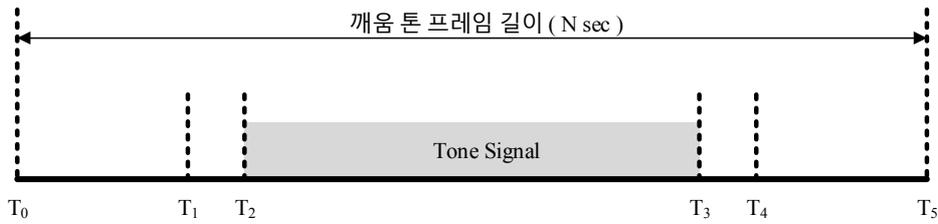
여기서, 부슬롯 개수 40개인 경우, T_0 는 부슬롯의 시작에서 -5 μ s 의 오프셋을 가지고, 부슬롯 개수 33개인 경우, T_0 는 부슬롯의 시작에서 -10 μ s 의 오프셋을 가진다. T_1 은 파워 앰프가 gate on 되는 시점으로, 변조되지 않은 미세 신호가 전송되기 시작한다. T_2 는 변조 신호의 전송이 시작되는 시점으로 (식 6-1)에서 $t=0$ 인 지점이다. T_3 는 변조 신호의 전송이 종료되는 시점이다. T_4 는 파워 앰프가 gate off 되는 시점으로 변조되지 않은 미세 신호의 전송이 중지되는 시점이다. T_1 에서 T_2 의 구간과 T_3 에서 T_4 의 구간의 송신 파워는 변조 신호 송신 파워보다 50dB 이상 작아야 한다. 깨움 톤 채널에서 깨움 톤 종료 후에 톤 슬롯 패턴이 있을 경우, 이 톤 슬롯 패턴은 정보 톤 슬롯과 같은 구성을 가지며, 같은 톤 부슬롯 송신 시간 마스크를 가진다.

슬롯 블록이 적용된 경우도 (그림 6-6)가 반복되어 전송된다. 즉, 슬롯 블록의 유무와 상관없이 (그림 6-6)가 적용된다.

6.1.2.3 깨움 톤 신호의 시간 마스크

깨움 톤 신호가 부슬롯 단위로 송신될 경우의 송신 시간 마스크는 정보 톤 슬롯의 송신 시간 마스크와 같다.

깨움 톤 신호가 처음부터 끝까지 연속해서 송신될 경우의 송신 시간 마스크는 다음과 같다. 여기서, T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 는 T_0 으로부터의 시간 오프셋이다.



(그림 6-7) 깨움 톤 송신 시간 마스크

- $N \neq 0.5$: T_1 은 $4 \mu s$, T_2 는 $5 \mu s$, T_3 는 $N \text{ sec} - 5 \mu s$, T_4 는 $N \text{ sec} - 4 \mu s$, T_5 는 $N \text{ sec}$

- $N=0.5$: T_1 은 $500ms + 4 \mu s$, T_2 는 $500ms + 5 \mu s$, T_3 는 $1 \text{ sec} - 5 \mu s$, T_4 는 $1 \text{ sec} - 4 \mu s$, T_5 는 1 sec

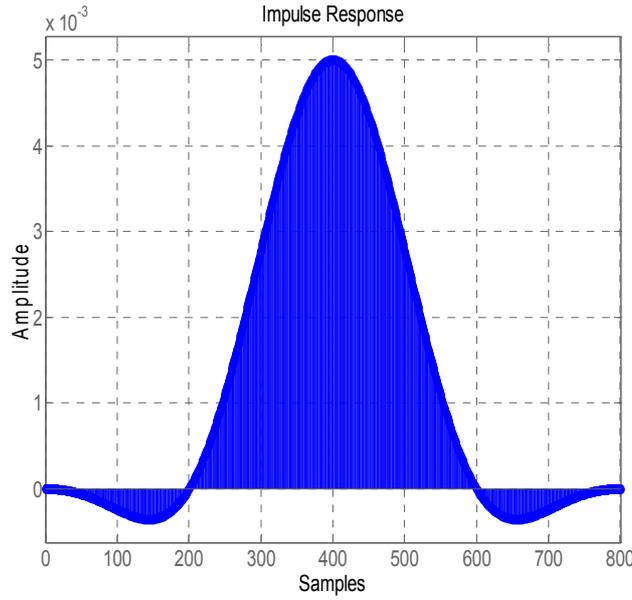
여기서, N 은 깨움 톤 길이이다. T_0 는 슬롯의 시작에서 $-5 \mu s$ 의 오프셋을 가진다. T_1 은 파워 앰프가 gate on 되는 시점으로, 변조되지 않은 미세 신호가 전송되기 시작한다. T_2 는 변조 신호의 전송이 시작되는 시점이다. T_3 는 변조 신호의 전송이 종료되는 시점이다. T_4 는 파워 앰프가 gate off 되는 시점으로 변조되지 않은 미세 신호의 전송이 중지되는 시점이다. T_5 는 슬롯의 끝이다. T_1 에서 T_2 의 구간과 T_3 에서 T_4 의 구간의 송신 파워는 변조 신호 송신 파워보다 50dB 이상 작아야 한다.

6.1.2.4 부슬롯 신호 파형

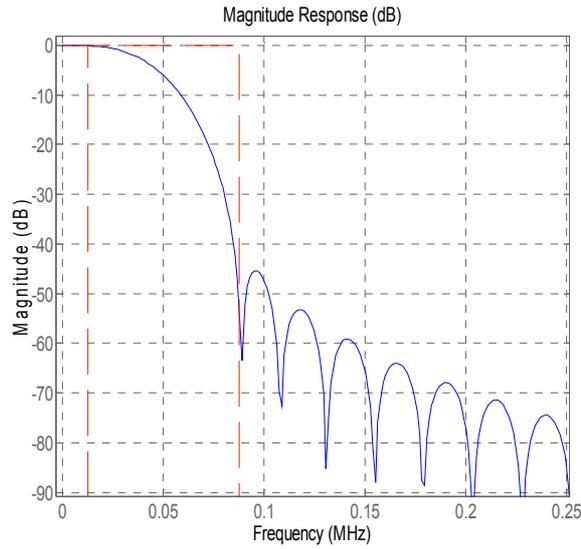
부슬롯 송신 신호의 파형은 상승 코사인 함수를 사용한다. 부슬롯 신호는 다음의 수식에 의하여 생성된다.

$$g(t; \alpha) = \frac{\cos(\pi\alpha(t - 2T)/T)}{1 - (2\alpha(t - 2T)/T)^2} \text{sinc}\left(\frac{(t - 2T)}{T}\right), \quad \alpha = 0.75, \quad T = 10\mu\text{sec}, \quad 0 \leq t \leq 4T \quad (\text{식 6-1})$$

20Msps 의 샘플링 레이트로 표현된 부슬롯 신호의 파형과 주파수 스펙트럼이 아래에 보여진다.



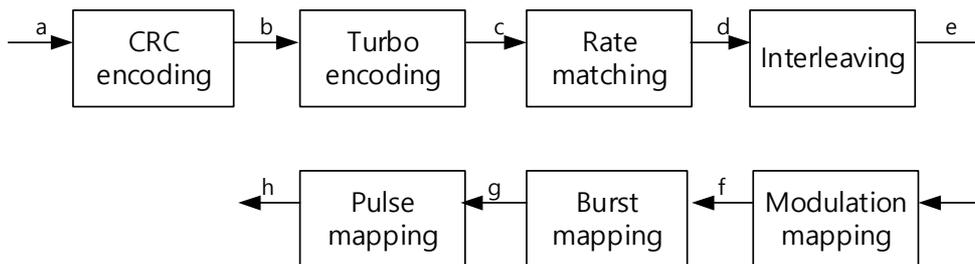
(그림 6-8) 부슬롯 신호 파형



(그림 6-9) 부슬롯 신호의 스펙트럼

6.2 부호화

부호화는 다음과 같은 절차에 따른다. CRC 부호화, 필터 삽입, 터보 부호화, 레이 트 매칭, 인터리빙, 변조 매핑, 버스트 매핑, 펄스 매핑이 차례로 이루어진다.



(그림 6-10) 물리계층 기능 인터페이스

각 변조 방식에 따른 단계별 심볼의 수는 아래와 같다.

<표 6-1> 부호화 단계별 심볼 수

Interface	DQPSK	FMT-QPSK	FMT-16QAM
a	792 (binary)	936 (binary)	2792(binary)
b	816 (binary)	960 (binary)	2816(binary)
c	2460 (binary)	2892 (binary)	5644 (binary)
d	2432 (binary)	2816 (binary)	5632(binary)
e	2432 (binary)	2816 (binary)	5632(binary)
f	1216 (Complex)	1408 (Complex)	1408 (Complex)
g	1288 (Complex)	51×32 (Complex)	51×32 (Complex)
h	1344×12 (Complex)	56×64 (Complex)	56×64 (Complex)

6.2.1 CRC encoding

CRC 계산 블록 입력 비트를 $a_0, a_1, a_2, a_3, \dots, a_{A-1}$, parity 비트를 $p_0, p_1, p_2, p_3, \dots, p_{23}$ 으로 정의한다. 여기서, A 는 입력 시퀀스의 개수를 나타낸다. parity 비트는 다음과 같은 CRC 생성 polynomial 을 통해 생성된다.

$$g_{CRC}(D) = [D^{24} + D^{22} + D^6 + D^5 + D + 1] \quad (\text{식 6-2})$$

상기 cyclic generator polynomial들을 통해 수행된 부호화는 아래와 같이 체계적 형태(Systematic form)를 갖는다. 생성된 polynomial은 GF(2) 상에서 $g_{CRC}(D)$ 로 나눌 경우 remainder가 0 이 된다.

$$a_0D^{A+23} + a_1D^{A+22} + \dots + a_{A-1}D^{24} + p_0D^{23} + p_1D^{22} + \dots + p_{22}D^1 + p_{23} \quad (\text{식 6-3})$$

CRC 삽입 후 비트들은 $b_0, b_1, b_2, b_3, \dots, b_{B-1}$ (여기서 $B = A+24$)로 표현되며, a_k 와 b_k 사이의 관계는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} b_k &= a_k, \text{ for } k = 0, 1, 2, \dots, A-1 \\ b_k &= p_{k-A}, \text{ for } k = A, A+1, A+2, \dots, A+23 \end{aligned} \quad (\text{식 6-4})$$

6.2.2 Turbo encoding

터보 인코더는 2개의 8-state constituent 인코더와 1개의 터보 부호 내부 인터리버를 가진 Parallel Concatenated Convolutional Code(PCCC)로 구성된다. 터보 인코더의 부호화율은 1/3이다. 터보 인코더의 구조는 다음 그림과 같다. PCCC transfer 함수는 다음과 같다.

$$G(D) = \left[1, \frac{g_1(D)}{g_0(D)} \right], \text{ (여기서, } g_0(D)=1+D^2+D^3, g_1(D)=1+D+D^3 \text{)} \quad (\text{식 6-5})$$

터보 인코더의 입력 비트들이 부호화될 때 8-state constituent 인코더의 shift registers의 초기값은 모두 0이 되어야 한다.

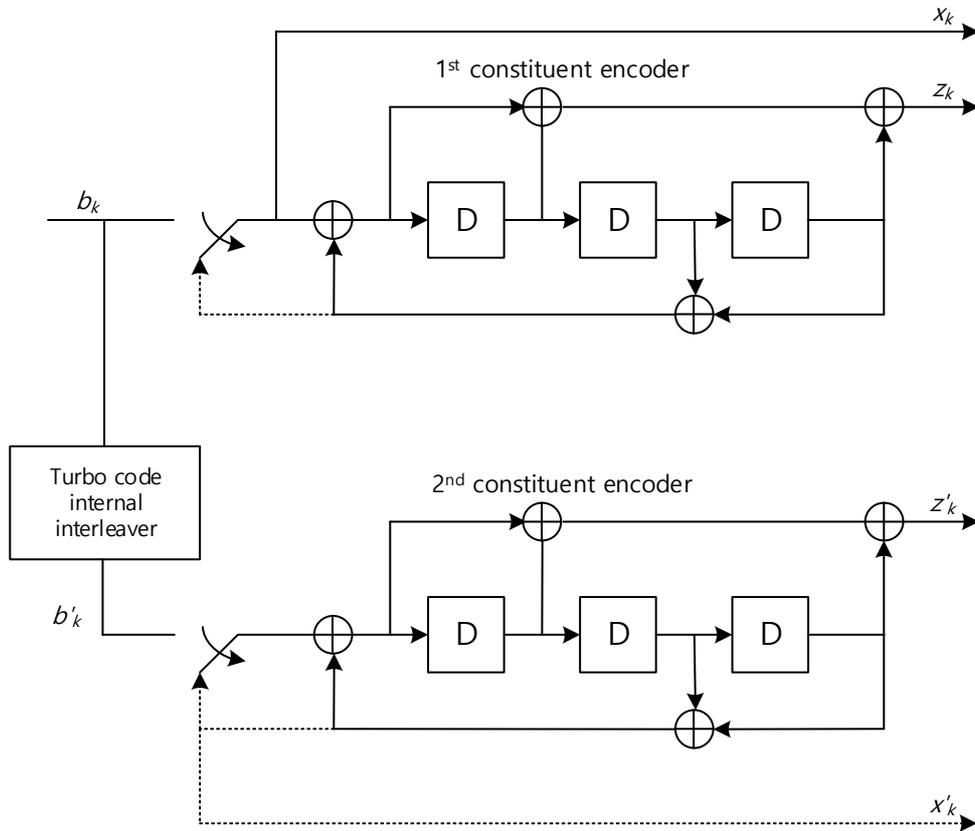
$k=0, 1, 2, \dots, K-1$ 에 대해서 터보 인코더의 출력 값은 DQPSK와 FMT-QPSK의 경우 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} C_{3k} &= X_k \\ C_{3k+1} &= Z_k \\ C_{3k+2} &= Z'_k \end{aligned} \quad (\text{식 6-6})$$

$k=0, 1, 2, \dots, K/2-1$ 에 대해서 터보 인코더의 출력 값은 FMT-16QAM의 경우 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} C_{4k} &= X_{2k} \\ C_{4k+1} &= Z_{2k} \\ C_{4k+2} &= X_{2k+1} \\ C_{4k+3} &= Z'_{2k+1} \end{aligned} \quad (\text{식 6-7})$$

터보 인코더의 입력 비트 $b_0, b_1, b_2, b_3, \dots, b_{B-1}$ 에 대한, 첫 번째와 두 번째 8-state constituent 인코더의 출력 비트들을 $z_0, z_1, z_2, z_3, \dots, z_{B-1}$ 와 $z'_0, z'_1, z'_2, z'_3, \dots, z'_{B-1}$ 으로 표현한다. 또한, 터보 코드 내부 인터리버를 통한 출력 비트들은 $b'_0, b'_1, b'_2, b'_3, \dots, b'_{B-1}$ 로 표현한다. 이 출력 비트들은 두 번째 8-state constituent 인코더의 입력으로 사용된다.



(그림 6-11) 터보 인코더 구조

Trellis termination은 모든 정보 비트들이 부호화 된 후, shift register 피드백으로부터의 tail 비트들을 취함으로써 수행된다. 생성된 Tail bits는 정보 비트들의 인코딩 후에 추가된다.

첫 번째 3 개의 tail 비트들은 첫 번째 constituent 인코더 termination을 위해 사용되고, 두 번째 constituent 인코더에서는 사용되지 않는다. 나머지 3 개의 tail bits는 두 번째 constituent 인코더 termination 위해 사용되며, 첫 번째 constituent encoder에서는 사용되지 않는다.

Trellis termination을 위해 전송되는 비트들은 다음과 같이 정해진다.

$$\begin{aligned}
 C_{3B} &= X_B, C_{3B+3} = Z_{B+1}, C_{3B+6} = X'_B, C_{3B+9} = Z'_{B+1}, \\
 C_{3B+1} &= Z_B, C_{3B+4} = X_{B+2}, C_{3B+7} = Z'_B, C_{3B+10} = X'_{B+2}, \\
 C_{3B+2} &= X_{B+1}, C_{3B+5} = Z_{B+2}, C_{3B+8} = X'_{B+1}, C_{3B+11} = Z'_{B+2},
 \end{aligned}
 \tag{식 6-8}$$

터부 부호 내부 인터리버로의 입력 비트 시퀀스, $b_0, b_1, b_2, b_3, \dots, b_{B-1}$ (여기서, B 는 input bits의 수)와 터보 코드 내부 인터리버로부터 생성된 출력 비트 시퀀스, $b'_0, b'_1, b'_2, b'_3, \dots, b'_{B-1}$ 는 다음과 같은 관계를 갖는다.

$$b'_i = b_j, i=0, 1, \dots, B-1 \tag{식 6-9}$$

여기서, 출력 비트 인덱스 i 와 입력 비트 인덱스 j 사이의 매핑은 부속서 A의 <표

A-1>, <표 A-2>, <표 A-3> 를 따른다. 여기서, j와 i는 다음과 같으며, 행번호와 열번호는 0부터 시작한다.

$$j = \text{표 안의 수} - 1$$

$$i = \text{행번호} \times 16 + \text{열번호} \quad (\text{식 6-10})$$

6.2.3 Rate matching

rate 매칭은 입력 비트 $c_0, c_1, c_2, c_3, \dots, c_{C-1}$ 을 puncturing 함으로써 이루어진다. Puncturing 되는 비트는 C 의 값에 따라 다음과 같다.

C가 2460 인 경우는 아래와 같다.

43, 131, 217, 305, 391, 479, 565, 653, 739, 827, 913, 1001, 1087, 1175, 1261, 1349, 1435, 1523, 1609, 1697, 1783, 1871, 1957, 2045, 2131, 2219, 2305, 2393
(식 6-11)

C가 2892 인 경우는 아래와 같다.

19, 56, 94, 131, 169, 206, 244, 281, 319, 356, 394, 431, 469, 506, 544, 581, 619, 656, 694, 731, 769, 806, 844, 881, 919, 956, 994, 1031, 1069, 1106, 1144, 1181, 1219, 1256, 1294, 1331, 1369, 1406, 1444, 1481, 1519, 1556, 1594, 1631, 1669, 1706, 1744, 1781, 1819, 1856, 1894, 1931, 1969, 2006, 2044, 2081, 2119, 2156, 2194, 2231, 2269, 2306, 2344, 2381, 2419, 2456, 2494, 2531, 2569, 2606, 2644, 2681, 2719, 2756, 2794, 2831
(식 6-12)

C가 5644 인 경우는 아래와 같다.

237, 711, 1177, 1651, 2117, 2591, 3057, 3531, 3997, 4471, 4937, 5411 (식 6-13)

6.2.4 Interleaving

6.2.4.1 DQPSK Interleaving

DQPSK의 인터리빙은 행과 열의 개수가 각각 38, 64 인 블록 인터리빙을 사용한다.

$$e_m = d_n, \quad 0 \leq n \leq 2431$$

$$m = (n \times 64) \% 2432 + \lfloor n / 38 \rfloor, \quad 0 \leq n \leq 2431 \quad (\text{식 6-14})$$

6.2.4.2 FMT Interleaving

FMT-QPSK의 인터리빙은 행과 열의 개수가 각각 44, 64 인 블록 인터리빙을 사용한다.

$$e_m = d_n, \quad 0 \leq n \leq 2815$$

$$m = (n \times 64) \% 2816 + \lfloor n / 44 \rfloor, \quad 0 \leq n \leq 2815 \quad (\text{식 6-15})$$

FMT-16QAM의 인터리빙은 행과 열의 개수가 각각 88, 64 인 블록 인터리빙을 사용한다.

$$e_m = d_n, \quad 0 \leq n \leq 5631$$

$$m = (n \times 64) \% 5632 + \lfloor n / 88 \rfloor, \quad 0 \leq n \leq 5631 \quad (\text{식 6-16})$$

6.2.5 Modulation mapping

6.2.5.1 DQPSK Modulation mapping

DQPSK의 변조 매핑은 입력 비트 e_n 으로부터 복소심볼 f_n 을 생성한다. 두 비트가 다음과 같이 complex number로 매핑된다.

<표 6-3> DQPSK 변조 매핑

$e_{2n} e_{2n+1}$ ($0 \leq n \leq 1215$)	00	01	10	11
f_n	$\exp\left(j\frac{1}{4}\pi\right)$	$\exp\left(j\frac{7}{4}\pi\right)$	$\exp\left(j\frac{3}{4}\pi\right)$	$\exp\left(j\frac{5}{4}\pi\right)$

변조 매핑에서는 Differential 이 적용되지 않는다. Differential 은 burst mapping 에서 적용된다.

6.2.5.2 FMT Modulation mapping

FMT-QPSK의 변조 매핑은 입력 비트 e_0, \dots, e_{2815} 으로부터 복소심볼 f_0, \dots, f_{1407} 를 생성한다. 두 비트가 다음과 같이 complex number로 매핑된다.

<표 6-4> FMT-QPSK 변조 매핑

$e_{2n} e_{2n+1}$ ($0 \leq n \leq 1407$)	00	01	10	11
f_n	$\exp\left(j\frac{1}{4}\pi\right)$	$\exp\left(j\frac{7}{4}\pi\right)$	$\exp\left(j\frac{3}{4}\pi\right)$	$\exp\left(j\frac{5}{4}\pi\right)$

FMT-16QAM의 변조 매핑은 입력 비트 e_0, \dots, e_{5631} 으로부터 복소심볼 f_0, \dots, f_{1407} 를 생성한다. 네 비트가 다음과 같이 complex number로 매핑된다.

<표 6-5> FMT_16QAM 실수부 매핑

$e_{4n} e_{4n+1}$ ($0 \leq n \leq 1407$)	00	01	10	11
$\text{Re}(f_n)$	$3/\sqrt{10}$	$1/\sqrt{10}$	$-3/\sqrt{10}$	$-1/\sqrt{10}$

<표 6-6> FMT_16QAM 허수부 매핑

$e_{4n+2} e_{4n+3}$ ($0 \leq n \leq 1407$)	00	01	10	11
$\text{Im}(f_n)$	$3/\sqrt{10}$	$1/\sqrt{10}$	$-3/\sqrt{10}$	$-1/\sqrt{10}$

6.2.6 Burst mapping

6.2.6.1 DQPSK Burst mapping

입력 비트 f_0, \dots, f_{1215} 으로부터 복소심볼 g_0, \dots, g_{1287} 를 생성한다.

$$g_n = \prod_{k=0}^n c(k), (0 \leq n \leq 1287) \quad (\text{식 6-17})$$

여기서, $c(n)$ 은 <표 6-7>와 같다.

<표 6-7> c(n) 심볼 구성표

n	c(n)	Number of symbols
0, 1	TLS(n)	2
2, ..., 37	PTS ₁ (n-2)	36
38, ..., 443	f _{n-38}	406
444, ..., 459	PTS ₂ (n-444)	16
460, ..., 865	f _{n-54}	406
866, ..., 881	PTS ₂ (n-444)	16
882, ..., 1285	f _{n-70}	404
1286, 1287	TLS(n-1286)	2

여기서, TLS와 PTS₁, PTS₂는 각각 <표 6-8>, <표 6-9>, <표 6-10>와 같다.

<표 6-8> TLS 구성표

TLS(0)	TLS(1)
$\exp\left(j\frac{3}{4}\pi\right)$	$\exp\left(j\frac{7}{4}\pi\right)$

<표 6-9> PTS₁ 구성표

n	PTS ₁ (n)	n	PTS ₁ (n)	n	PTS ₁ (n)
0	$\exp\left(j\frac{5}{4}\pi\right)$	12	$\exp\left(j\frac{5}{4}\pi\right)$	24	$\exp\left(j\frac{7}{4}\pi\right)$
1	$\exp\left(j\frac{7}{4}\pi\right)$	13	$\exp\left(j\frac{1}{4}\pi\right)$	25	$\exp\left(j\frac{5}{4}\pi\right)$
2	$\exp\left(j\frac{7}{4}\pi\right)$	14	$\exp\left(j\frac{1}{4}\pi\right)$	26	$\exp\left(j\frac{7}{4}\pi\right)$
3	$\exp\left(j\frac{5}{4}\pi\right)$	15	$\exp\left(j\frac{5}{4}\pi\right)$	27	$\exp\left(j\frac{1}{4}\pi\right)$
4	$\exp\left(j\frac{1}{4}\pi\right)$	16	$\exp\left(j\frac{7}{4}\pi\right)$	28	$\exp\left(j\frac{5}{4}\pi\right)$

5	$\exp\left(j\frac{1}{4}\pi\right)$	17	$\exp\left(j\frac{1}{4}\pi\right)$	29	$\exp\left(j\frac{3}{4}\pi\right)$
6	$\exp\left(j\frac{3}{4}\pi\right)$	18	$\exp\left(j\frac{5}{4}\pi\right)$	30	$\exp\left(j\frac{3}{4}\pi\right)$
7	$\exp\left(j\frac{5}{4}\pi\right)$	19	$\exp\left(j\frac{3}{4}\pi\right)$	31	$\exp\left(j\frac{1}{4}\pi\right)$
8	$\exp\left(j\frac{3}{4}\pi\right)$	20	$\exp\left(j\frac{7}{4}\pi\right)$	32	$\exp\left(j\frac{1}{4}\pi\right)$
9	$\exp\left(j\frac{1}{4}\pi\right)$	21	$\exp\left(j\frac{1}{4}\pi\right)$	33	$\exp\left(j\frac{5}{4}\pi\right)$
10	$\exp\left(j\frac{5}{4}\pi\right)$	22	$\exp\left(j\frac{1}{4}\pi\right)$	34	$\exp\left(j\frac{3}{4}\pi\right)$
11	$\exp\left(j\frac{5}{4}\pi\right)$	23	$\exp\left(j\frac{3}{4}\pi\right)$	35	$\exp\left(j\frac{7}{4}\pi\right)$

<표 6-10> PTS₂ 구성표

n	PTS ₂ (n)	n	PTS ₂ (n)	n	PTS ₂ (n)
0	$\exp\left(j\frac{1}{4}\pi\right)$	6	$\exp\left(j\frac{5}{4}\pi\right)$	12	$\exp\left(j\frac{3}{4}\pi\right)$
1	$\exp\left(j\frac{3}{4}\pi\right)$	7	$\exp\left(j\frac{3}{4}\pi\right)$	13	$\exp\left(j\frac{3}{4}\pi\right)$
2	$\exp\left(j\frac{1}{4}\pi\right)$	8	$\exp\left(j\frac{5}{4}\pi\right)$	14	$\exp\left(j\frac{1}{4}\pi\right)$
3	$\exp\left(j\frac{7}{4}\pi\right)$	9	$\exp\left(j\frac{7}{4}\pi\right)$	15	$\exp\left(j\frac{7}{4}\pi\right)$
4	$\exp\left(j\frac{7}{4}\pi\right)$	10	$\exp\left(j\frac{5}{4}\pi\right)$		
5	$\exp\left(j\frac{3}{4}\pi\right)$	11	$\exp\left(j\frac{7}{4}\pi\right)$		

6.2.6.2 FMT Burst mapping

FMT 에 대한 Burst 형태는 QPSK, 16QAM 가 동일하다. 총 51개의 FMT 변조 심볼이 있고, 각 심볼은 32개의 서브캐리어로 구성된다. 3개는 동기 FMT 변조 심볼이고, 나머지 48개의 심볼은 데이터와 파일럿 FMT 변조 심볼이다. FMT(a,b) 로 표

정보통신단체표준(국문표준)

15, 16, 17, 18, 19	$352 \leq m < 512$	160
20	$512 \leq m < 528$	16
21, 22, 23, 24, 25	$528 \leq m < 688$	160
26	$688 \leq m < 704$	16
27, 28, 29, 30, 31	$704 \leq m < 864$	160
32	$864 \leq m < 880$	16
33, 34, 35, 36, 37	$880 \leq m < 1040$	160
38	$1040 \leq m < 1056$	16
39, 40, 41, 42, 43	$1056 \leq m < 1216$	160
44	$1216 \leq m < 1232$	16
45, 46, 47, 48, 49	$1232 \leq m < 1392$	160
50	$1392 \leq m < 1408$	16

<표 6-12> synchronization symbol 정의

n	π radian	n	π radian	n	π radian
0	-0.43253	32	0.30753	64	-0.43253
1	-0.57262	33	0.19762	65	-0.57262
2	0.91410	34	0.46090	66	0.91410
3	0.77733	35	0.34767	67	0.77733
4	0.63921	36	0.23579	68	0.63921
5	-0.48052	37	-0.89448	69	-0.48052
6	0.38733	38	-0.01233	70	0.38733
7	0.81992	39	-0.69492	71	0.81992
8	-0.35346	40	0.22846	72	-0.35346
9	-0.97904	41	0.60404	73	-0.97904
10	0.44834	42	0.92666	74	0.44834
11	-0.08524	43	-0.78976	75	-0.08524
12	0.89652	44	-0.02152	76	0.89652

정보통신단체표준(국문표준)

13	0.25480	45	0.37020	77	0.25480
14	-0.86183	46	-0.76317	78	-0.86183
15	-0.14760	47	0.27260	79	-0.14760
16	0.14760	48	-0.27260	80	0.14760
17	0.86183	49	0.76317	81	0.86183
18	-0.25480	50	-0.37020	82	-0.25480
19	-0.89652	51	0.02152	83	-0.89652
20	0.08524	52	0.78976	84	0.08524
21	-0.44834	53	-0.92666	85	-0.44834
22	0.97904	54	-0.60404	86	0.97904
23	0.35346	55	-0.22846	87	0.35346
24	-0.81992	56	0.69492	88	-0.81992
25	-0.38733	57	0.01233	89	-0.38733
26	0.48052	58	0.89448	90	0.48052
27	-0.63921	59	-0.23579	91	-0.63921
28	-0.77733	60	-0.34767	92	-0.77733
29	-0.91410	61	-0.46090	93	-0.91410
30	0.57262	62	-0.19762	94	0.57262
31	0.43253	63	-0.30753	95	0.43253

<표 6-13> pilot symbol 정의

n	π radian	n	π radian	n	π radian	n	π radian
0	0.18698	32	0.93698	64	0.68698	96	0.18698
1	-0.86232	33	0.88768	65	-0.36232	97	-0.86232
2	0.61575	34	-0.63425	66	-0.88425	98	0.61575
3	0.32835	35	0.07835	67	0.82835	99	0.32835
4	0.28252	36	-0.96748	68	0.78252	100	0.28252
5	0.00507	37	-0.24493	69	0.50507	101	0.00507
6	-0.90175	38	-0.15175	70	-0.40175	102	-0.90175
7	0.38085	39	0.13085	71	0.88085	103	0.38085

8	0.64770	40	0.89770	72	0.14770	104	0.64770
9	0.97821	41	0.22821	73	0.47821	105	0.97821
10	-0.39380	42	-0.14380	74	-0.89380	106	-0.39380
11	0.61394	43	-0.13606	75	0.11394	107	0.61394
12	-0.41484	44	-0.16484	76	-0.91484	108	-0.41484
13	0.15275	45	-0.59725	77	-0.34725	109	0.15275
14	0.38768	46	0.63768	78	-0.11232	110	0.38768
15	0.59595	47	-0.15405	79	0.09595	111	0.59595
16	-0.93802	48	-0.68802	80	-0.81302	112	-0.93802
17	-0.48732	49	0.76268	81	0.13768	113	-0.48732
18	0.49075	50	0.74075	82	-0.38425	114	0.49075
19	-0.29665	51	0.95335	83	-0.67165	115	-0.29665
20	-0.84248	52	-0.59248	84	-0.71748	116	-0.84248
21	0.38007	53	-0.36993	85	-0.99493	117	0.38007
22	0.97325	54	-0.77675	86	0.09825	118	0.97325
23	-0.24415	55	-0.99415	87	-0.61915	119	-0.24415
24	0.27270	56	0.02270	88	-0.35230	120	0.27270
25	0.10321	57	0.85321	89	-0.02179	121	0.10321
26	0.23120	58	-0.01880	90	0.60620	122	0.23120
27	0.73894	59	-0.51106	91	-0.38606	123	0.73894
28	-0.78984	60	0.96016	92	0.58516	124	-0.78984
29	-0.72225	61	0.02775	93	-0.84725	125	-0.72225
30	-0.98732	62	0.76268	94	-0.61232	126	-0.98732
31	0.72095	63	-0.52905	95	-0.40405	127	0.72095

6.2.7 Pulse mapping

6.2.7.1 DQPSK Pulse mapping

복소 심볼 g_m 을 복소 신호 h_n 으로 변환한다. 여기서, 필터의 오버샘플링 속도는 12배이다.

$0 \leq n < 1344 \times 12$ 에 대해, 복소신호는 다음과 같이 정의된다.

$$i_n = w(t) \sum_{k=0}^{1287} p(t - (k + 29)T_s) h_k \Big|_{t=\frac{nT_s}{12}} = w\left(\frac{nT_s}{12}\right) \sum_{k=0}^{1287} p\left(\left(\frac{n}{12} - k - 29\right)T_s\right) h_k \quad (\text{식 6-19})$$

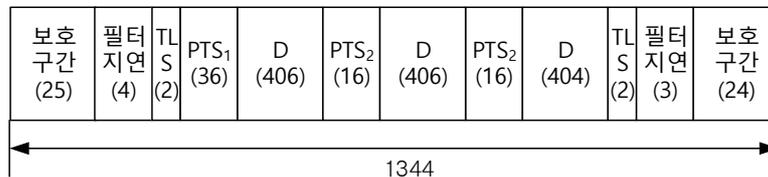
여기서 symbol duration T_s 는 672 KHz의 역수이고 pulse shape $p(t)$ 는 다음과 같이 roll-off factor 0.35의 SRRC 함수로 정의된다.

$$p(t) = \frac{1}{1 + \frac{(1-\alpha)\pi}{4\alpha}} \frac{\cos\left(\frac{(1+\alpha)\pi t}{T_s}\right) + \frac{\sin\left(\frac{(1-\alpha)\pi t}{T_s}\right)}{\frac{4\alpha t}{T_s}}}{1 - \left(\frac{4\alpha t}{T_s}\right)^2} \Big|_{\alpha=0.35} \quad (\text{식 6-20})$$

Window function $w(t)$ 은 다음과 같이 정의된다.

$$w(t) = \begin{cases} \frac{1}{2} \left\{ 1 - \cos\left(\frac{\pi}{2T_s}(t - 25T_s)\right) \right\}, & 25T_s \leq t < 27T_s \\ 1, & 27T_s \leq t < 1318T_s \\ \frac{1}{2} \left\{ 1 - \cos\left(\frac{\pi}{2T_s}(t - 1320T_s)\right) \right\}, & 1318T_s \leq t < 1320T_s \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (\text{식 6-21})$$

한 slot duration 동안 전송되는 신호를 도시하면 (그림 6-15)와 같다. D는 modulation mapping 출력을 나타낸다.



(그림 6-15) DQPSK 슬롯 구성

6.2.7.2 FMT Pulse mapping

복소 심볼 g_m 을 복소 신호 h_n 으로 변환한다.

Impulse train 형태의 burst를 low-pass filtering 한다.

- Symbol duration: $T = 1/28000$ sec (or symbol rates 28 KHz)
- Excess bandwidth: $\nu/M = 1/8$
- Pulse filter latency: $t_0 = n_0T/(M+\nu)$
- Number of subcarriers: $M=64$
- Subcarrier frequency: $f_m = \frac{1}{T} \left(m - \frac{M-1}{2} \right) \left(1 + \frac{\nu}{M} \right)$ (or subcarrier spacing $28(1 + \nu/M)$ KHz = 31.5 KHz)
- Number of symbols within a slot: $K=54$
- Number of occupied subcarriers : $N_{sc} = 32$

$$\begin{aligned}
 i_n &= w_c(t) \sum_{m=0}^{N_{sc}-1} \sum_{k=0}^{K-1} \exp \left(j2\pi f_{m+\frac{M-N_{sc}}{2}} (t-t_0) \right) p_c(t-kT) h_{N_{sc}k+m} \Big|_{t=\frac{nT}{M+\nu}} \\
 &= w_c \left(\frac{nT}{M+\nu} \right) \sum_{k=0}^{K-1} p_c \left(\left(\frac{n}{M+\nu} - k \right) T \right) \sum_{m=0}^{N_{sc}-1} \exp \left(j2\pi \frac{(n-n_0) \left(m - \frac{N_{sc}}{2} + \frac{1}{2} \right)}{M} \right) h_{N_{sc}k+m} \\
 &= w(n) \exp \left(j\pi \frac{(n-n_0)}{M} \right) \sum_{k=0}^{K-1} p(n - (M+\nu)k) \sum_{m=0}^{N_{sc}-1} \exp \left(j2\pi \frac{(n-n_0) \left(m - \frac{N_{sc}}{2} + \frac{1}{2} \right)}{M} \right) h_{N_{sc}k+m} \quad (\text{식 6-22})
 \end{aligned}$$

Square root raised cosine (SRRC) pulse: discrete $p(n)$ and continuous time signal $p_c(t)$

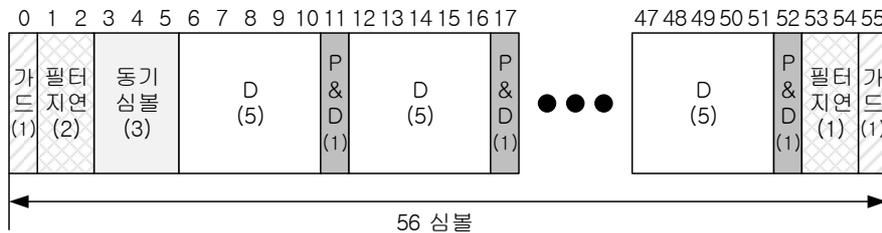
$$\begin{aligned}
 p(n) &= p_c \left(\frac{nT}{M+\nu} \right) \\
 p_c(t+t_0) &= \frac{1}{1 + \frac{(1-\alpha)\pi}{4\alpha}} \frac{\cos \left(\frac{(1+\alpha)\pi t}{T} \right) + \frac{\sin \left(\frac{(1-\alpha)\pi t}{T} \right)}{\frac{4\alpha t}{T}}}{1 - \left(\frac{4\alpha t}{T} \right)^2} \Big|_{\alpha=0.2} \quad (\text{식 6-23})
 \end{aligned}$$

Tapering window: discrete $w(n)$ and continuous time signal $w_c(t)$

$$w(n) = w_c \left(\frac{nT}{M+\nu} \right)$$

$$w_c(t) = \begin{cases} \frac{1}{2} \left\{ 1 - \cos \left(\frac{\pi}{T} (t - t_0 + 2T) \right) \right\}, & t_0 - 2T \leq t < t_0 - T \\ 1, & t_0 - T \leq t < t_0 + KT \\ \frac{1}{2} \left\{ 1 - \cos \left(\frac{\pi}{T} (t - t_0 - KT - T) \right) \right\}, & t_0 + KT \leq t < t_0 + (K+1)T \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (\text{식 6-24})$$

Nonzero segment인 i_{n+n_0} , $-2 \leq \frac{n}{M+v} < K+1$ 을 slot 시작점으로부터 ramp-up 구간 이후 송출한다. 따라서, 전송 심볼의 구성은 (그림 6-16)와 같게 된다. 한 전송 심볼은 (M+v)의 길이를 갖는다.



(그림 6-16) FMT 슬롯 구성

6.2.7.2.1 FMT PAPR 요구사항

h_n 신호 전송 구간의 평균 파워는 최대 송신 파워를 넘을 수 없다. 또한, h_n 신호의 순간 최대 파워는 최대 송신 파워보다 7dB 이상 커서는 안된다.

6.3 물리계층 절차

6.3.1 프레임 동기

모든 메시지는 UTC 절대 시간을 기준으로 전송되어야 한다. 모든 시간은 UTC (Coordinated Universal Time)에 대해서 측정된다. UTC 오차는 0.1 μ s 이하이어야 하며, 상위 계층에서는 더 작은 오차를 요구할 수 있다.

6.3.2 전력 제어

일반적으로 전력 제어는 이루어지지 않는다. 그러나, 상위 계층은 특정 슬롯에 대해서 전송 전력을 지정할 수 있다.

6.3.3 측정

물리 계층은 다음과 같은 파라미터를 측정할 수 있는 능력을 갖추어야 한다. 즉, 슬롯 맵, 톤 부슬롯 수신 신호 파워, 깨움 톤 수신 신호 파워, 데이터 수신 신호 파워, 수신된 톤 부슬롯 신호의 전파 지연 시간, 수신된 데이터 신호의 전파 지연 시간 등이다. 수신 전력 결정 지점은 수신 안테나 connector 이어야 한다.

7 데이터 링크 계층 규격

데이터 링크 계층은 일대일 통신, 일대다 통신, 다대다 통신을 수행하기 위한 단말의 행동을 기술한다.

기본적으로 단말들이 스스로 슬롯 자원을 할당하고, 자원을 반납하는 절차를 기술한다. 또한, 할당된 자원에 충돌이 일어날 경우, 충돌을 검출하는 절차를 기술한다. 일대다 통신에서는 기본적 절차에 추가적으로 ACK 송수신 관련 절차를 기술한다. 다대다 통신에서는 기본적 절차에 추가적으로 시퀀스 관련 절차를 기술한다.

일부 데이터 링크 계층 규격은 상위 계층으로부터 결정된다. 상위 계층은 서비스 규격에 따라 다르다. 분산 통신에서의 데이터 링크 계층은 중앙 제어형 통신에서의 데이터 링크 계층과 특성이 다르다. 즉, 분산 통신의 데이터 링크 계층은 일반적인 중앙 제어형 통신의 MAC 계층의 대부분과 LLC 계층의 일부를 포함하고 있다.

본 통신 표준에서는 슬롯과 채널이 사용된다. 한 채널의 TDMA 슬롯의 개수는 초당 500 개이다. 채널은 데이터 채널과 톤 채널이 있으며, 두 채널은 상호 매핑되어 동작한다. 데이터 채널과 톤 채널의 개수는 상위 계층에서 정의한다.

한 채널에 대하여 프레임과 슬롯은 유연하게 설계될 수 있다.

- 특정 슬롯들에 대하여 프레임의 길이는 1초 보다 더 짧거나 더 길 수 있다.
- 특정 단말을 위한 슬롯들을 지정할 수 있다.
- 특정 슬롯들의 송신 파워를 지정할 수 있다.
- 복수개 슬롯 그룹을 구성할 수 있다.
- 슬롯 블록을 구성할 수 있다.

7.1 슬롯

슬롯에는 데이터 슬롯과 톤 슬롯이 있다. 데이터 슬롯은 데이터 채널에 있는 슬롯을 의미하고, 방송 슬롯, 대화 슬롯의 종류가 있다. 톤 슬롯은 톤 채널에 있는 슬롯을 의미하며, 톤 슬롯에는 경쟁 톤 슬롯과 정보 톤 슬롯과 깨움 톤 슬롯이 있다.

7.1.1 데이터 슬롯

데이터 슬롯에는 방송 슬롯과 대화 슬롯이 있다. 일반 슬롯은 일반 방송 슬롯과 일반 대화 슬롯을 함께 지칭한다. 고정 슬롯은 고정 방송 슬롯과 고정 대화 슬롯을

함께 지칭한다. 지정 슬롯은 지정 방송 슬롯과 지정 대화 슬롯을 함께 지칭한다.

7.1.1.1 방송 슬롯

방송 슬롯은 단말이 자신의 정보를 일방적으로 방송하기 위하여 사용하는 슬롯이다. 그러나, 대화 슬롯과의 상호 작용을 할 경우에는 대화 슬롯의 정보를 대신 보낼 수 있다. 방송 슬롯을 할당하는 방식에 따라 일반 방송 슬롯, 고정 방송 슬롯, 지정 방송 슬롯으로 구분된다.

- 일반 방송 슬롯 : 모든 단말들이 경쟁을 통해서 할당할 수 있는 방송 슬롯.
- 고정 방송 슬롯 : 특정 단말들이 경쟁을 통해서 할당할 수 있는 방송 슬롯.
- 지정 방송 슬롯 : 특정 단말들이 경쟁 없이 지정 할당하여 사용하는 방송 슬롯.

7.1.1.2 대화 슬롯

대화 슬롯은 주로 단말이 상대방과 정보를 주고 받기 위하여 사용하는 슬롯이다. 그러나, 대화 슬롯에는 방송 데이터를 포함하는 것이 허용된다. 대화 슬롯을 할당하는 방식에 따라 일반 대화 슬롯, 고정 대화 슬롯, 지정 대화 슬롯으로 구분된다.

- 일반 대화 슬롯 : 모든 단말들이 경쟁을 통해서 할당할 수 있는 대화 슬롯.
- 고정 대화 슬롯 : 특정 단말들이 경쟁을 통해서 할당할 수 있는 대화 슬롯.
- 지정 대화 슬롯 : 특정 단말들이 경쟁 없이 지정 할당하여 사용하는 대화 슬롯.

7.1.1.3 슬롯 그룹

슬롯 그룹은 프레임 내의 복수의 슬롯들로 구성된다. 슬롯 그룹을 구성하는 것은 서비스 계층의 역할이다. 단말은 슬롯 그룹에 속한 슬롯들 중의 한 슬롯을 할당하면, 해당 슬롯 그룹에 속한 모든 슬롯들을 할당하게 된다. 슬롯 그룹을 점유하는 단말 혹은 단말들은 슬롯 그룹에 속한 모든 슬롯에서 '슬롯 클리어링'을 수행해야 한다.

7.1.1.4 일대다 슬롯과 다대다 슬롯

일대다 슬롯은 한 단말이 신호를 전송하고 복수의 단말들이 신호를 수신하는 슬롯을 의미한다. 다대다 슬롯은 슬롯을 전송하는 단말이 지속적으로 변화할 수 있는 일대다 슬롯을 의미한다.

일대다, 다대다 슬롯이 동적으로 할당된 경우, 그룹 슬롯 클리어링이 수행된다. 일대다, 다대다 슬롯은 고정 대화 슬롯으로 구성이 가능하며, 이 경우 그룹 슬롯 클리어링의 수행 여부는 상위 계층에서 결정한다.

7.1.2 톤 슬롯

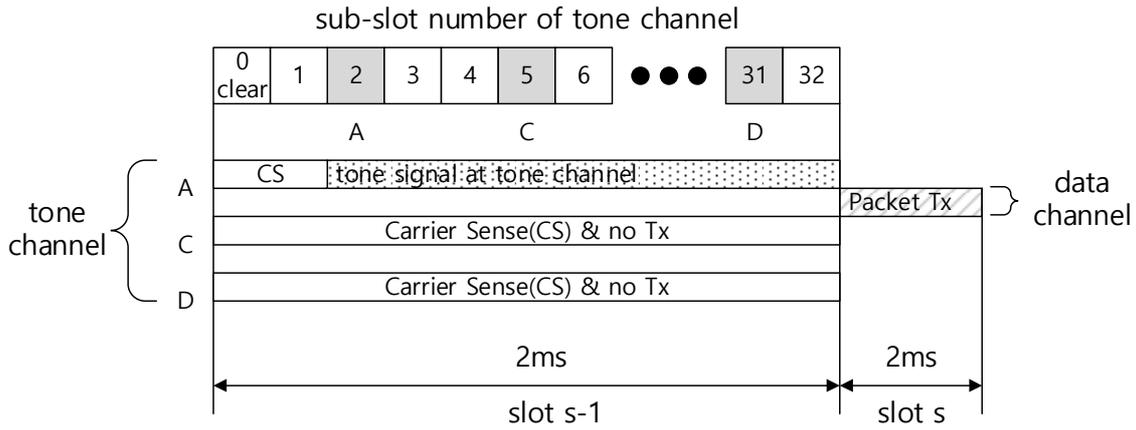
톤 슬롯에는 경쟁 톤 슬롯과 정보 톤 슬롯과 깨움 톤 슬롯이 있다. 경쟁 톤 슬롯의 부슬롯 개수는 33개이고, 깨움 톤 슬롯의 부슬롯 개수는 40개이고, 정보 톤 슬롯의 부슬롯 개수는 40개이다.

7.1.2.1 경쟁 톤 슬롯

경쟁 톤 슬롯은 슬롯 할당을 위하여 단말들이 경쟁을 벌이는 슬롯이다. 단말은 데이터 채널의 일반 방송 슬롯, 고정 방송 슬롯, 일반 대화 슬롯, 고정 대화 슬롯을 사용하기 전에 톤 채널의 경쟁 톤 슬롯을 이용하여 경쟁을 벌여야 한다. 이러한 경쟁에 우선 순위를 부여하기 위해서, 우선권 부슬롯과 우선권 부슬롯 그룹을 사용하며, 확률적 우선권을 부여하기 위하여 중첩 부슬롯 그룹을 사용한다. 경쟁 톤 슬롯은 단말이 해당 슬롯을 점유한 이후에는 클리어링을 수행하는 용도로 사용된다. 클리어링이 수행될 때에는 실시간 충돌 감지를 위한 충돌 감지 패턴이 포함되며, 정보를 전달하기 위한 톤 슬롯 패턴도 포함될 수 있다. 또한, 클리어링이 수행될 때는 각각의 부슬롯에 정보를 매핑시켜 전송할 수 있다.

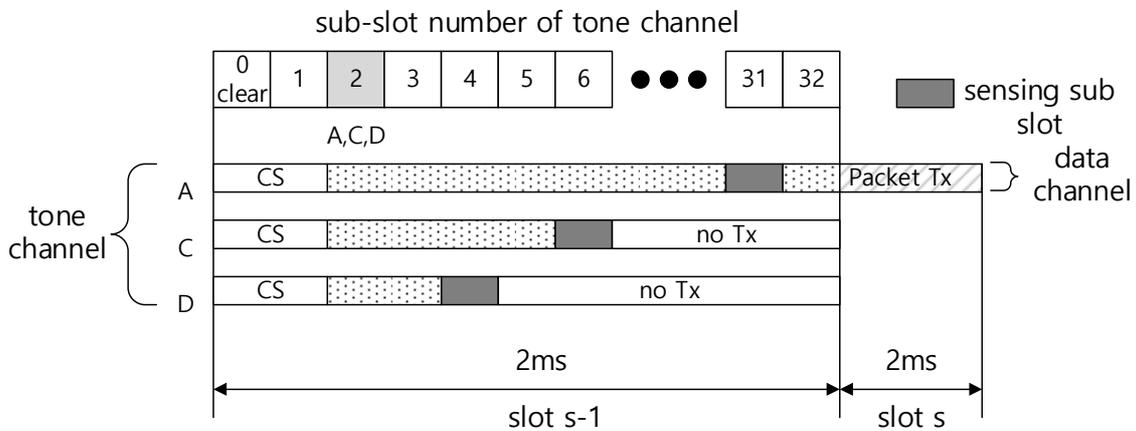
7.1.2.1.1 경쟁 톤 슬롯의 경쟁 방식

톤 슬롯 경쟁은 제 1 경쟁과 제 2 경쟁으로 나뉜다. 경쟁을 위해서, 톤 슬롯은 33개의 경쟁 톤 부슬롯으로 나누어진다. 제 1 경쟁은 경쟁 시작 부슬롯 SS_{start} 부터 SS_{32} 까지의 부슬롯 중에서 제 1 부슬롯을 선택하고, 제 1 부슬롯 이전까지 캐리어 센싱을 수행한다. 캐리어 센싱 결과가 '신호 검출'이면, 경쟁에서 진 것으로 판단한다. 캐리어 센싱 결과가 '신호 불검출'이면, 제 1 부슬롯부터 SS_{32} 까지의 부슬롯에 경쟁 톤 신호를 전송한다. 제 2 경쟁은 제 1 부슬롯부터 SS_{32} 까지의 부슬롯들 중에서 제 2 부슬롯을 선택한다. 단말은 제 2 부슬롯에서 경쟁 톤 신호를 전송하지 않고 캐리어 센싱을 수행한다. 수행 결과가 '신호 검출'이면 경쟁에서 진 것으로 판단하고 더 이상 경쟁 톤 신호를 전송하지 않는다. 수행 결과가 '신호 불검출'이면 제 2 부슬롯 다음의 부슬롯부터 SS_{32} 까지의 부슬롯에 경쟁 톤 신호를 전송한다. 따라서, 가장 늦은 번호의 제 2 부슬롯을 선택한 단말이 제 2 경쟁에서 승리한다.



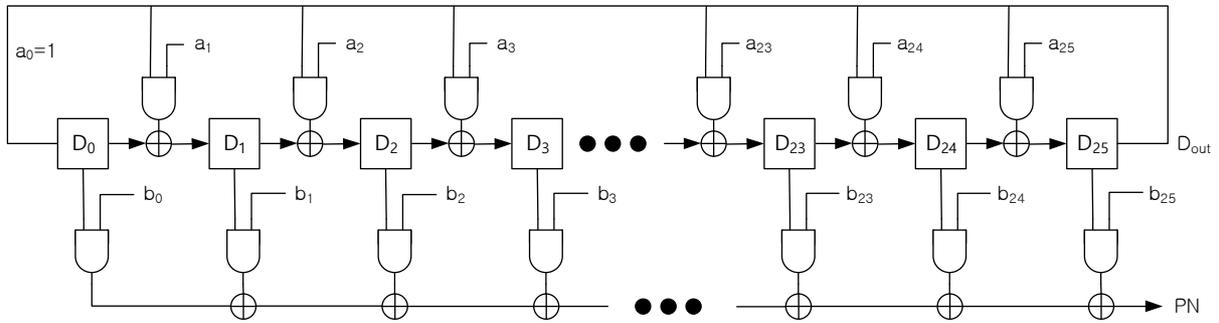
(그림 7-1) 제 1 경쟁 예시

예를 들어 (그림 7-1) 에서 세 단말 A, C, D 가 경쟁을 수행할 때, A, C, D 가 각각 부슬롯 2번, 5번, 31번을 선택하여, A 가 제 1 경쟁에서 승리한다. 제 1 경쟁 이후에 제 2 경쟁이 수행된다. (그림 7-2) 에서 제 2 경쟁의 예가 보여진다. 여기서, A, C, D 가 모두 같은 제 1 부슬롯을 2번으로 선택했다. 제 2 경쟁은 제 1 부슬롯을 같은 번호로 선택한 여부와 관계 없이 수행된다. 이 예시에서 A, C, D는 각각 31번, 6번, 4번 부슬롯을 제 2 부슬롯으로 선택하여, A 가 최종적으로 경쟁에 승리한다.



(그림 7-2) 제 2 경쟁 예시

제 1 부슬롯과 제 2 부슬롯의 선택하기 위하여 아래의 PN 코드 생성기를 사용한다.



(그림 7-3) 부슬롯 선택을 위한 PN 코드 생성기

여기서, $[D_{25}, D_{24}, \dots, D_0]$ 의 초기 값과 $[a_{25}, a_{24}, \dots, a_0]$, $[b_{25}, b_{24}, \dots, b_0]$ 의 값은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 [D_{25}, D_{24}, \dots, D_0]_{ini} &= [SA_{25}, SA_{24}, \dots, SA_0] \\
 [a_{25}, a_{24}, \dots, a_{17}] &= [S_8, S_7, \dots, S_0] \\
 [a_{16}, a_{15}, \dots, a_{11}] &= [F_5, F_4, \dots, F_0] \\
 [a_{10}, a_9, \dots, a_1, a_0] &= [M_5, M_4, M_3, M_2, M_1, M_0, H_3, H_2, H_1, H_0, 1] \\
 [b_{25}, b_{24}, \dots, b_0] &= [SA_0, SA_1, \dots, SA_{25}] \\
 PN &= (D_0 \& b_0) \wedge (D_1 \& b_1) \dots \wedge (D_{25} \& b_{25}) \\
 N_{PN1} &= [PN(12), PN(11), \dots, PN(1), PN(0)] \\
 N_{PN2} &= [PN(25), PN(24), \dots, PN(14), PN(13)] \\
 SS_{first} &= SS_{start} + \text{floor}((N_{PN1} * (33 - SS_{start})) / 2^{13}) \\
 SS_{second} &= SS_{first} + 1 + \text{floor}((N_{PN2} * (32 - SS_{first})) / 2^{13}) \tag{식 7-1}
 \end{aligned}$$

여기서, SA 는 단말의 근원 주소(source address) 의 하위 비트이고, F 는 프레임 번호이고, S 는 슬롯 번호이고, M 은 분(minute)을 의미하고, H 는 오전과 오후가 12 시간으로 이루어진 시(hour)를 의미하며, 1에서 12까지의 값을 가진다. PN(0) 는 PN 레지스터에 초기 값이 로딩되었을 때의 PN 값을 의미한다. floor(x) 는 x 보다 작은 정수 중에서 가장 큰 정수를 의미한다.

현재 시간을 알지 못하는 B 동기 단말은 $[a_{16}, a_{15}, \dots, a_1]$ 의 각 비트를 모두 '1' 로 세팅한다.

제 1 부슬롯 번호는 SS_{first} 이다. 제 2 부슬롯 번호는 SS_{second} 이다. 만약 제 1 부슬롯 번호가 32 이면, 제 2 경쟁은 수행되지 않는다.

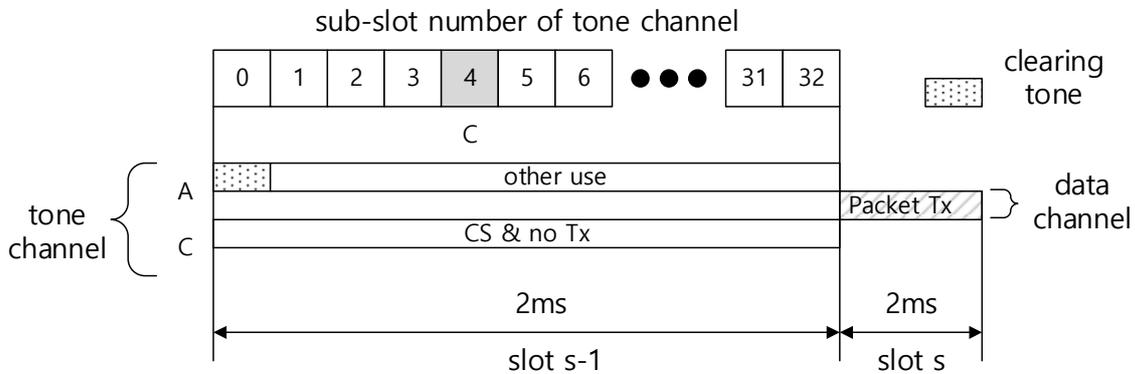
7.1.2.1.2 클리어링 부슬롯

클리어링 부슬롯에는 슬롯 클리어링 부슬롯과 ACK 클리어링 부슬롯이 있다. 클리어링 부슬롯에서 경쟁 톤 신호를 전송하는 것을 '클리어링'이라고 부른다. 방송 슬롯에는 슬롯 클리어링 부슬롯만이 있고, 대화 슬롯에는 슬롯 클리어링 부슬롯과 ACK 클리어링 부슬롯이 모두 존재한다. 그러나, 대화 슬롯에서도 단말은 슬롯이 점유되지 않은 경우에만 ACK 클리어링 부슬롯을 사용하며, 해당 슬롯을 이미 점유

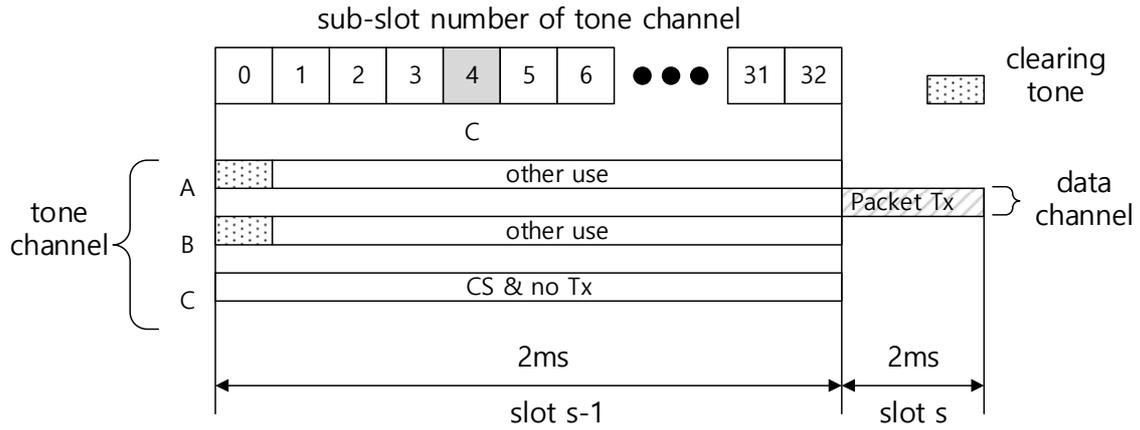
한 경우에는 ACK 클리어링 부슬롯을 사용하지 않고 슬롯 클리어링 부슬롯을 사용한다.

슬롯 클리어링 부슬롯은 이미 슬롯을 점유한 단말이 제 1 경쟁에서 이기고, 다른 단말들은 지도록 하는 목적으로 경쟁 톤 슬롯의 앞쪽에 할당된다. 슬롯을 점유하지 못한 단말은 제 1 경쟁에서 제 1 부슬롯을 선택할 때, 슬롯 클리어링 부슬롯 이후의 슬롯들 중에서 한 슬롯을 선택해야 한다. 이와 같이 클리어링 부슬롯을 사용하여 다른 단말들이 해당 슬롯을 사용하지 못하게 하는 것을 ‘슬롯 클리어링’이라고 부른다. 또, 클리어링 부슬롯에서 전송하는 톤 신호를 ‘클리어링 톤’이라고 부른다. 슬롯 클리어링에는 방송 슬롯 클리어링, 대화 슬롯 클리어링, 그룹 슬롯 클리어링이 있다. 방송 슬롯 클리어링은 해당 방송 슬롯을 점유중인 한 단말이 클리어링 톤을 전송한다. 대화 슬롯 클리어링은 해당 대화 슬롯을 점유중인 두 단말이 클리어링 톤을 전송한다. 그룹 슬롯 클리어링은 해당 대화 슬롯을 점유중인 복수의 단말들이 클리어링 톤을 전송한다. 이와 같이 슬롯 클리어링은 슬롯을 점유하기 위하여 사용된다.

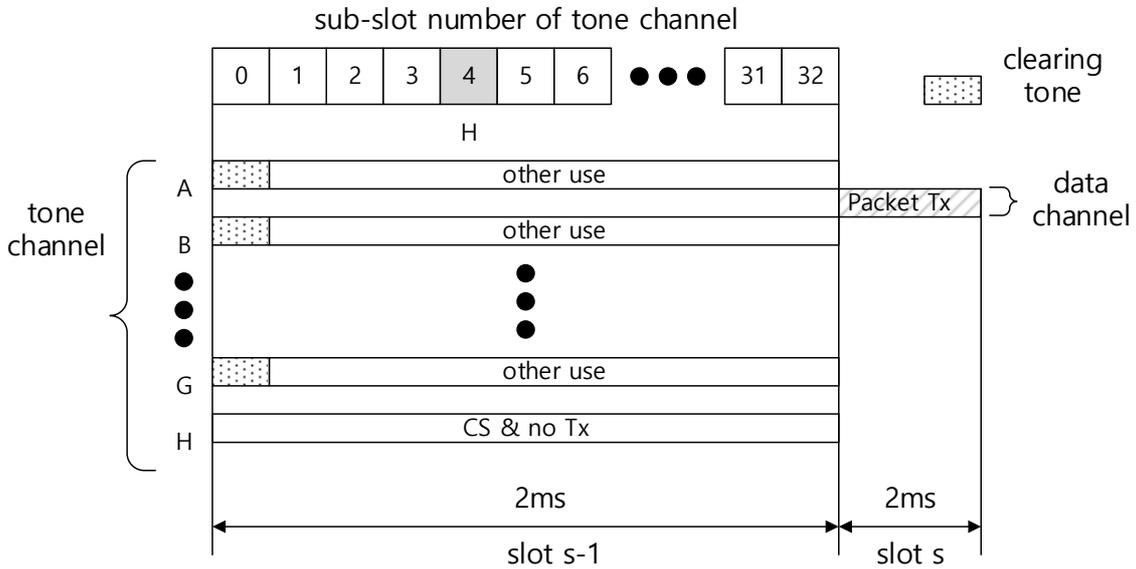
ACK 클리어링 부슬롯에서 경쟁 톤 신호를 전송하는 것을 ‘ACK 클리어링’이라고 부른다. ACK 클리어링은 점유되지 않은 슬롯에서 ACK를 송신하거나 수신해야 하는 단말이 다른 단말들을 강제로 제 1 경쟁에서 지도록 하는 목적으로 경쟁 톤 슬롯의 앞쪽에 할당된다. 이때, ACK 클리어링 부슬롯은 슬롯 클리어링 부슬롯보다는 뒤쪽에 위치한다.



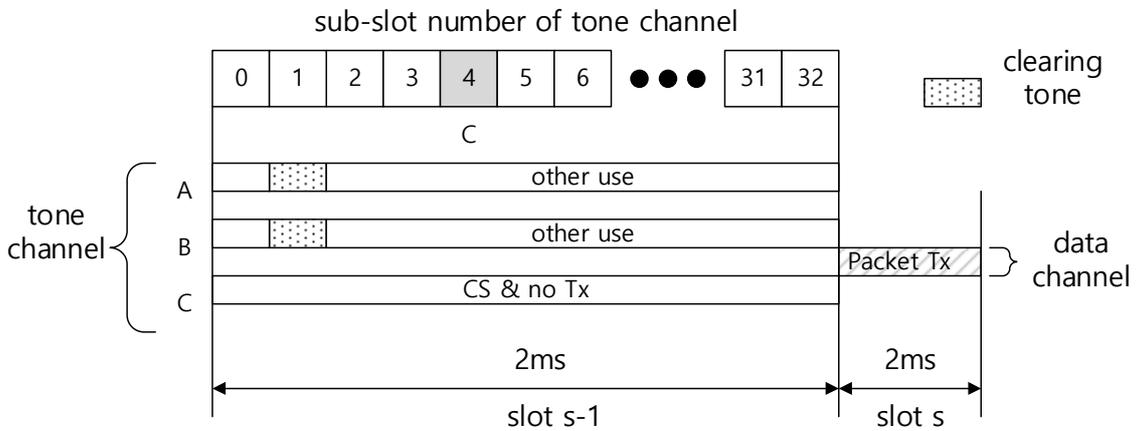
(그림 7-4) 한 단말 A에 의한 방송 슬롯 클리어링 예



(그림 7-5) 두 단말 A와 B에 의한 대화 슬롯 클리어링 예



(그림 7-6) 복수의 단말에 의한 그룹 슬롯 클리어링 예



(그림 7-7) 두 단말 A와 B에 의한 ACK 클리어링 예

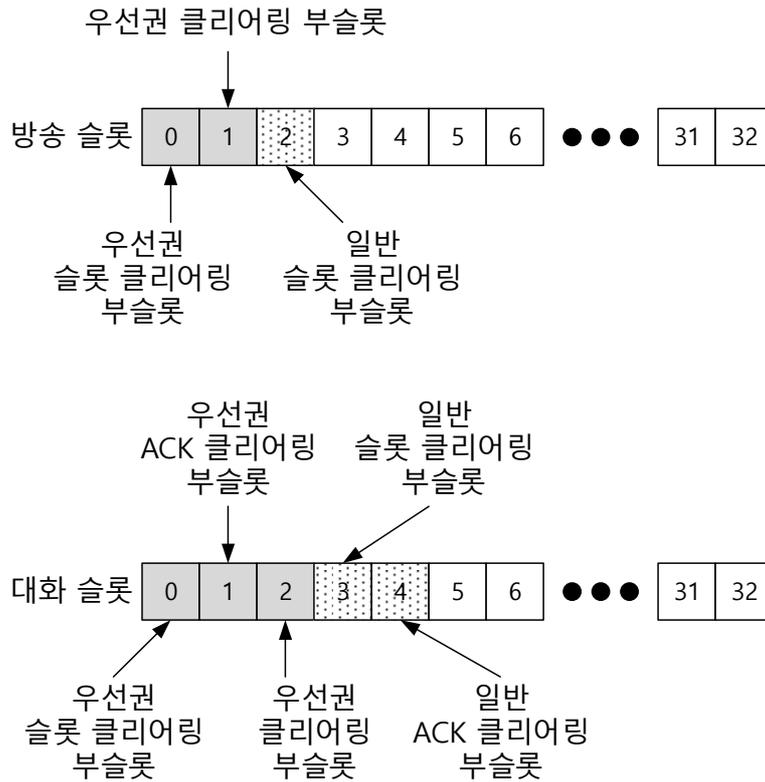
7.1.2.1.3 우선권 클리어링 부슬롯

우선권 클리어링 부슬롯에서 경쟁 톤 신호를 전송하는 것을 ‘우선권 클리어링’이라고 부른다. 우선권 클리어링은 우선권이 있는 단말이 우선권이 없는 단말을 슬롯 점유 경쟁에서 배제할 목적으로 수행된다. 우선권 슬롯에서 우선 순위가 없는 단말들은 강제로 제 1 경쟁에서 지게 된다.

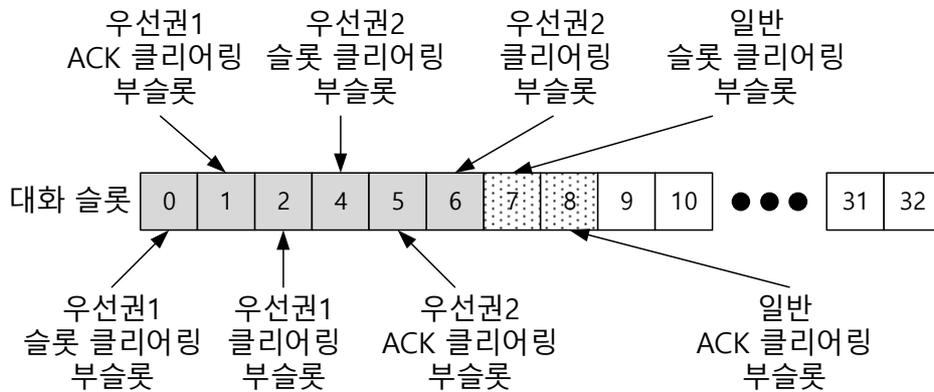
점유가 가능한 방송 슬롯의 경우, 우선권 단말의 슬롯 클리어링 다음에 우선권 클리어링 부슬롯이 존재한다. 하나의 우선권이 설정되었다면, 세번째 슬롯이 일반 단말의 슬롯 클리어링 부슬롯이 된다. 우선권 단말은 우선권 클리어링 부슬롯의 다음 슬롯부터 마지막 슬롯까지의 부슬롯 중에서 한 부슬롯을 제 1 경쟁 부슬롯으로 선택한다. 제 1 부슬롯을 선택하는 방법은 7.1.2.1.1 절의 방법과 같다. 즉, 제 1 부슬롯 번호 SS_{first} 은 $N_{PN1}(0)$ 이 $(33-SS_{start})$ 보다 작으면, $N_{PN1}(0)+SS_{start}$ 의 값을 가진다. 그렇지 않다면, 상기 조건을 만족할 때까지 n 을 1부터 증가시키면서 계산한다. 제 2 부슬롯을 선택하는 방법도 7.1.2.1.1 절의 방법과 같다. 점유될 수 없는 일회성 방송 슬롯의 경우, 슬롯 클리어링이 수행되지 않기 때문에, 첫번째 부슬롯이 우선권 클리어링 부슬롯이 된다. 우선권 단말은 우선권 클리어링 부슬롯의 다음 슬롯부터 제 1 경쟁 부슬롯을 선택할 수 있다.

대화 슬롯에 있어서도, 점유될 수 없는 일회성 대화 슬롯의 경우, 슬롯 클리어링이 수행되지 않기 때문에, 첫번째 부슬롯이 우선권 클리어링 부슬롯이 된다. 점유가 가능한 대화 슬롯의 경우, 우선권 단말의 슬롯 클리어링 다음에 우선권 ACK 클리어링 부슬롯이 존재하며, 세번째 부슬롯이 우선권 클리어링 부슬롯이 된다. 하나의 우선권이 설정되었다면, 네번째 슬롯이 일반 단말의 슬롯 클리어링 부슬롯이 된다. 제 1 부슬롯과 제 2 부슬롯을 선택하는 방법은 7.1.2.1.1 절의 방법과 같으며, 우선권 클리어링 부슬롯의 다음 슬롯부터 제 1 경쟁 부슬롯을 선택할 수 있다. 일반 단말은 ACK 클리어링 다음 부슬롯부터 제 1 경쟁 부슬롯을 선택할 수 있다.

한 슬롯에 복수개의 우선권이 부여될 수 있다. 자세한 우선권 클리어링 부슬롯의 구성은 상위 계층에서 결정한다.



(그림 7-8) 하나의 우선권 설정에 따른 클리어링 부슬롯 구성 예



(그림 7-9) 복수의 우선권 설정에 따른 클리어링 부슬롯 구성 예

7.1.2.1.4 우선권 부슬롯 그룹

우선권 부슬롯 그룹의 구성은 상위 계층에서 지정한다. 단말의 우선권 부슬롯 그룹 사용 여부도 상위 계층에서 지정한다. 우선권 부슬롯 그룹은 우선권이 있는 단말들끼리 경쟁하는 부슬롯들이다. 우선권이 없는 단말들은 제 1 경쟁에서 이 부슬롯 그룹을 선택할 수 없다. 우선권 부슬롯 그룹은 우선권 슬롯 클리어링 부슬롯과 우선권 ACK 클리어링 부슬롯 뒤쪽에 위치한다. ACK 클리어링이 없는 경우, 우선권 슬롯 클리어링 부슬롯 뒤쪽에 위치한다. 우선권 부슬롯 그룹은 한 슬롯에 복수 개가 존재할 수 있다. 우선권이 없는 단말들은 우선권과 관련된 부슬롯들을 제 1 경쟁에서 선택할 수 없다. 우선권이 없는 일반 단말들은 일반 슬롯 클리어링 부슬롯과 일

반 ACK 클리어링 부슬롯을 우선권 관련 부슬롯들 이후에 할당할 수 있다. 우선권 부슬롯 그룹에서 제 1 부슬롯을 선택하는 방법은 7.1.2.1.1 절의 PN 생성기를 이용한다. 우선권 부슬롯 그룹의 시작 부슬롯 번호가 SS_{start} 이고, 마지막 부슬롯 번호가 SS_{end} 이면, 제 1 부슬롯은 다음과 같이 선택한다.

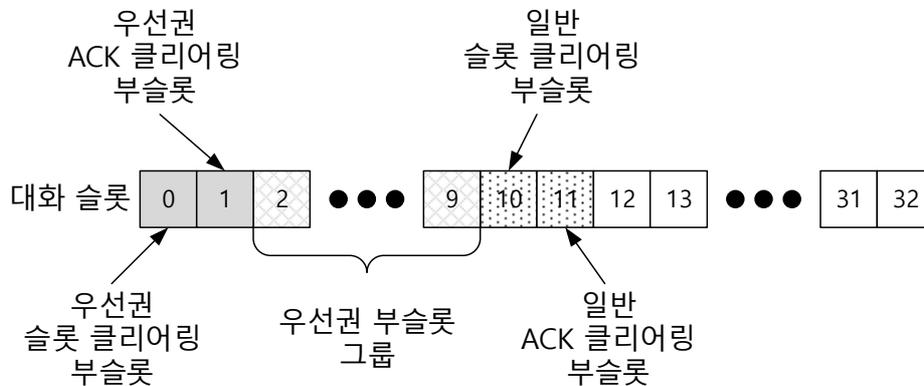
$$N_{PN1} = [PN(12), PN(11), \dots, PN(1), PN(0)]$$

$$SS_{first} = SS_{start} + \text{floor}((N_{PN1} * (SS_{end} - SS_{start} + 1)) / 2^{13}) \quad (\text{식 7-2})$$

제 2 부슬롯을 선택하는 방법은 다음과 같다.

$$N_{PN2} = [PN(25), PN(24), \dots, PN(14), PN(13)]$$

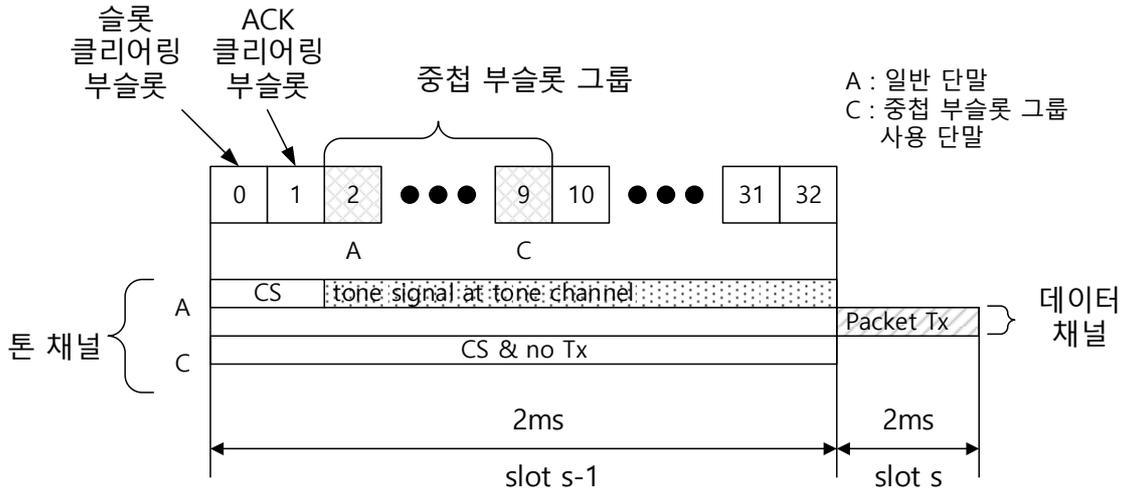
$$SS_{second} = SS_{first} + 1 + \text{floor}((N_{PN2} * (32 - SS_{first})) / 2^{13}) \quad (\text{식 7-3})$$



(그림 7-10) 우선권 부슬롯 그룹 구성 예

7.1.2.1.5 중첩 부슬롯 그룹

중첩 부슬롯 그룹의 구성은 상위 계층에서 지정한다. 단말의 중첩 부슬롯 그룹 사용 여부도 상위 계층에서 지정한다. 단말이 중첩 부슬롯 그룹을 사용할 경우, 제 1 경쟁에서 반드시 중첩 부슬롯 그룹에서 제 1 부슬롯을 선택해야 한다. 중첩 부슬롯 그룹을 사용하지 않는 경우, 단말은 중첩 부슬롯 그룹을 포함한 부슬롯들에서 제 1 슬롯을 선택할 수 있다. 따라서, 중첩 부슬롯 그룹을 사용하는 단말은 경쟁에서 승리할 확률이 높지만, 반드시 일반 단말에 승리하는 것은 아니다. 중첩 부슬롯 그룹에서 제 1 부슬롯을 선택하는 방법은 7.1.2.1.4 절의 방법과 같다. 제 2 부슬롯을 선택하는 방법은 7.1.2.1.1 절과 같다.



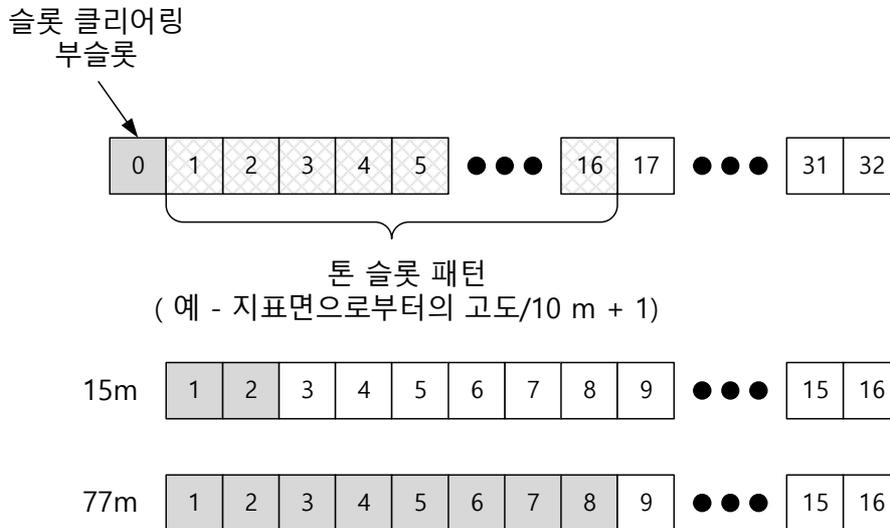
(그림 7-11) 중첩 부슬롯 그룹 단말과 일반 단말과의 경쟁 예

7.1.2.1.6 충돌 감지 패턴

경쟁 톤 슬롯은 단말이 매핑된 데이터 슬롯을 점유할 경우, 슬롯 클리어링 부슬롯이 송신된다. 이후, 충돌 감지를 위한 톤 신호를 전송하는 부슬롯들이 선택된다. 이러한 충돌 감지용 톤 신호들은 임의의 패턴을 가진다. 충돌 감지 패턴이 존재하는 영역은 SS_{start} 에서 SS_{16} 까지의 부슬롯 구간이다. 패턴을 형성하는 방법은 7.6.1.1 절에 기술된다.

7.1.2.1.7 경쟁 톤 슬롯의 톤 슬롯 패턴

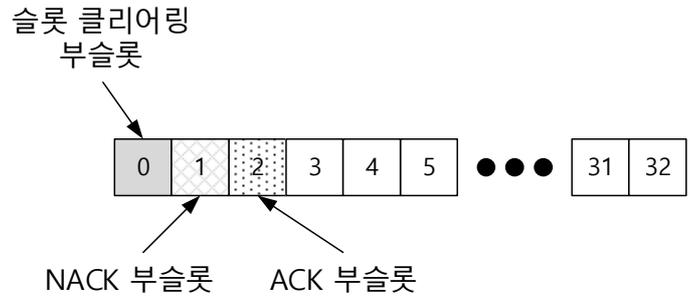
경쟁 톤 슬롯에 톤 슬롯 패턴이 포함될 수 있다. 톤 슬롯 패턴은 클리어링이 수행되는 슬롯에서만 유효하고, 경쟁이 수행되는 슬롯에서는 사용되지 않는다. 톤 슬롯 패턴이 존재하는 영역은 SS_{17} 부터 SS_{32} 까지의 부슬롯 구간이다. 경쟁 톤 슬롯의 톤 슬롯 패턴 구성과 의미는 상위 계층에서 결정한다.



(그림 7-12) 톤 슬롯 패턴 사용 예 - 지표면으로부터의 고도 표시

7.1.2.1.8 ACK 및 NACK 부슬롯

슬롯 클리어링이 수행되는 점유된 슬롯에서, 슬롯 클리어링 이후에 ACK, NACK 부슬롯을 지정할 수 있다. ACK, NACK 부슬롯은, 한 단말이 보낸 정보에 대해서 상대방 단말이 톤 신호로 ACK 혹은 NACK를 전송하기 위한 부슬롯이다. ACK 부슬롯 및 NACK 부슬롯의 개수, 위치 등의 구성은 상위 계층에서 결정한다.



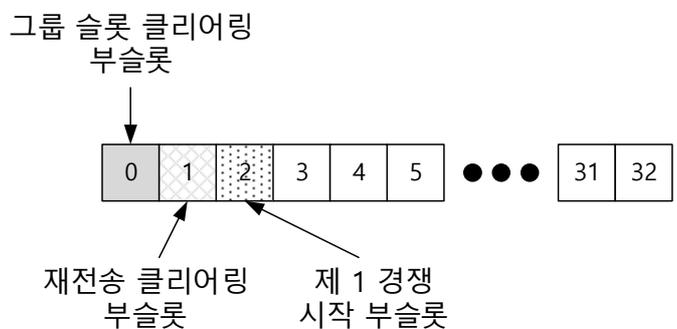
(그림 7-13) ACK 부슬롯 사용 예시

7.1.2.1.9 정보 부슬롯

슬롯 클리어링이 수행되는 점유된 슬롯에서, 슬롯 클리어링 이후에 정보 부슬롯을 지정할 수 있다. 정보 부슬롯은 특정 부슬롯에 특정한 의미를 부여한 부슬롯이다. 정보 부슬롯의 개수, 위치, 부여된 의미는 상위 계층에서 결정한다.

7.1.2.1.10 재전송 클리어링 부슬롯

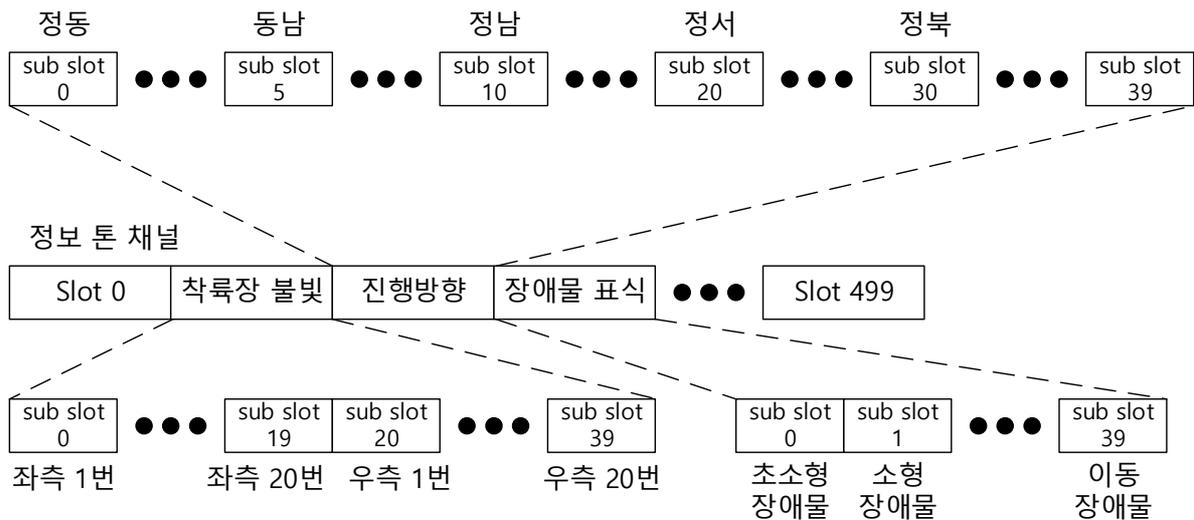
일대다 및 다대다 통신을 위한 그룹 슬롯 클리어링이 수행되는 점유된 슬롯에서, 그룹 슬롯 클리어링 이후에 재전송 클리어링 부슬롯을 지정할 수 있다. 재전송을 수행하는 단말이 다른 단말들을 제 1 경쟁에서 지게 하는 목적으로 사용된다. 재전송 클리어링 부슬롯의 위치는 상위 계층에서 결정한다.



(그림 7-14) 재전송 클리어링 부슬롯 예

7.1.2.2 정보 톤 슬롯

정보 톤 슬롯은 정보를 전달하기 위하여 슬롯에 의미를 부여한 슬롯이다. 톤 슬롯은 하나의 의미가 부여될 수 있다. 또한, 톤 슬롯 내부의 부슬롯들에 다른 의미를 부여할 수 있다. 의미 부여는 상위 계층에서 정의한다. 부슬롯에 의미를 부여할 때, 부슬롯 하나에 의미를 부여할 수도 있다. 또한, 복수의 부슬롯들을 하나의 그룹으로 묶어서 부슬롯 그룹에 의미를 부여할 수도 있다. 이와 관련된 의미 부여는 상위 계층에서 정의한다.



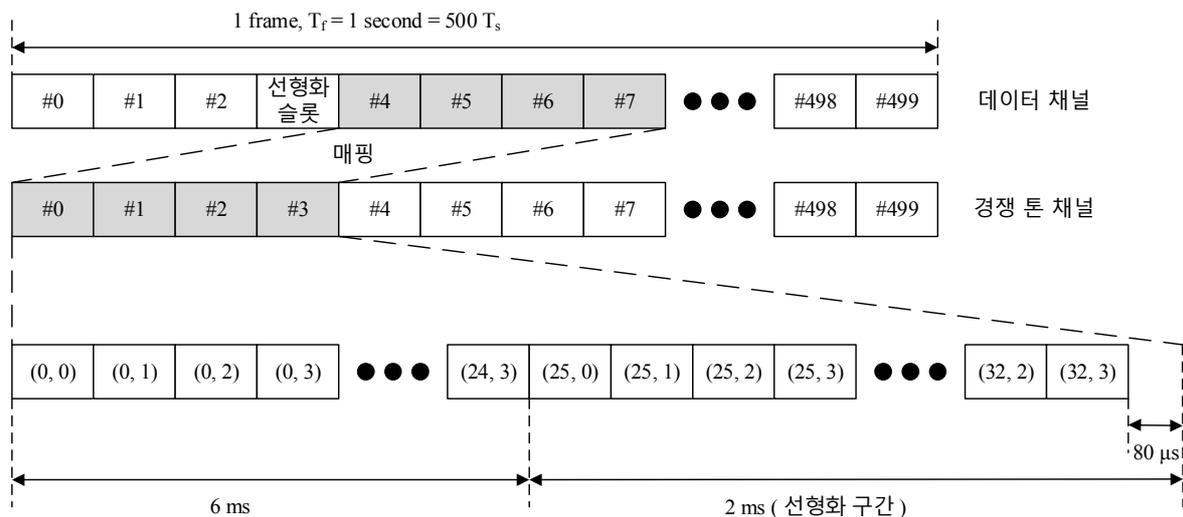
(그림 7-15) 정보 톤 슬롯의 예

7.1.2.3 깨움 톤 슬롯

깨움 톤 슬롯은 깨움 톤 채널에 있는 슬롯을 의미한다. 깨움 톤 신호의 시간 $T_{awake_tone_length}$ 은 0.5 초, 1초, 2초, 4초, 8초의 다섯 종류가 있다. 깨움 톤 신호는 시작부터 종료까지 연속된 신호로 전송되거나 매 부슬롯마다 깨움 톤 신호가 전송된다. 깨움 톤 신호의 길이와 연속 전송 여부 $B_{awake_tone_type}$ 와 송신 파워 PTX_A 는 상위 계층에서 결정한다. 깨움 톤 신호는 프레임 끝에서 항상 종료된다. 깨움 톤 신호가 종료된 이후, 0번 슬롯에서 톤 슬롯 패턴이 전송될 수 있다. 톤 슬롯 패턴의 사용 여부 $Awake_TSP_Is$ 와 이것의 존재 채널과 부여된 의미 등은 상위 계층에서 정의한다. 톤 슬롯 패턴을 0번 슬롯에서 전송하는 경우, 단말은 다른 단말의 깨움 톤 신호와 톤 슬롯 패턴이 종료된 후, 슬롯 1번부터 다시 깨움 톤을 전송할 수 있다. 이 경우, 깨움 톤 신호 길이는 한 슬롯만큼 줄어든다. 만약, 다른 단말의 깨움 톤 신호가 없는 경우, 단말은 0번 슬롯부터 깨움 톤 신호를 전송할 수 있다. 깨움 톤 신호가 종료된 이후, 전송되는 톤 슬롯 패턴은 정보 톤 채널에서 대신 전송될 수 있다. 이것은 상위 계층에서 결정한다.

7.1.3 선형화 슬롯

톤 채널과 데이터 채널은 전력 증폭기 특성을 추정하기 위하여 선형화 슬롯을 가진다. 데이터 채널의 경우, 3번 슬롯이 선형화 슬롯이다. 상위 계층에서 허용할 경우, 단말은 경쟁을 통하여 점유한 슬롯을 선형화 슬롯으로 사용할 수 있다. 톤 채널에서 슬롯 블록이 사용되지 않는 경우, 톤 채널의 선형화 슬롯은 3번 슬롯이고, 이 경우 매핑되는 데이터 슬롯 4번은 지정 슬롯으로 사용된다. 슬롯 블록이 2인 경우에는 4번, 5번 데이터 슬롯은 지정 슬롯으로 사용되며, 충돌 관리를 수행하지 않는다. 톤 채널에서, 슬롯 블록 길이 4가 사용되는 경우에는 선형화 슬롯 대신에 선형화 구간이 존재하고, 이 선형화 구간은 슬롯 블록이 사용되지 않는 경우의 선형화 슬롯 구간과 동일하다. 선형화 구간에 있는 부슬롯들은 제 1 부슬롯과 제 2 부슬롯으로 선택될 수 없으며, 충돌 톤 신호를 전송할 수도 없다. 제 1 부슬롯과 제 2 부슬롯을 선택하기 위하여 단말은 가능한 부슬롯이 선택될 때까지 PN 생성기를 다시 동작시켜야 한다.



(그림 7-16) 길이가 4인 슬롯 블록의 선형화 구간

7.1.4 슬롯 그룹

슬롯 그룹을 구성하는 슬롯의 개수와 번호들은 상위 계층에서 결정한다. 채널에는 복수의 슬롯 그룹이 존재할 수 있다. 단말이 슬롯 그룹의 한 슬롯을 할당하면 슬롯 그룹에 속한 모든 슬롯들을 할당한 것으로 간주한다. 슬롯 그룹에서 통신을 수행하는 단말은 해당 슬롯 그룹의 모든 슬롯들에서 슬롯 클리어링을 수행해야 한다. 여러 단말이 슬롯 그룹을 함께 이용할 때에도, 각각의 단말은 슬롯 그룹에 속하는 모든 슬롯에서 슬롯 클리어링을 수행한다.

7.1.5 슈퍼 프레임 슬롯

슈퍼 프레임 슬롯은 지정된 슬롯에 한정되어 적용된다. 60초는 슈퍼 프레임 슬롯 주기의 정수배가 되어야 한다. 슈퍼 프레임 슬롯 주기는 2초부터 60초까지의 범위를 갖는다. 슈퍼 프레임 슬롯의 슈퍼 프레임 주기가 T_{SF} 인 슬롯 번호 SN_x 는 다음과 같이 T_{SF} 개의 슬롯 자원으로 표현된다.

$$(i/T_{SF}, SN_x), 0 \leq i < T_{SF} \tag{식 7-4}$$

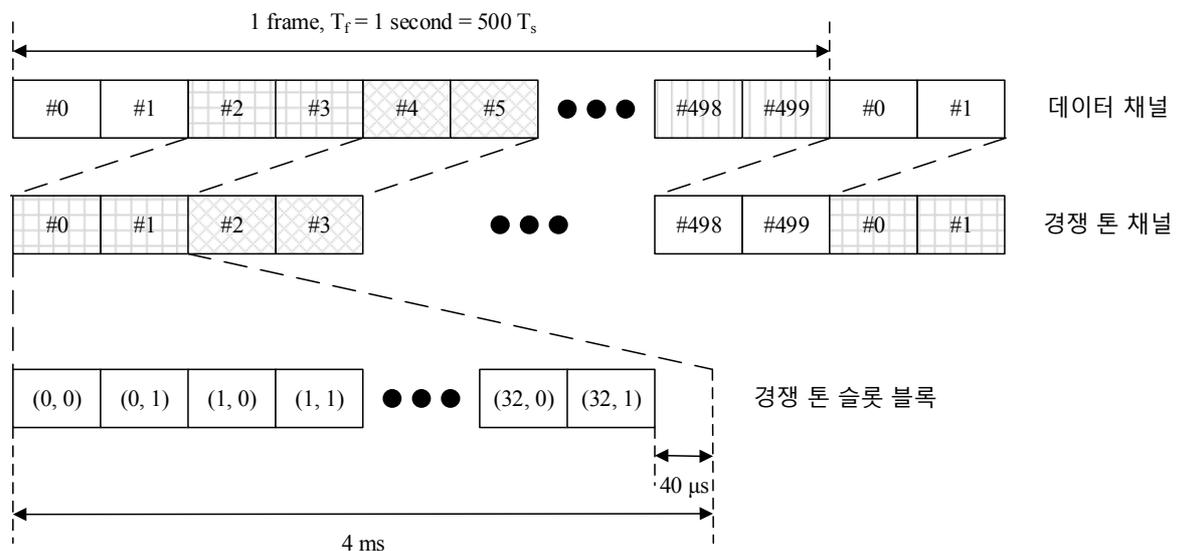
슈퍼 프레임의 각 슬롯은 일반 슬롯 혹은 지정 슬롯 혹은 고정 슬롯으로 할당될 수 있다. 슈퍼 프레임 슬롯의 구성은 상위 계층에서 결정한다.

7.1.6 슬롯 블록

슬롯 블록은 복수의 슬롯들로 구성된다. 데이터 채널과 이와 매핑되는 경쟁 대행 채널은 동일한 슬롯 블록 구성을 가진다. 가장 작은 슬롯 블록의 길이는 2 슬롯이다. 데이터 채널은 슬롯 블록에 영향을 받지 않는다. 경쟁 톤 채널은 n 번째 슬롯 블록에서 다음과 같은 부슬롯 조합을 가진다.

$$(SS_0, (L_{SB} \cdot n + 0)), (SS_0, (L_{SB} \cdot n + 1)), \dots, (SS_0, (L_{SB} \cdot n + (L_{SB} - 1))), (SS_1, (L_{SB} \cdot n + 0)), (SS_1, (L_{SB} \cdot n + 1)), \dots, (SS_1, (L_{SB} \cdot n + (L_{SB} - 1))), \dots, (SS_{32}, (L_{SB} \cdot n + 0)), (SS_{32}, (L_{SB} \cdot n + 1)), \dots, (SS_{32}, (L_{SB} \cdot n + (L_{SB} - 1))) \tag{식 7-5}$$

여기서, (x, y) 는 y 슬롯의 x 부슬롯을 의미하고, L_{SB} 는 슬롯 블록의 길이이고, n 은 슬롯 블록 번호이고, ‘*’는 곱하기 연산이다.. 슬롯 블록의 길이가 2 슬롯인 경우의 경쟁 톤 채널의 슬롯 블록 구성이 (그림 7-17) 에 보여진다.



(그림 7-17) 길이가 2인 슬롯 블록의 구성

가능한 슬롯 블록의 길이는 2, 4 이다. 슬롯 블록의 적용 여부와 길이는 상위 계층에서 결정한다.

7.1.7 슬롯 맵

슬롯 맵이란 단말이 자신의 입장에서 채널의 슬롯들의 할당 가능 여부를 표시한 맵을 뜻한다. 채널 마다 500 개의 슬롯이 있기 때문에, 슬롯 맵은 500 비트로 구성된다. '1'은 슬롯 할당이 가능함을 의미하고, '0'은 불가능함을 의미한다. 기본적으로 슬롯 맵은 슬롯당 1비트를 사용하여 총 500 비트로 구성된다.

대화 슬롯을 경쟁 할당할 때, 상대방의 슬롯 맵을 알고 있는 경우에는 자신의 슬롯 맵과 상대방의 슬롯 맵에서 공통으로 사용이 가능한 슬롯을 할당해야 한다. 이 두 단말이 공통으로 가능한 슬롯들을 표시한 맵을 '유효 슬롯 맵'이라고 부른다.

그룹 통신을 수행할 경우, 그룹원들이 모두 사용 가능한 슬롯들을 표기한 맵을 '그룹 유효 슬롯 맵'이라고 부른다.

슬롯 맵은 매핑된 톤 채널의 전체 톤 슬롯들에서 톤 신호를 검출하여 작성한다. 이 때, 톤 신호 검출의 수신 파워 임계치는 -107dBm 이다.

7.2 채널

채널에는 데이터 채널과 톤 채널이 있다. 데이터 채널에는 방송 채널, 대화 채널, 혼합 채널이 있다. 톤 채널에는 경쟁 톤 채널과 정보 톤 채널과 깨움 톤 채널이 있다. 각 채널의 개수와 중심 주파수와 송신 파워는 상위 계층에서 결정한다. 채널의 슬롯들은 각기 다른 용도와 송신 파워 등을 설정할 수 있다. 이것은 상위 계층에서 결정한다.

7.2.1 데이터 채널

데이터 채널에는 방송 채널, 대화 채널, 혼합 채널이 있다. 일반적으로 방송 채널의 슬롯들은 방송 슬롯으로 대화 채널의 슬롯들은 대화 슬롯으로 지칭한다. 그러나, 방송 채널에도 대화 슬롯이 있을 수 있으며, 대화 채널에도 방송 슬롯이 있을 수 있다.

7.2.1.1 방송 채널

방송 채널은 방송 슬롯으로 이루어진 채널이다. 그러나, 상위 계층에서 특수하게 요청하는 경우, 방송 채널의 방송 슬롯은 대화 슬롯으로 용도 변경될 수 있다.

7.2.1.2 대화 채널

대화 채널은 대화 슬롯으로 이루어진 채널이다. 그러나, 상위 계층에서 특수하게 요청하는 경우, 대화 채널의 대화 슬롯은 방송 슬롯으로 용도 변경될 수 있다.

7.2.1.3 혼합 채널

혼합 채널은 방송 슬롯과 대화 슬롯이 혼합되어 있는 채널이다. 혼합 채널은 주로 하나의 데이터 채널을 사용하여 방송 기능과 대화 기능을 함께 제공하는 목적을 가진다. 따라서, 분산 통신 시스템에 방송 채널과 대화 채널이 모두 있다면, 방송 채널의 슬롯들 중의 일부가 대화 슬롯이거나, 대화 채널의 슬롯들 중의 일부가 방송 슬롯이라고 할지라도 이를 무조건 혼합 채널로 정의하지 않는다. 혼합 채널의 존재와 설정은 상위 계층에서 결정한다.

7.2.2 톤 채널

7.2.2.1 경쟁 톤 채널

경쟁 톤 채널은 경쟁 톤 슬롯으로 이루어진 채널이다. 상위 계층의 요청에 의하여, 요청된 슬롯은 경쟁 톤 슬롯에서 다른 종류의 톤 슬롯으로 변경될 수 있다.

7.2.2.2 정보 톤 채널

정보 톤 채널은 정보 톤 슬롯으로 이루어진 채널이다. 상위 계층은 정보 톤 슬롯을 다른 종류의 톤 슬롯으로 변경할 수 있다.

7.2.2.3 깨움 톤 채널

깨움 톤 채널은 깨움 톤 신호를 전송하는 채널이다. 깨움 톤 신호가 종료되면 톤 슬롯 패턴이 전송될 수 있다. 톤 슬롯 패턴은 상위 계층에서 결정된다. 톤 슬롯 패턴이 존재하는 슬롯의 부슬롯 구성은 정보 톤 슬롯의 부슬롯 구성과 같다. 톤 슬롯 패턴은 40 개의 비트로 이루어지며, 첫번째 비트는 항상 '0' 이다.

7.2.2.4 혼합 톤 채널

혼합 톤 채널은 여러 종류의 톤 슬롯으로 이루어진다. 그러나, 경쟁 톤 채널의 슬롯들 중의 일부가 정보 톤 슬롯이거나 혹은 정보 톤 채널의 슬롯들 중의 일부가 경쟁 톤 슬롯이라 할지라도 이를 무조건 혼합 톤 채널로 정의하지 않는다. 혼합 톤 채널의 존재와 설정은 상위 계층에서 결정한다.

7.3 동기화

단말의 동기 모드는 ‘A 동기’와 ‘B 동기’와 ‘C 동기’가 있다.

- A 동기 : UTC 로부터 동기를 획득.
- B 동기 : A 동기 단말의 동기 신호로부터 동기를 획득
- C 동기 : 지역 이동 통신 신호로부터 동기를 획득

A 동기의 시간 오차는 $\pm 0.3 \text{ us}$ 이내이어야 한다. B 동기의 시간 오차는 $\pm 2.5 \text{ us}$ 이내이어야 한다. A 동기의 주파수 오차는 $\pm 0.01 \text{ ppm}$ 이내이어야 한다. B 동기의 주파수 오차는 $\pm 0.04 \text{ ppm}$ 이내이어야 한다. C 동기의 시간 오차는 $\pm 3.5 \text{ us}$ 이내여야 하고 주파수 오차는 $\pm 0.06 \text{ ppm}$ 이내이어야 한다.

A 동기 상태 단말과 C 동기 상태 단말은 시간, 분, 초를 포함한 현재 시간과 1초 프레임 시간을 반드시 알아야 한다. B 동기 상태 단말은 1초 프레임 시간을 반드시 알아야 한다. B 동기 상태 단말이 현재 시간을 알지 못할 경우, 주변의 다른 단말들에게 현재 시간 정보를 요청하는 패킷을 전송하여 현재 시간 정보를 10초 이내에 수신해야 한다. 10초 이내에 현재 시간 정보를 수신하지 못한 경우, 이를 획득하기 전까지 패킷을 전송할 수 없다. 현재 시간을 알지 못하는 B 동기 단말은, B 동기 상태가 된 이후로 10초 동안 슬롯 클리어링을 수행할 수 없고, 슬롯을 1회성으로만 할당하여 사용할 수 있다.

7.4 MAC 패킷 형태

MAC 패킷의 형태(format)는 (그림 7-18)과 같다. MAC 헤더는 서비스별 정의를 하는 8 비트로 구성된다. MAC 헤더 뒤에는 동기 모드를 나타내는 2 비트가 있다. 근원 주소(Source Address)는 동기 모드 뒤에 오며, 자신의 고유 ID 이며, 일반적으로 26 비트이다. 그러나, 상위 계층에서 근원 주소의 비트 수를 MAC 헤더마다 다르게 설정할 수 있다. 이 경우, 근원 주소는 26 비트보다 크거나 같다. 근원 주소의 하위 26 비트, $[SA_{26}, SA_{25}, \dots, SA_0]$ 는 충돌 검사를 위한 톤 전송에 사용된다. MAC 헤더는 상위 계층에서 결정한다. CRC 비트는 24 비트를 사용한다. 데이터 구성은 상위 계층에서 결정한다. 방송 패킷이 아닌 경우에는 데이터에 목적 주소가 포함되어야 한다.

MAC Header (8)	Synch. Mode (2)	Source Address (variable)	Data (variable)	CRC (24)
-------------------	--------------------	------------------------------	--------------------	-------------

(그림 7-18) MAC 패킷 형태

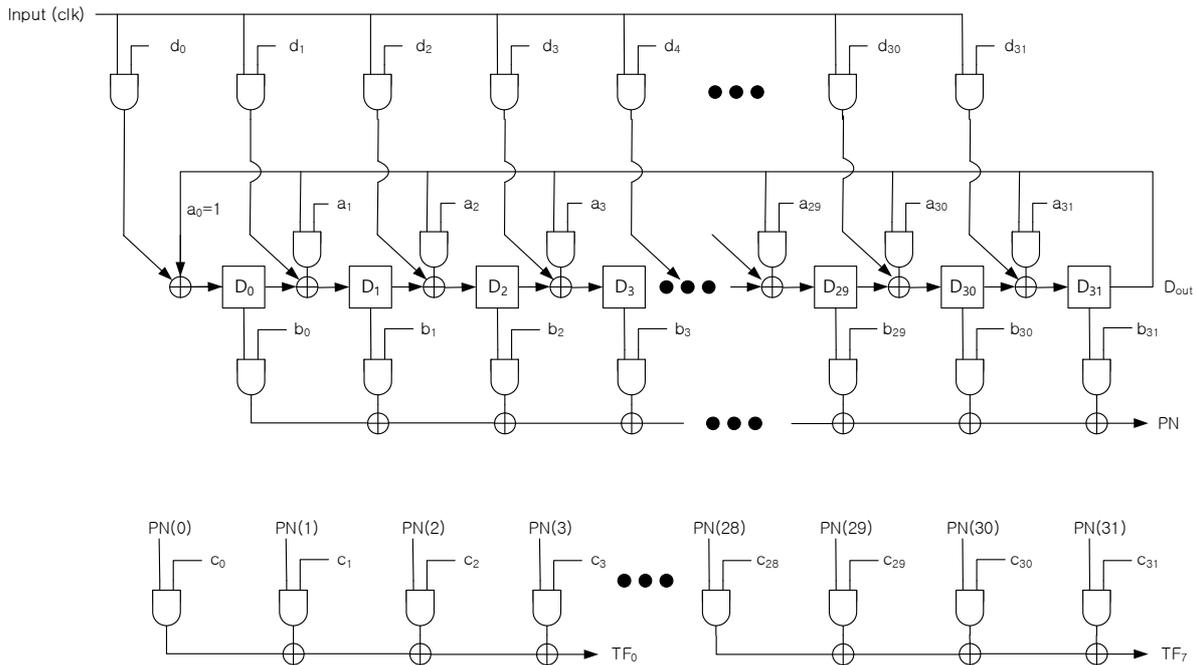
MAC 패킷의 길이는 물리 계층에서 결정된 데이터 길이보다 작아야 한다.

동기 모드의 의미는 다음과 같다.

- 00 : A 동기 상태
- 01 : B 동기 상태
- 10 : C 동기 상태
- 11 : 동기 잃음 상태

7.4.1 신뢰 필드

데이터에는 반드시 신뢰 필드가 포함되어야 한다. 신뢰 필드는 8 비트이다. 신뢰 필드의 생성 방법은 아래 구조의 LFSR을 이용한다.



(그림 7-19) 신뢰 필드 생성 LFSR 구조

[D31, D30, ..., D0] 의 초기 값과 [a31, a30, ..., a0] 의 값과 [b31, b30, ..., b0] 의 값과 [c31, c30, ..., c0] 의 값과 [d31, d30, ..., d0] 의 값과 PN의 값과 i 번째 신뢰 비트 TF_i 의 값은 다음과 같다.

- [d₃₁, d₃₀, ..., d₂₃] = [S₈, S₇, ..., S₀]
- [d₂₂, d₂₁, ..., d₁₇] = [F₅, F₄, ..., F₀]
- [d₁₆, d₁₅, ..., d₁₁] = [M₅, M₄, ..., M₀]
- [d₁₀, d₉, ..., d₆] = [H₄, H₃, ..., H₀]
- [d₅, d₄, ..., d₁, d₀] = [J₅, J₄, ..., J₀, K₀]
- [a₃₁, a₃₀, ..., a₀] = [K₃₁, K₃₀, ..., K₁, 1]
- [c₃₁, c₃₀, ..., c₀] = [K₆₃, K₆₂, ..., K₃₂]
- [b₃₁, b₃₀, ..., b₀] = [K₉₅, K₉₄, ..., K₆₄]
- [D₃₁, D₃₀, ..., D₂₆] = [K₁₀₁, K₁₀₀, ..., K₉₆]

$$\begin{aligned}
 [D_{25}, D_{22}, \dots, D_0] &= [SA_{25}, SA_{24}, \dots SA_0] \\
 PN &= (D_0 \& b_0) \wedge (D_1 \& b_1) \dots \wedge (D_{31} \& b_{31}) \\
 TF_i &= (PN(4n) \& c_{4n}) \wedge (PN(4n+1) \& c_{4n+1}) \wedge (PN(4n+2) \& c_{4n+2}) \wedge (PN(4n+3) \& c_{4n+3}), \\
 n &= 0, 1, \dots, 7, [c_{4n}, c_{4n+1}, c_{4n+2}, c_{4n+3}] \neq [0, 0, 0, 0] \quad (\text{식 7-6})
 \end{aligned}$$

여기서, SA 는 단말의 근원 주소(source address) 의 하위 26 비트이고, F 는 프레임 번호이고, S 는 슬롯 번호이고, M 은 분(minute)을 의미하고, H 는 24시간으로 이루어진 시(hour)를 의미하며, 0에서 23까지의 값을 가지고, J는 날짜로서 1에서 31의 값을 가진다. PN(0) 는 PN 레지스터에 초기 값이 로딩되었을 때의 PN 값을 의미한다. K 는 시스템과 단말 사이의 비밀 키로서 102 비트의 길이를 가진다. LFSR 은 다음과 같이 업데이트 된다.

$$\begin{aligned}
 D_0(\text{clk}+1) &= (D_{31}(\text{clk}) \text{ and } a_0) \text{ xor } (\text{input}(n_{\text{trust_offset}}+\text{clk}) \text{ and } d_0) \\
 D_i(\text{clk}+1) &= D_{i-1}(\text{clk}) \text{ xor } (D_{31}(\text{clk}) \text{ and } a_i) \text{ xor } (\text{input}(n_{\text{trust_offset}}+\text{clk}) \text{ and } d_i), i=1, 2, \\
 \dots, 31 & \quad (\text{식 7-7})
 \end{aligned}$$

여기서, ‘xor’ 는 배타적 논리 합(exclusive or) 연산을 의미하고, ‘and’ 는 논리 곱 연산을 의미하고, ‘input’ 은 데이터를 의미하고, $n_{\text{trust_offset}}$ 은 상위 계층에서 결정한다.

신뢰 필드 TF 는 모든 단말이 수신할 수 있지만, 수신된 신뢰 필드의 신뢰성은 서비스 관리 기관과 서비스 관리 단말만이 검사할 수 있어야 한다. 현재 시간을 알지 못하는 B 동기 단말은 $[d_{22}, d_{21}, \dots, d_1]$ 의 각 비트를 모두 ‘1’ 로 세팅한다. 데이터를 암호화할 경우에도 신뢰 필드는 암호화하지 않는다.

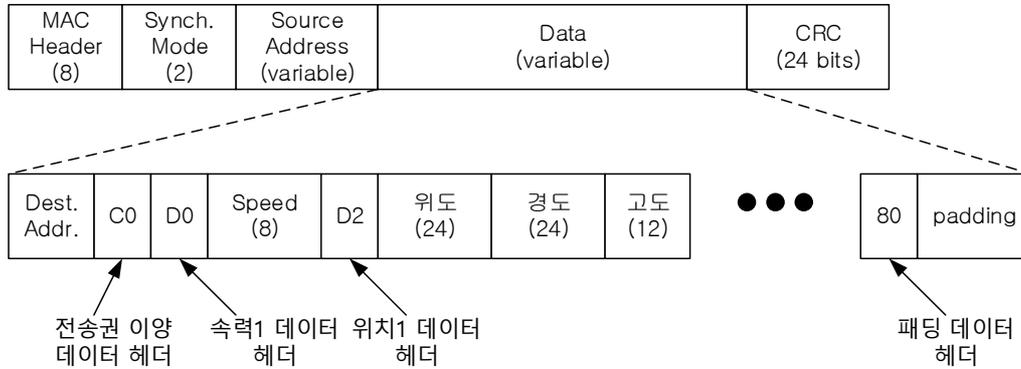
7.4.2 MAC 헤더와 데이터 헤더

MAC 헤더와 마찬가지로 데이터 헤더의 종류와 의미도 상위 계층에서 결정한다. 데이터 헤더는 8 bits 이다. 데이터 헤더의 최상위 비트가 ‘1’ 이면, MAC 헤더와 무관하게 자기 고유의 의미를 지닌다. 데이터 헤더의 최상위 비트가 ‘0’ 이면, MAC 헤더에 따라서 다른 의미를 가질 수 있다. 데이터 헤더는 헤더 자체로 의미를 전달할 수 있고, 헤더에 따라서 헤더 뒤에 오는 데이터의 포맷이 결정된다. 데이터 헤더의 위치는 상위 계층에서 임의로 정할 수 있다. MAC 헤더가 방송이 아닌 대화를 의미하면, 데이터 첫 부분은 목적지 주소가 위치하며, 목적지 주소는 데이터 헤더를 갖지 않는다. ‘0x80’ 은 패딩을 나타내는 데이터 헤더이다. 만약, 여분의 데이터 비트 수가 8보다 작으면, 데이터 헤더 ‘0x80’ 없이 남은 비트의 값을 ‘0’으로 설정한다. 패딩 비트는 97 길이의 비트 열을 반복해서 사용한다. 97 비트 열은 다음의 96 비트 열과 한 비트의 ‘1’ 로 이루어진다.

- ‘0x71E5477D_A5B32BF7_E5469C8E’

여기서 ‘_’는 의미 없이 32 비트의 구분을 위해 사용되었다.

데이터 헤더는 (그림 7-20)과 같이 정해진 순서가 없다. 즉, 데이터 필드를 구성할 때, 데이터 헤더의 위치는 임의로 결정할 수 있다. 단, 패딩 데이터 헤더는 항상 맨 뒤에 위치한다.



(그림 7-20) 여러 데이터 헤더로 구성된 데이터의 예

7.4.2.1 미리 정의된 MAC 헤더

아래의 MAC 헤더는 본 규격에서 미리 지정한다. 그 외의 MAC 헤더는 상위 계층에서 결정할 수 있다.

<표 7-1> 미리 지정된 MAC 헤더

헤더	의미
0x00	시스템 방송 패킷 헤더
0x01	시스템 대화 패킷 헤더
0x02	방송 패킷 헤더
0x03	일대일 대화 패킷 헤더
0x04	일대일 대화 패킷 재전송 헤더
0x05	일대일 대화 슬롯 할당 요청 패킷 헤더 (ACK 클리어링 수행)
0x06	일대일 대화 슬롯 할당 요청 패킷 헤더 (ACK 클리어링 미수행)
0x07	현재 시간을 모르는 B 동기 모드 단말의 방송 패킷 헤더
0x08	현재 시간을 모르는 B 동기 모드 단말의 대화 패킷 헤더
0x10	일대다 방송 패킷 헤더
0x11	일대다 대화 패킷 헤더

0x12	일대다 대화 패킷 재전송 헤더
0x13	일회성 일대다 대화 패킷 헤더 (ACK 클리어링 수행)
0x14	일회성 일대다 대화 패킷 헤더 (ACK 클리어링 미수행)
0x21	다대다 방송 패킷 헤더
0x22	다대다 대화 패킷 헤더
0x23	다대다 재전송 요청 패킷 헤더
0x24	다대다 시퀀스 중복 알림 패킷 헤더
0x25	다대다 관리 시퀀스 오류 정보 패킷

7.4.2.2 미리 정의된 데이터 헤더

아래의 데이터 헤더는 본 규격에서 미리 지정한다. 그 외의 데이터 헤더는 상위 계층에서 결정할 수 있다.

<표 7-2> 미리 지정된 데이터 헤더

헤더	의미
0x80	패딩 헤더
0x81	겹침 회수 동안 겹쳐지는 중복 방송 데이터 헤더
0x82	겹침 회수 동안 겹쳐지는 중복 대화 데이터 헤더
0x83	시퀀스 헤더 (시퀀스 8 bits or more)
0x84	다대다 현재 시퀀스 정보 방송 헤더 (시퀀스 8 bits)
0x85	다대다 시퀀스 정정 명령 헤더 (시퀀스 8 bits)
0x86	현재 시간 헤더1 (슬롯 번호 9 bits, 프레임 번호 6 bits, 분 6 bits, 시 5 bits, 일 5 bits)
0x87	현재 시간 헤더2 (슬롯 번호 9 bits, 프레임 번호 6 bits, 분 6 bits, 시 5 bits, 일 5 bits, 월 4 bits, 년도의 뒤 3자리 10 bits)
0x88	슬롯 맵 정보 (슬롯 맵 채널 인덱스 2 bits, 슬롯 맵 영역 3 bits, 영역 번호 6 bits, 슬롯 맵 비트들)
0x89	유효 슬롯 맵 정보 (슬롯 맵 채널 인덱스 2 bits, 슬롯 맵 영역 3 bits, 영역 번호 6 bits, 슬롯 맵 비트들)

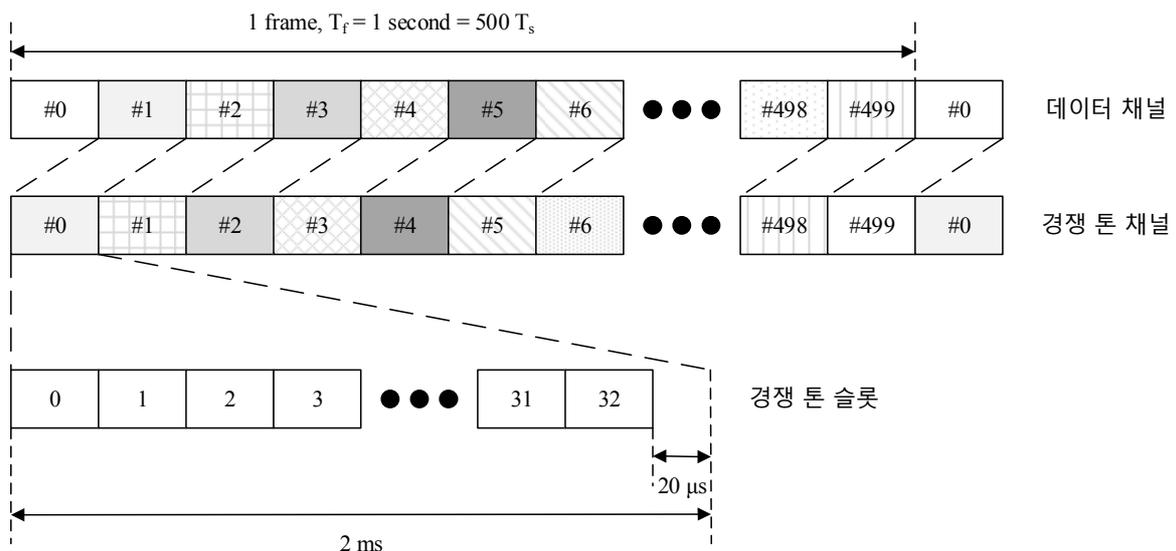
0x8A	할당 슬롯 정보1 (할당 슬롯 수 6 bits, 9 bits 슬롯 번호들)
0x8B	할당 슬롯 정보2 (할당 슬롯 맵 500 bits)
0xB0	ACK 응답 헤더 (전 프레임 같은 슬롯 번호에 대한 ACK)
0xB1	ACK 응답 헤더 (이전 슬롯에 대한 ACK)
0xB2	ACK 응답 헤더 (이전 슬롯들 모두에 대한 ACK)
0xB3	단일 ACK 응답 헤더 (슬롯 번호 9 bits)
0xB4	복수 ACK 응답 헤더 (응답 슬롯 개수 6 bits, 9 bits 슬롯 번호 x 개수)
0xB5	단일 ACK 응답 헤더 (프레임 번호 6 bits, 슬롯 번호 9 bits)
0xB6	복수 ACK 응답 헤더 (응답 슬롯 개수 6bits, 6 bits 프레임 번호와 9bits 슬롯 번호 x 개수)
0xB7	복수 ACK 시퀀스 응답 헤더 (응답 시퀀스 개수 6bits, 8 bits 시퀀스 번호 x 개수)
0xB8	NACK 응답 헤더 (전 프레임 같은 슬롯 번호에 대한 NACK)
0xB9	NACK 응답 헤더 (이전 슬롯에 대한 NACK)
0xBA	NACK 응답 헤더 (이전 슬롯들 모두에 대한 NACK)
0xBB	단일 NACK 응답 헤더 (슬롯 번호 9 bits)
0xBC	복수 NACK 응답 헤더 (응답 슬롯 개수 6bits, 9 bits 슬롯 번호 x 개수)
0xBD	단일 NACK 응답 헤더 (프레임 번호 6 bits, 슬롯 번호 9 bits)
0xBE	복수 NACK 응답 헤더 (응답 슬롯 개수 6bits, 6 bits 프레임 번호와 9bits 슬롯 번호 x 개수)
0xBF	복수 NACK 시퀀스 응답 헤더 (응답 시퀀스 개수 6 bits, 8 bits 시퀀스 번호 x 개수)
0xC0	전송권(Transmit Right) 이양 헤더
0xC1	ACK 응답 요청 헤더
0xC2	해당 슬롯 반납 (현재 슬롯)
0xC3	해당 슬롯 반납 (슬롯 번호 9 bits)
0xC4	복수 슬롯 반납 (반납 슬롯 개수 6bits, 9 bits 슬롯 번호 x 개수)

0xC5	대화 채널 ACK 미수신 정보 (프레임 번호 6 bits, 슬롯 번호 9 bits)
0xC6	재전송 데이터 알림 헤더
0xD0	속력 데이터 헤더1 (속력 10 bits - m/s)
0xD1	속력 데이터 헤더2 (속력 10 bits - cm/s)
0xD2	위치 데이터 헤더1 (위도 24 bits, 경도 24 bits, 고도 12 bits)
0xD3	위치 데이터 헤더2 (TBD)
0xD4	위치 데이터 헤더3 (TBD)
0xD5	위치 데이터 헤더4 (TBD)
0xFF	신뢰 필드

7.5 슬롯 매핑과 할당

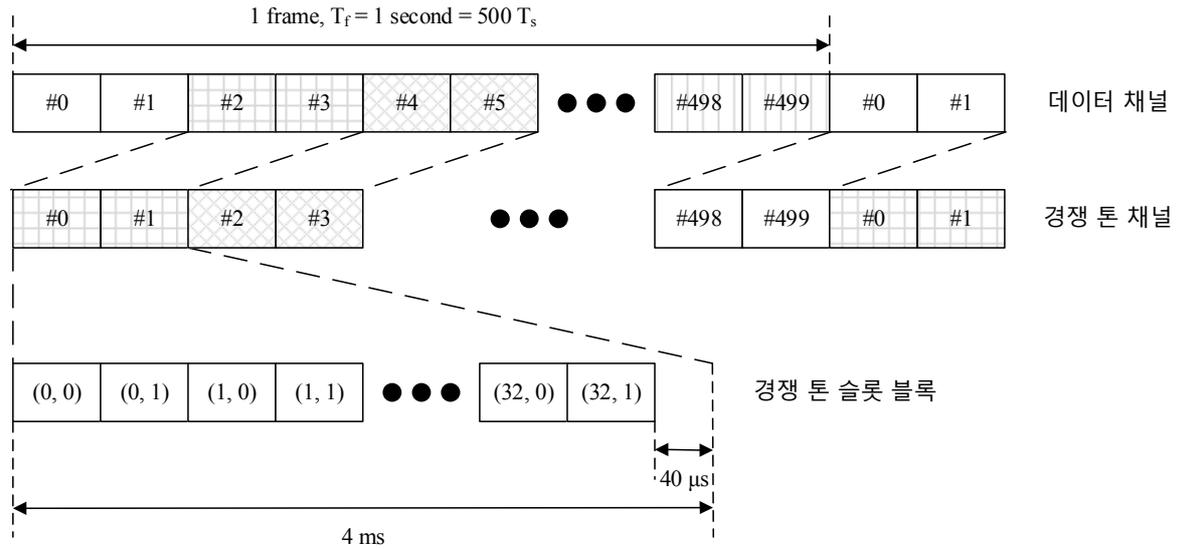
7.5.1 슬롯 매핑

데이터 채널에는 반드시 이와 매핑된 경쟁 톤 채널이 있어야 한다. 데이터 채널의 슬롯 SN_x 와 매핑된 경쟁 톤 채널의 슬롯은 $SN_{(x + 499)\%500}$ 이다. 데이터 채널의 슬롯 SN_0 은 이전 프레임의 경쟁 톤 채널의 슬롯 SN_{499} 에 매핑된다.



(그림 7-21) 데이터 채널의 슬롯과 경쟁 톤 채널의 슬롯 매핑

슬롯 블록이 지정된 경우, 슬롯 블록의 길이가 L_{SB} 이고, 슬롯 블록의 개수는 N_{SB} 이면, 데이터 슬롯 블록 번호 x 와 매핑된 경쟁 톤 채널의 슬롯 블록 번호는 $(x + N_{SB} - 1) \bmod N_{SB}$ 이다.



(그림 7-22) 슬롯 블록의 길이가 2인 경우의 슬롯 매핑

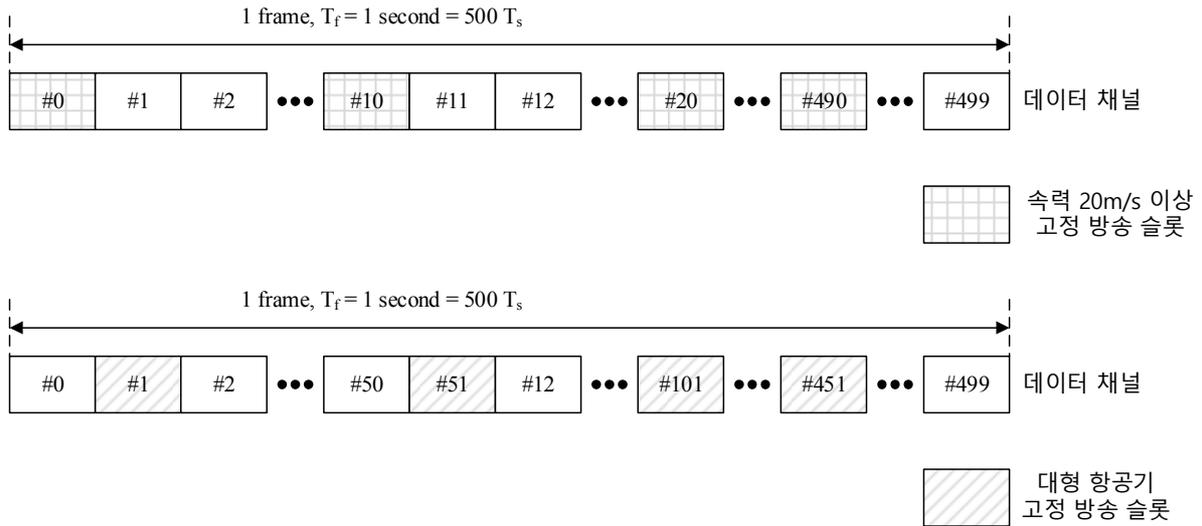
7.5.2 슬롯 할당

7.5.2.1 지정 할당

분산 통신 시스템은 미리 특수한 목적의 데이터 슬롯을 지정할 수 있다. 지정된 슬롯은 지정된 유형의 단말만이 사용 가능하며, 단말은 지정 슬롯을 사용하기 위한 경쟁을 수행하지 않는다. 지정 슬롯과 매핑된 경쟁 톤 슬롯은 다른 종류의 슬롯으로 사용될 수 있다. 여기에는 선형화 슬롯, 정보 톤 슬롯, 톤 슬롯 패턴이 포함된다. 지정 할당 슬롯의 구성은 상위 계층에서 결정한다. 슬롯 그룹도 지정 할당될 수 있다.

7.5.2.2 고정 할당

분산 통신 시스템은 미리 허가된 단말들만이 사용 가능한 데이터 슬롯들을 고정으로 할당할 수 있다. 고정 할당된 슬롯을 사용하기 위해서는, 허가된 단말들이 경쟁 톤 슬롯에서 경쟁을 수행해야 한다. 경쟁 방식은 7.5.2.3절의 방식을 사용한다. 고정 할당된 슬롯에서 슬롯 클리어링의 사용 여부는 상위 계층에서 결정한다. 고정 할당 슬롯의 구성은 상위 계층에서 결정한다. 고정 할당 슬롯에 매핑된 경쟁 톤 슬롯은 여러 종류의 부슬롯이 모두 존재할 수 있다. 해당 부슬롯 구성은 상위 계층에서 결정한다. 고정 할당된 슬롯들로 슬롯 그룹을 구성하는 것도 가능하다.



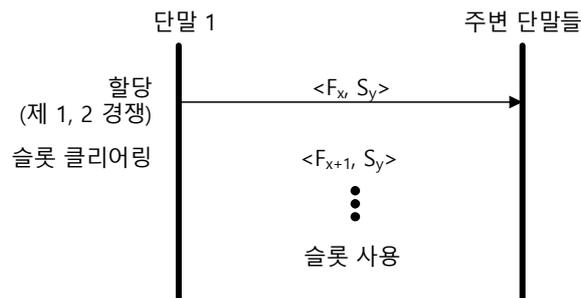
(그림 7-23) 고정 할당 슬롯 구성 예

7.5.2.3 경쟁 할당

데이터 슬롯의 할당은 이와 매핑된 경쟁 톤 슬롯에서 수행된다. 단말은 방송 슬롯을 스스로 할당할 수 있고, 대화 슬롯은 대화 상대 단말의 할당 동의가 있어야 할당이 가능하다. 단말이 데이터 슬롯 할당에 성공하면, 해당 슬롯에서 슬롯 클리어링을 수행해야 한다. 단말이 점유한 데이터 슬롯은 슬롯 클리어링을 중지함으로써 반납된다. 단말은 데이터 슬롯을 할당하기 위해서 7.1.2.1.1절의 이중 경쟁을 수행할 때, 슬롯 클리어링 부슬롯과 ACK 클리어링 부슬롯에서 우선적으로 캐리어 센싱을 수행해야 한다. 방송 채널의 경우 ACK 클리어링 부슬롯은 존재하지 않는다. 대화 시작 단말이 슬롯을 점유하지 않고 일회성으로 슬롯을 사용한다면, 대화 시작 단말과 대화 상대 단말은 슬롯 클리어링을 수행하지 않는다.

7.5.2.3.1 방송 슬롯 일반 경쟁 할당

방송 슬롯의 일반적인 할당은 방송 슬롯과 매핑된 경쟁 톤 슬롯에서 수행된다. 경쟁 톤 슬롯에서의 경쟁은 7.1.2.1.1 절의 이중 경쟁 방식을 사용한다. 여기서 0 번 부슬롯은 슬롯 클리어링 부슬롯이며, 제 1 경쟁의 경쟁 시작 부슬롯은 SS_1 이다.



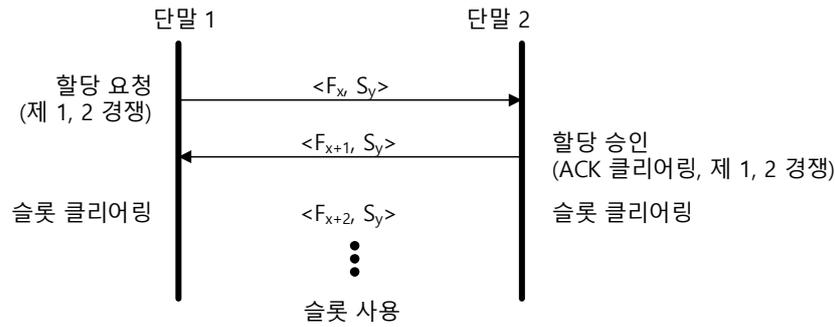
(그림 7-24) 방송 슬롯 할당 절차

7.5.2.3.2 방송 슬롯 우선권 경쟁 할당

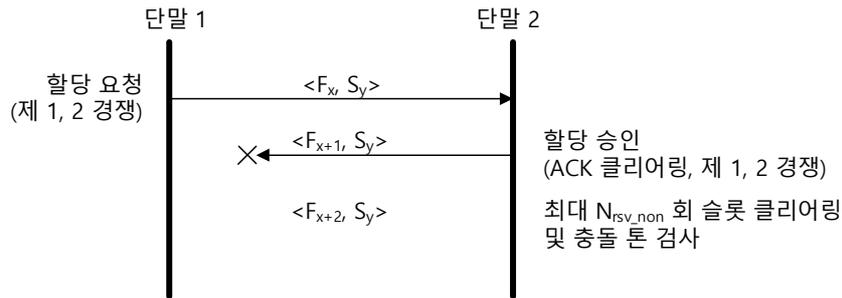
방송 슬롯의 우선권 경쟁 할당은 7.1.2.1.3절, 7.1.2.1.4절, 7.1.2.1.5절 방식을 사용한다. 단, 방송 슬롯과 매핑된 경쟁 톤 슬롯에는 ACK 클리어링 부슬롯이 존재하지 않는다.

7.5.2.3.3 대화 슬롯 일반 경쟁 할당

대화 슬롯의 일반적인 할당은 대화 시작 단말이 프레임 F_x 의 슬롯 S_y , 즉 $\langle F_x, S_y \rangle$ 에서 대화 상대 단말에게 할당 요청 패킷을 보내고, 대화 상대 단말이 $\langle F_{x+1}, S_y \rangle$ 에서 할당 승인 패킷을 보냄으로써 이루어진다. 대화 시작 단말이 $\langle F_x, S_y \rangle$ 에서 할당 요청 패킷을 보내기 위해서는 7.1.2.1.1절의 경쟁 방식을 사용해야 한다. 여기서, 경쟁 톤 슬롯의 0 번 부슬롯은 슬롯 클리어링 부슬롯이며, 1 번 부슬롯은 ACK 클리어링 부슬롯이며, 제 1 경쟁의 경쟁 시작 부슬롯은 SS_2 이다. 대화 상대 단말은 해당 슬롯 할당 요청을 수신하면, 이에 대한 할당 승인 패킷을 $\langle F_{x+1}, S_y \rangle$ 에서 송신해야 한다. 할당 승인 패킷을 $\langle F_{x+1}, S_y \rangle$ 에서 송신하기 위해서, 대화 상대 단말은 7.1.2.1.1절의 경쟁 방식을 사용해야 한다. 이 때, 0 번 부슬롯에서 신호가 검출되면 경쟁에서 진 것이며, 대화 상대 단말은 할당 요청 패킷을 보내지 않는다. 0 번 부슬롯에서 신호가 검출되지 않으면, 대화 상대 단말은 1번 ACK 클리어링 부슬롯에서 신호를 전송하고, SS_2 부터 제 1 경쟁을 수행하고, 이어서 제 2 경쟁을 수행한다. 대화 시작 단말은 $\langle F_{x+1}, S_y \rangle$ 와 매핑된 경쟁 톤 슬롯에서 ACK 클리어링을 수행해야 한다. 대화 시작 단말이 할당 승인 패킷을 $\langle F_{x+1}, S_y \rangle$ 에서 수신하면, 할당에 성공한 것이고, 그렇지 않으면, 할당에 실패한 것이다. 대화 시작 단말은 할당 승인 패킷을 $\langle F_{x+1}, S_y \rangle$ 에서 수신하면 이후 슬롯 클리어링을 수행한다. 대화 상대 단말은 할당 승인 패킷을 $\langle F_{x+1}, S_y \rangle$ 에서 송신하면, 이후 슬롯 클리어링을 수행한다. 대화 상대 단말이 $\langle F_{x+1}, S_y \rangle$ 에서 송신한 할당 승인 패킷을 대화 시작 단말이 수신하지 못한 경우에도, 대화 상대 단말은 슬롯 클리어링을 수행해야 한다. 대화 상대 단말은 할당된 슬롯에서 대화 시작 단말의 패킷을 N_{rsv_non} 회 수신하지 못하면 슬롯 클리어링을 중지한다. N_{rsv_non} 는 상위 계층에서 결정한다. 만약, 대화 시작 단말이 슬롯 클리어링의 개시와 함께 송신하는 첫번째 충돌 톤의 수신 파워가 $P_{first_collision_tone_thre}$ 보다 작으면, 대화 상대 단말은 즉시 슬롯 클리어링을 중지한다. 복수의 대화 슬롯 할당은 단일 대화 슬롯 할당을 반복함으로써 수행된다.



(그림 7-25) 대화 슬롯 할당 절차



(그림 7-26) 대화 슬롯 할당 실패시 절차

대화 슬롯의 일회성 할당은 대화 시작 단말이 프레임 F_x 의 슬롯 S_y , $\langle F_x, S_y \rangle$ 에서 대화 상대 단말에게 할당 요청 패킷을 보내고, 대화 상대 단말이 $\langle F_{x+1}, S_y \rangle$ 에서 응답 패킷을 보냄으로써 이루어진다. 일반적인 할당과 다른 점은 슬롯 클리어링을 수행하지 않는다는 점이다. $\langle F_{x+1}, S_y \rangle$ 의 데이터 슬롯과 매핑된 경쟁 톤 슬롯에서의 ACK 클리어링은 수행된다. 특수한 경우, 단말이 $\langle F_x, S_y \rangle$ 에서 슬롯을 점유하지 않고 일회성으로 대화 상대 단말에게 패킷을 송신한다면, 대화 상대 단말은 $\langle F_{x+1}, S_y \rangle$ 의 데이터 슬롯에서 ACK 클리어링을 이용한 응답을 보내지 않고, 원하는 다른 대화 슬롯에서 응답을 보낼 수 있다. 이는 상위 계층에서 결정한다.

만약 대화 시작 단말이 $\langle F_x, S_y \rangle$ 에서 대화 상대 단말에게 할당 요청 패킷을 보내고, 대화 상대 단말이 $\langle F_{x+1}, S_y \rangle$ 에서 응답 패킷을 수신하지 못한 상황에서, 다시 다른 슬롯을 할당하여 슬롯 할당 요청을 보낼 때에는 이전에 $\langle F_{x+1}, S_y \rangle$ 에서 ACK 응답을 받지 못했다는 정보를 포함하여야 한다. 이 정보는 데이터 헤더 0xC5를 이용한다. 이 정보를 수신한 대화 상대 단말은 슬롯 S_y 에서 슬롯 클리어링을 수행하고 있다면, 이 슬롯 클리어링을 즉시 중지해야 한다.

7.5.2.3.4 대화 슬롯 우선권 경쟁 할당

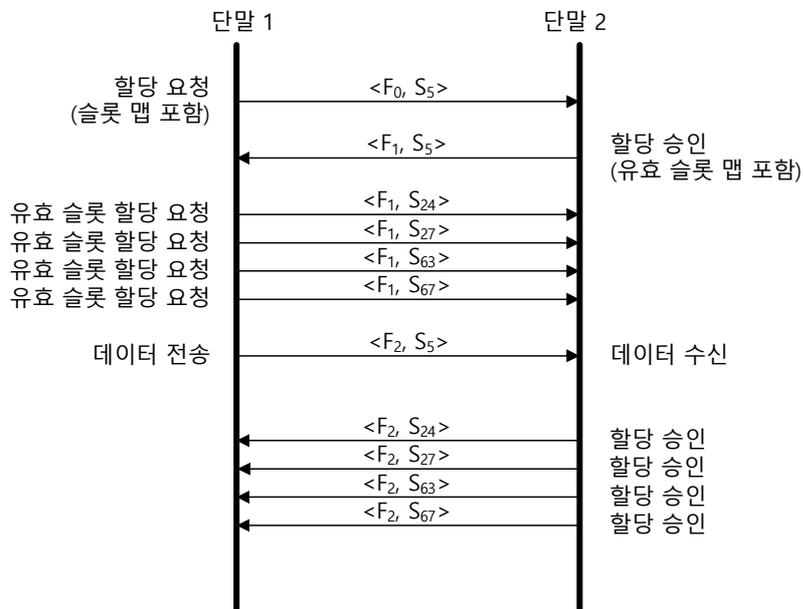
대화 슬롯의 우선권 경쟁 할당은 제 1 경쟁에서 7.1.2.1.3절, 7.1.2.1.4절, 7.1.2.1.5절 방식을 사용한다. 대화 슬롯과 매핑된 경쟁 톤 슬롯에는 ACK 클리어링 부슬롯이 존재한다. 복수의 우선권 클리어링 부슬롯이 존재할 경우, 각 우선권 클리어링 부슬롯마다 ACK 클리어링 부슬롯이 쌍으로 존재해야 한다.

7.5.2.3.5 대화 슬롯 경쟁 할당 시의 슬롯 맵 사용

유효 슬롯 맵을 알 수 있는 경우, 대화 슬롯을 경쟁 할당할 때, 해당 대화 슬롯은 유효 슬롯 맵에서 할당이 유효한 슬롯이어야 한다.

대화 슬롯을 경쟁 할당할 때, 상대방의 슬롯 맵을 모르는 경우, 첫 슬롯의 할당은 유효 슬롯 맵을 사용할 수 없다. 만약, 추가적인 슬롯을 할당할 때, 유효 슬롯 맵을 사용하기 위해서는 다음과 같은 절차를 따라야 한다.

첫째, 대화 시작 단말이 대화 상대 단말에게 자신의 슬롯 맵 정보를 포함한 대화 요청 패킷을 전송하거나 상대방 슬롯 맵 송신 요청이 포함된 대화 요청 패킷을 전송해야 한다. 둘째, 대화 상대 단말은 대화 요청에 응답할 때, 자신의 슬롯 맵 혹은 유효 슬롯 맵 정보를 포함하여 응답 패킷을 보내야 한다. 셋째, 대화 시작 단말은 두 단말의 유효 슬롯 맵을 이용하여 슬롯을 추가적으로 할당한다.



(그림 7-27) 추가 슬롯 할당시의 유효 슬롯 맵 이용 예

대화 상대 단말이 자신의 슬롯 맵 정보를 방송하고 있는 경우에는 반드시 유효 슬롯 맵을 활용하여 대화 슬롯을 할당해야 한다.

단말은 자신의 슬롯 맵을 방송 혹은 전송할 때, 슬롯 맵을 여러 개로 나눈 후, 그 일부를 전송할 수 있다. 가능한 슬롯 맵 영역 개수 $SM_{num_of_region}$ 는 1, 2, 4, 5, 10, 20, 50 이고, 이 때 슬롯 맵의 전송 슬롯 정보 수는 500, 250, 125, 100, 50, 25, 10 이다. 슬롯 맵의 일부가 전송될 때는, 슬롯 맵 영역 개수와 영역 번호 정보가 함께 전송되어야 한다. 슬롯 맵을 전송하는 데이터 헤더는 0x88 이다. 0x88 헤더 뒤에는 슬롯 맵 채널 인덱스 2 bits 가 있다. "00" 은 슬롯 맵이 전송되는 채널의 슬롯 맵을 뜻하며, "01", "10", "11" 은 상위 계층에서 매핑 채널을 결정한다. 유효 슬롯 맵을 전송하는 데이터 헤더는 0x89 이며, 데이터 구성은 0x88 헤더와 같다. 만약 대화 슬롯을 경쟁 할당할 때, 유효 슬롯 맵의 일부 정보만 존재한다면, 존재하는 유효 슬롯 맵 정보에서 유효한 슬롯을 선택해야 한다.

단말은 방송 채널에서 다른 채널의 슬롯 맵을 방송할 수 있다. 또, 단말은 대화 채널에서 해당 채널의 슬롯 맵 혹은 다른 대화 채널의 슬롯 맵을 방송할 수 있다. 슬롯 맵의 방송 여부와 방법은 상위 계층에서 결정한다.

7.5.2.3.6 슬롯 그룹 경쟁 할당

슬롯 그룹을 경쟁 할당할 때는 할당 단말이 상기 슬롯 그룹에 속한 슬롯들 중의 한 슬롯을 할당하면, 해당 슬롯 그룹에 속한 모든 슬롯들을 할당하게 된다. 슬롯 할당을 위해서는 7.1.2.1.1절의 경쟁 방식을 사용해야 한다. 슬롯 그룹을 점유하는 단말 혹은 단말들은 슬롯 그룹에 속한 모든 슬롯에서 ‘슬롯 클리어링’을 수행해야 한다. 여기서, 방송 슬롯의 할당과 대화 슬롯의 경쟁 할당은 각각 7.5.2.3.1 절과 7.5.2.3.3 절의 내용을 따른다.

7.5.2.3.7 일대다 및 다대다 슬롯 경쟁 할당

일대다 슬롯을 경쟁 할당하는 경우, 일대다 통신 시작 단말이 일대다 슬롯을 경쟁을 통해서 할당해야 한다. 일대다 및 다대다 슬롯은 ACK 수신 없이 방송 슬롯과 같은 방식으로 할당된다. 일대다 슬롯을 할당할 때, 대화 상대들의 슬롯 맵을 알고 있다면, ‘그룹 유효 슬롯 맵’을 작성하여 유효한 슬롯만 일대다 슬롯으로 할당해야 한다. 경쟁 톤 슬롯에서의 경쟁은 7.1.2.1.1절의 이중 경쟁 방식을 사용한다.

일반적으로 0 번 부슬롯은 슬롯 클리어링 부슬롯이며, 제 1 경쟁의 경쟁 시작 부슬롯은 1번 부슬롯이다. 일대다 슬롯은 하나 혹은 복수 개로 할당이 가능하다. 일대다 슬롯들이 할당된 이후에는 일대다 통신에 참여하는 모든 단말이 ‘그룹 슬롯 클리어링’을 수행해야 한다. 일대다 통신 그룹에 동적으로 참여하는 단말은 참여 이후에 즉시 그룹 슬롯 클리어링을 수행해야 한다.

다대다 슬롯들을 경쟁 할당하는 방법은 일대다 슬롯을 할당하는 방법과 같다. 일대다 혹은 다대다 통신 관리 단말은 일대다 혹은 다대다 슬롯들을 할당하고 해당 일대다 혹은 다대다 통신과 관련된 정보를 방송 슬롯에서 방송해야 한다.

7.6 슬롯 동작과 관리

점유된 슬롯에서 단말은 항상 슬롯 클리어링을 수행해야 한다. 슬롯 클리어링을 수행하지 않으면 슬롯은 반납된 것으로 간주된다. 단말은 할당된 슬롯에서 자원 충돌 여부를 검사하고, 충돌 검출 시에 충돌 허용 여부를 결정해야 한다. 충돌 톤은 짝수 번째 프레임 번호에서만 전송된다. 즉, 0, 2, 4, ..., 58 번 프레임에서만 충돌 톤이 전송된다. 일대다 및 다대다 통신시에 슬롯의 반납은 해당 슬롯에서 슬롯 클리어링을 수행하는 단말들이 모두 슬롯 클리어링을 중지해야 반납이 완료된다. 재전송 관리는 상위 계층의 역할이나 일대다 및 다대다 통신의 재전송 관리는 물리 계층도 지원한다.

7.6.1 방송 슬롯의 동작 및 관리

방송 슬롯을 할당한 이후에는 슬롯을 점유하기 위하여 슬롯 클리어링을 수행한다. 그러나, 일회성 방송 슬롯 할당시에는 슬롯 클리어링을 수행하지 않는다. 대화 채널에서 방송 슬롯을 사용할 경우도 마찬가지로 슬롯 클리어링을 수행한다. 또한, 일회성인 경우 슬롯 클리어링을 수행하지 않는다. 방송 슬롯을 지속적으로 점유하는 것은 슬롯 클리어링으로 이루어진다. 슬롯 클리어링을 수행하지 않으면 자동으로 슬롯이 반납된다. 단말은 점유한 방송 슬롯의 자원 충돌 여부를 조사해야 한다. 자원 충돌을 검사는 자원 충돌 검사 구간에서 실시된다. 충돌 검사로 자원의 충돌이 검출되면 충돌 허용 여부를 결정한다. 충돌이 허용되지 않을 경우 단말은 해당 슬롯을 포기하여야 한다. 포기하기 전에 다른 방송 슬롯을 할당해야 하는지의 여부는 상위 계층에서 결정한다. 지정 방송 슬롯은 할당 및 충돌 검사 없이 사용된다. 고정 방송 슬롯은 일반 방송 슬롯의 동작과 같다. 다만 고정 방송 슬롯을 사용할 수 있는 권한이 부여된 단말만이 할당할 수 있다. 방송 슬롯의 데이터는 일반적으로 대화 슬롯에 대한 응답을 포함할 수 있다.

단말이 할당 가능한 데이터 슬롯 $N_{\text{effective_slot}}$ 개 중에서 한 데이터 슬롯을 랜덤하게 선택하는 경우는 (그림 7-28)의 PN 코드 생성기를 사용한다. 이때, $N_{\text{effective_slot}}$ 개의 슬롯 중에서 몇 번째 슬롯을 선택할 것인지 결정해야 한다. $N_{\text{effective_slot}}$ 개의 슬롯들은 슬롯 번호가 작은 순서로 나열된다. 선택되는 번호 SN_{random} 을 결정하는 수식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 [D_{25}, D_{24}, \dots, D_0]_{\text{ini}} &= [SA_{25}, SA_{24}, \dots, SA_0] \\
 [a_{25}, a_{24}, \dots, a_{17}] &= [SA_8, SA_7, \dots, SA_0] \\
 [a_{16}, a_{15}, \dots, a_{11}] &= [F_5, F_4, \dots, F_0] \\
 [a_{10}, a_9, \dots, a_1, a_0] &= [M_5, M_4, M_3, M_2, M_1, M_0, H_3, H_2, H_1, H_0, 1] \\
 [b_{25}, b_{24}, \dots, b_0] &= [SA_0, SA_1, \dots, SA_{25}] \\
 PN &= (D_0 \& b_0) \wedge (D_1 \& b_1) \dots \wedge (D_{25} \& b_{25}) \\
 N_{PN1}(n) &= [PN(16n+15), PN(16n+14), \dots, PN(16n+1), PN(16n)] \\
 SN_{\text{random}}(n) &= \text{floor}((N_{PN1}(n) * N_{\text{effective_slot}}) / 2^{16}) \quad (\text{식 7-8})
 \end{aligned}$$

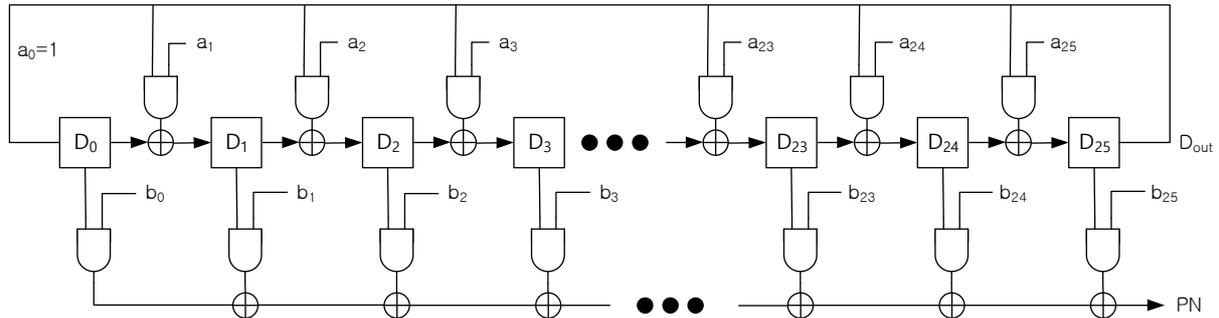
여기서, SA 는 단말의 근원 주소(source address) 의 하위 비트이고, F 는 프레임 번호이고, M은 분(minute)를 의미하고, H는 오전과 오후가 12시간으로 이루어진 시(hour)를 의미하며, 1에서 12까지의 값을 가진다. PN(0) 는 PN 레지스터에 초기 값이 로딩되었을 때의 PN 값을 의미한다. 현재 시간을 알지 못하는 B 동기 단말은 $[a_{16}, a_{15}, \dots, a_1]$ 의 각 비트를 $[1, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 1]$ 로 세팅한다.

랜덤하게 선택된 슬롯 번호는 $SN_{\text{random}}(0)$ 이다. 복수의 슬롯을 랜덤하게 선택하는 경우에도, 하나의 슬롯을 랜덤하게 선택하는 방법과 같다. 다만, $N_{PN1}(n)$ 의 n 값이 계속 증가한다.

선택된 복수 개의 슬롯 번호들은 모두 달라야 한다.

7.6.1.1 방송 슬롯 충돌 관리

충돌 톤은 짝수 번째 프레임 번호에서만 전송된다. 방송 슬롯의 충돌은 이와 매핑된 경쟁 톤 슬롯에서 검사한다. 방송 슬롯의 자원 충돌 검사 구간은 SS_{start} 부터 SS_{16} 까지 이다. 충돌 검사 구간에서는 자신의 톤을 3번 전송하며, 자신의 톤을 전송하지 않는 부슬롯에서는 캐리어 센싱으로 다른 단말의 톤을 검출한다. 자신의 톤을 전송하는 구간은 아래의 PN 코드 생성기를 이용한다.



(그림 7-28) 충돌 톤 구간 계산을 위한 PN code 생성기

$$\begin{aligned}
 [D_{25}, D_{24}, \dots, D_0]_{ini} &= [SA_{25}, SA_{24}, \dots, SA_0] \\
 [a_{25}, a_{24}, \dots, a_{17}] &= [S_8, S_7, \dots, S_0] \\
 [a_{16}, a_{15}, \dots, a_{11}] &= [F_5, F_4, \dots, F_0] \\
 [a_{10}, a_9, \dots, a_1, a_0] &= [M_5, M_4, M_3, M_2, M_1, M_0, H_3, H_2, H_1, H_0, 1] \\
 [b_{25}, b_{24}, \dots, b_0] &= [SA_0, SA_1, \dots, SA_{25}] \\
 PN &= (D_0 \& b_0) \wedge (D_1 \& b_1) \dots \wedge (D_{25} \& b_{25}) \\
 N_{PN1}(n) &= [PN(12n+11), PN(12n+10), \dots, PN(12n+1), PN(12n)] \\
 N_{TX}(n) &= SS_{start} + \text{floor}(N_{PN1}(n) * (17 - SS_{start}) / 2^{12}) \quad (\text{식 7-9})
 \end{aligned}$$

여기서, SA 는 단말의 근원 주소(source address) 의 하위 비트이고, F 는 프레임 번호이고, S 는 슬롯 번호이고, M 은 분(minute)을 의미하고, H 는 오전과 오후가 12 시간으로 이루어진 시(hour)를 의미하며, 1에서 12까지의 값을 가진다. PN(0) 는 PN 레지스터에 초기 값이 로딩되었을 때의 PN 값을 의미한다. 현재 시간을 알지 못하는 B 동기 단말은 $[a_{16}, a_{15}, \dots, a_1]$ 의 각 비트를 모두 '1' 로 세팅한다. 자신의 첫번째 톤 전송 구간은 $N_{TX}(0)$ 이다. 두번째 구간은 $N_{TX}(1)$ 이나, 만약 $N_{TX}(1)$ 의 값이 $N_{TX}(0)$ 과 같다면, 다른 값이 나올 때까지 n을 증가시킨다. 이 값이 n_1 이면, 세번째 톤 전송 구간은 $N_{TX}(n_1+1)$ 이다. 만약 $N_{TX}(n_1+1)$ 이 $N_{TX}(n_1)$ 와 같은 값이거나 혹은 $N_{TX}(0)$ 과 같은 값이면 다른 값이 나올 때까지 n을 증가시킨다. 이 값이 n_2 면, 세번째 톤 전송 구간은 $N_{TX}(n_2)$ 가 된다. $N_{TX}(n_0), N_{TX}(n_1), N_{TX}(n_2)$ 값들은 ACK/NACK 혹은 우선권 관련 부슬롯 번호 등의 미리 설정된 특수 용도의 부슬롯 번호와 달라야 한다.

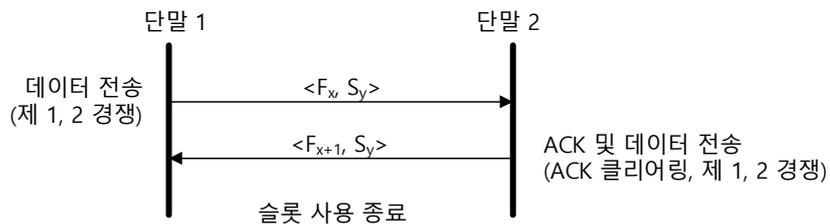
자원 충돌 검사시에 톤 검출을 결정하는 수신 파워 임계 값 $PRX_{broadcast_thre}$ 은 상위

계층에서 결정한다. 충돌 검사 구간에서 다른 단말의 톤이 검출되면 이를 충돌이 발생한 것으로 정의한다. 충돌이 발생하면, 충돌을 허용할 것인지, 해당 슬롯을 포기할 것인지를 결정해야 한다. 충돌 허용 파워 값 $PRX_{broadcast_collision}$ 은 상위 계층에서 결정한다.

단말이 해당 슬롯을 포기하기로 결정한 경우, 슬롯 클리어링과 신호 전송을 중지하기 전에 새로운 방송 슬롯을 할당해야 하는지의 여부와 새로운 방송 슬롯을 기존 방송 슬롯과 겹침 할당시에 겹침 회수 $N_{bch_overlap}$ 는 상위 계층에서 결정한다.

7.6.2 대화 슬롯의 동작 및 관리

대화 슬롯을 할당한 이후에는 대화 슬롯 사용 단말들이 슬롯 클리어링을 수행한다. 그러나, 1회성 대화 슬롯 할당시에는 슬롯 클리어링을 수행하지 않고 ACK 클리어링만 1회 사용한다. 방송 채널에서 대화 슬롯을 사용할 경우에는 슬롯 클리어링을 수행한다. 또한, 1회성 할당인 경우 슬롯 클리어링을 수행하지 않는다. 대화 슬롯을 지속적으로 점유하는 것은 슬롯 클리어링으로 이루어진다. 슬롯 클리어링을 수행하지 않으면 자동으로 슬롯이 반납된다. 따라서, 같은 대화 슬롯을 사용중인 단말들이 동시에 슬롯 클리어링을 중지해야 한다. 동시에 중지할 수 없는 경우, 혼자서 중지한다. 7.6.2.3.1 절과 7.6.2.3.2 절에 충돌이 발생한 경우의 슬롯 클리어링을 중지하는 방법이 기술되어 있다. 충돌이 아닌 다른 이유로 해당 슬롯에서 두 단말간의 통신이 불가능한 경우에도, 같은 방법을 사용한다. 단말은 점유한 대화 슬롯의 자원 충돌 여부를 조사해야 한다. 자원 충돌을 검사는 자원 충돌 검사 구간에서 실시된다. 대화 슬롯의 충돌 검사는 대화 슬롯을 송신하는 단말과 수신하는 단말이 함께 실시해야 한다. 충돌 검사로 자원의 충돌이 검출되면 충돌 허용 여부를 결정한다. 충돌이 허용되지 않을 경우, 단말은 해당 슬롯을 포기하여야 한다. 포기하기 전에 다른 대화 슬롯을 할당해야 하는지의 여부 및 새로운 슬롯과 이전 슬롯의 겹침 회수 $N_{tch_overlap}$ 은 상위 계층에서 결정한다.



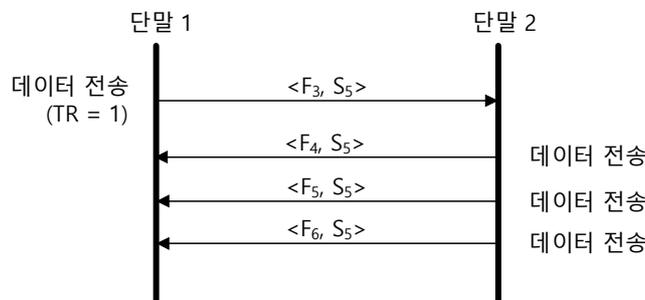
(그림 7-29) 1회성 슬롯 할당과 ACK 클리어링을 수행하는 절차

고정 대화 슬롯의 동작 방법은 특정 단말들만이 사용 가능하다는 점 이외에는 일반 대화 슬롯의 동작 방법과 같다.

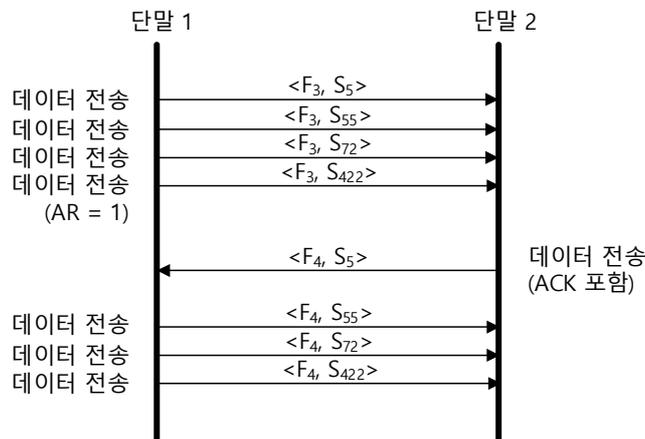
7.6.2.1 대화 슬롯 전송권 관리

일대일 통신에서 대화 슬롯을 사용할 경우, 현재 슬롯에 대한 전송권은 이양될 수

있다. 처음에 슬롯을 할당하는 시점에서는 대화 시작 단말이 슬롯을 할당하고, 할당된 슬롯으로 할당 요청을 전송한다. 대화 상대 단말은 자동으로 전송권을 이양 받아서 다음 슬롯에서 요청에 대한 응답을 전송한다. 이후 전송권은 대화 시작 단말에게 있다. 대화 시작 단말은 전송권을 대화 상대 단말에게 넘길 수 있다. 이때, 전송권 이양을 나타내는 TR(Transmit Right) 비트 혹은 '0xC0' 데이터 헤더가 데이터에 포함되어야 한다. TR 비트가 '1' 이거나 데이터 헤더가 '0xC0' 면, 전송권 이양을 의미한다. 이에 반해서 AR(ACK Request) 비트 혹은 '0xC1'의 데이터 헤더는 ACK 응답을 위한 1회성 ACK 요청을 의미한다. AR 비트 혹은 AR 데이터 헤더의 사용 여부는 상위 계층에서 결정한다. AR 비트가 '1'이거나 '0xC1'의 데이터 헤더가 데이터에 포함된 경우, 자동으로 1회 전송권이 이양된다. 대화 슬롯을 복수 개 할당한 경우에는 AR 비트가 '1'일 경우, 이 AR 비트를 수신한 다음 대화 슬롯에서 전송권을 이양받는다.



(그림 7-30) TR 비트의 사용과 전송권 이양 예



(그림 7-31) AR 비트의 사용과 1회성 전송권 이양 예

7.6.2.2 대화 슬롯에 대한 ACK 응답

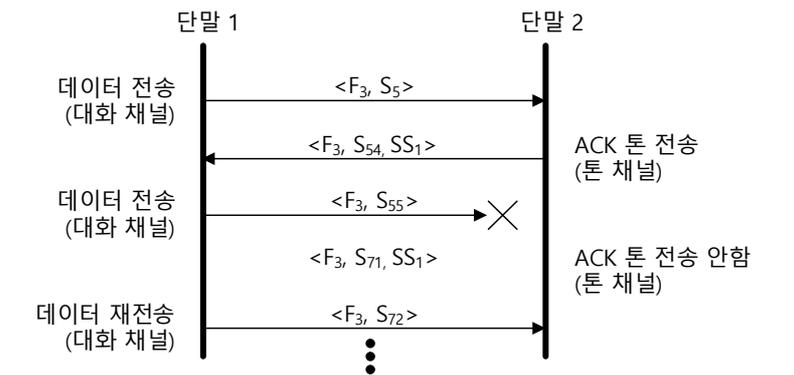
대화 시작 단말이 대화 슬롯에서 슬롯을 할당하기 위해서는 반드시 다음 프레임의 같은 슬롯에서 대화 상대 단말로부터 ACK 응답을 수신해야 한다. 슬롯이 할당된 이후에는, 대화 슬롯에서 패킷을 수신한 단말은 ACK를 보내야 한다. ACK를 보내는 방법은 경쟁 톤 부슬롯에서 ACK용 부슬롯을 사용하는 방법 혹은 단말이 점유한 방

송 슬롯에 대화 슬롯의 ACK를 포함하는 방법 혹은 AR 비트와 헤더를 이용한 방법이 있다. ACK를 전송하는 이 세가지 방법은 함께 쓰일 수 있으며 상위 계층이 이를 결정한다. ACK가 수신되지 않은 경우의 재전송 수행 여부는 상위 계층에서 결정한다. 단 이때, 재전송 패킷에는 재전송 데이터 헤더 0xC6가 포함되어야 한다. 대화 슬롯에서 시퀀스의 사용 여부와 방법은 상위 계층에서 결정한다.

대화 슬롯이 일회성으로 할당된 경우의 ACK 송신은 두가지 방법이 있다. 첫번째 방법은 대화 상대 단말이 다음 프레임의 같은 슬롯에서 ACK 클리어링을 수행하고 ACK 응답을 보내는 것이다. 두번째 방법은 대화 상대 단말이 임의의 슬롯에서 ACK 응답을 보내는 것이다. 일회성 패킷에 대한 응답과 재전송의 방법은 상위 계층에서 결정한다.

7.6.2.2.1 ACK 톤 부슬롯을 통한 ACK 전송

대화 슬롯에서 패킷을 A 단말이 전송하고 이를 B 단말이 수신한 경우, B 단말은 톤 부슬롯을 통하여 ACK 전송을 수행할 수 있다. ACK 전송이 수행되는 톤 슬롯은 두 단말간에 전송이 수행되는 다음 대화 슬롯과 매핑된 톤 슬롯이다. 이 톤 슬롯에서 첫번째 부슬롯은 슬롯 클리어링 부슬롯이기 때문에, ACK 응답 부슬롯은 1번 부슬롯이다. 그러나, ACK 응답 부슬롯의 위치는 상위 계층에서 변경시킬 수 있다. 패킷을 전송한 단말은 다음 패킷을 전송하기 전에 ACK 응답을 톤 슬롯에서 수신할 수 있으므로, ACK 응답을 보고 재전송 여부를 결정할 수 있다. 그러나, ACK 응답이 없다고 해서 무조건 재전송을 수행하지는 않는다. ACK 응답이 없는 경우의 재전송 수행 여부는 상위 계층에서 결정한다. ACK 톤 대신에 NACK 톤을 이용하는 것도 가능하다. 이는 상위 계층에서 결정한다.

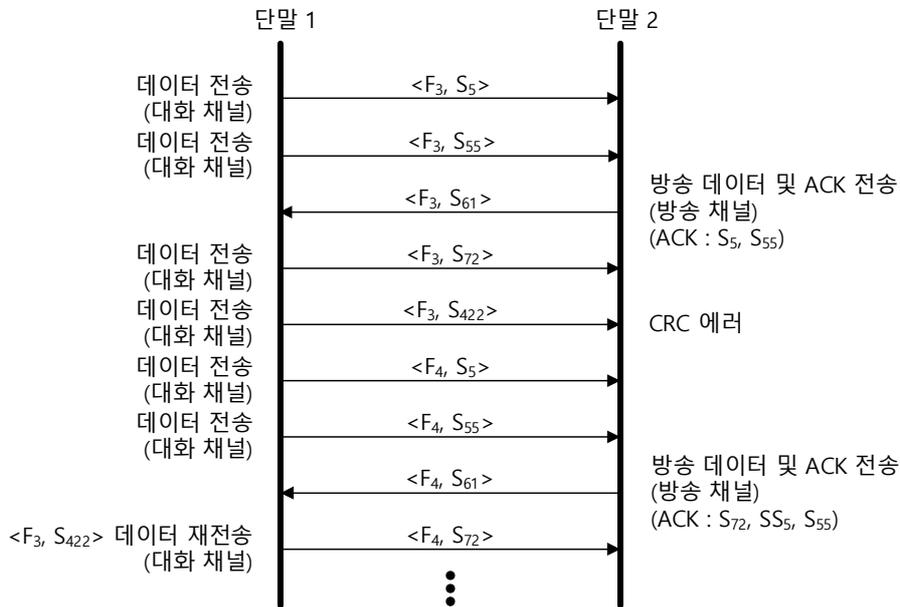


(그림 7-32) 톤 부슬롯을 통한 ACK 전송과 재전송 예

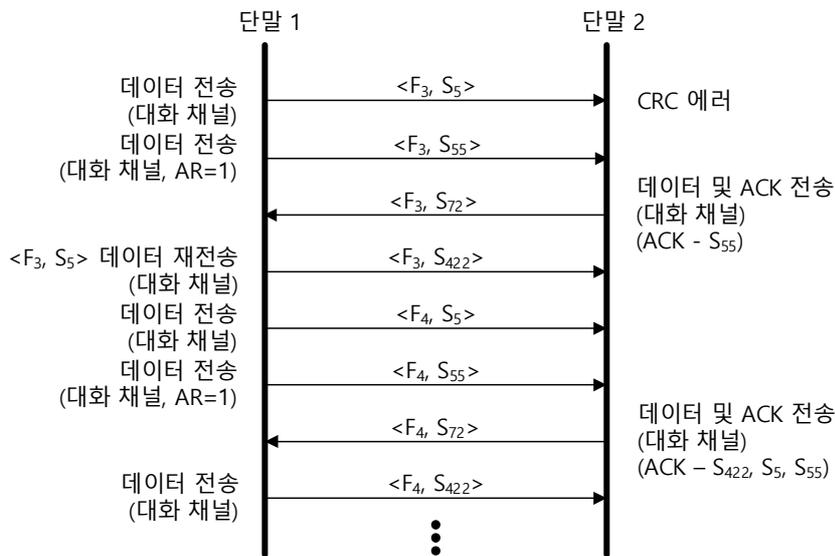
7.6.2.2.2 방송 슬롯을 통한 ACK 전송

대화 슬롯에서 패킷을 수신한 단말은 자신이 슬롯 클리어링을 수행하고 있는 방송 슬롯에서 상기 대화 슬롯에 대한 ACK를 전송할 수 있다. 또한, 대화 패킷 수신 단말은 방송 슬롯에서 복수의 대화 슬롯에 대한 ACK를 전송할 수 있다. 복수의 대화 슬롯에 대한 ACK를 전송할 경우, 패킷의 시퀀스와 ACK를 매핑시키거나, 슬롯 번

호와 ACK를 매핑시켜야 한다. 슬롯 번호와 ACK를 매핑시키는 경우, 필요하다면 슬롯 번호와 프레임 번호를 함께 매핑시킬 수 있다. 구체적인 ACK 전달 형식, 슬롯 번호와 프레임 번호를 함께 매핑하는 여부 등은 상위 계층이 결정한다.



(그림 7-33) 방송 슬롯을 통한 ACK 전송 예 - 대화 슬롯 5, 55, 72, 422 사용



(그림 7-34) AR 비트를 이용한 ACK 전송과 재전송의 예 - 대화 슬롯 5, 55, 72, 422 사용

7.6.2.2.3 AR 비트 혹은 AR 데이터 헤더를 이용한 ACK 요청과 응답

대화 슬롯에서 AR 비트가 '1'로 세팅된 패킷 혹은 AR 헤더를 의미하는 '0xC1'의 데이터 헤더가 포함된 패킷을 한 단말이 전송하고 이를 대화 상대 단말이 수신한 경우, AR 비트 혹은 AR 헤더를 수신한 단말은 할당된 다음 대화 슬롯에서 전송권을 넘겨 받고, 이전 대화 슬롯에 대한 ACK를 송신한다. ACK가 송신된 이후, AR

비트 혹은 헤더 송신 단말의 해당 ACK 수신 여부와 상관없이, 전송권은 다시 AR 비트 혹은 헤더 송신 단말에게 자동으로 넘어간다. AR 비트 혹은 헤더 송신 단말은 ACK 가 수신되지 않으면, 패킷을 재전송 할 수 있다. 재전송 패킷에는 재전송 데이터 헤더 0xC6 가 포함되어야 한다.

7.6.2.3 대화 슬롯 충돌 관리와 수신 상태 관리

단말은 점유한 대화 슬롯에서 자원 충돌 여부를 조사해야 한다. 대화 슬롯을 송신하는 단말과 수신하는 단말이 모두 충돌 여부를 조사한다. 대화 슬롯의 충돌 톤도 짝수 번째 프레임 번호에서만 전송된다. 처음에 슬롯을 할당한 대화 시작 단말의 자원 충돌 검사 구간에서 자신의 톤을 전송하는 방법은 7.6.1.1 절의 방법과 같다. 우선권 슬롯의 충돌 관리는 상위 계층에서 결정한다. 대화 상대 단말은 7.6.1.1 절의 방법으로 $N_{TX}(n_0)$, $N_{TX}(n_1)$, $N_{TX}(n_2)$ 를 계산하고, 추가적으로 $N_{TX}(n_3)$ 를 더 계산한다. $N_{TX}(n_3)$ 는 $N_{TX}(n_0)$ 및 $N_{TX}(n_1)$ 및 $N_{TX}(n_2)$ 와 다른 값이어야 한다. 만약, $N_{TX}(n_0)$, $N_{TX}(n_1)$, $N_{TX}(n_2)$, $N_{TX}(n_3)$ 이 ACK/NACK 혹은 우선권 관련 부슬롯 번호 등의 미리 설정된 특수 용도의 부슬롯 번호와 같다면, 다시 값을 계산해야 한다. 대화 상대 단말은 $N_{TX}(n_1)$, $N_{TX}(n_2)$, $N_{TX}(n_3)$ 에서 자신의 톤을 전송한다. 대화 시작 단말은 $N_{TX}(n_3)$ 에서 검출되는 톤을 대화 상대 단말의 톤으로 인식하고, 충돌 발생으로 간주하지 않는다. 대화 상대 단말은 $N_{TX}(n_0)$ 에서 검출되는 톤을 대화 시작 단말의 톤으로 인식하고, 충돌 발생으로 간주하지 않는다. 여기서, 충돌 톤 전송에 사용되는 26 비트는 해당 대화 슬롯을 할당한 단말의 주소 값의 하위 26 비트이다. 자원 충돌 검사시에 톤 검출을 결정하는 수신 파워 임계 값 $PRX_{talk_collision_thre}$ 은 상위 계층에서 결정한다. 충돌 검사 구간에서 다른 단말의 톤이 검출되면 이를 충돌이 발생한 것으로 정의한다. 충돌이 발생하면, 충돌을 허용할 것인지, 해당 슬롯을 포기할 것인지를 결정해야 한다. 원하는 신호의 파워 값과 원하지 않는 신호의 파워 값의 차이가 충돌 허용 마진 값 $PRX_{margin1}$ 보다 더 크면 충돌이 허용된다. 수신 파워의 단위는 dBm 이고, $PRX_{margin1}$ 의 단위는 dB 이다.

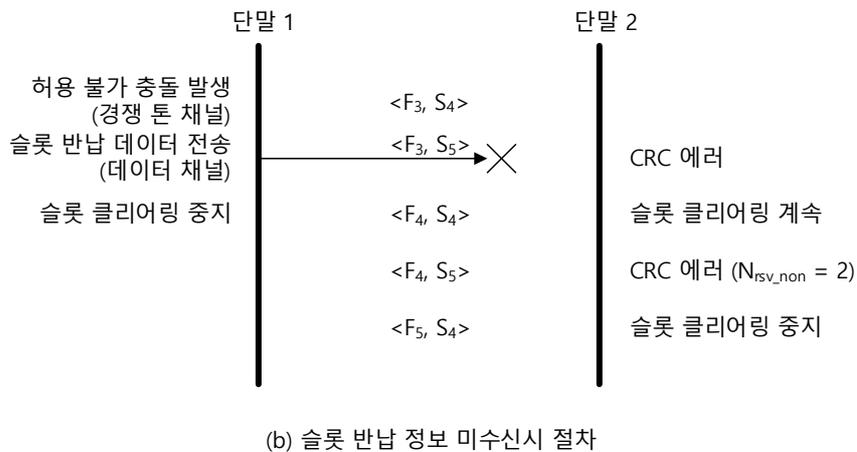
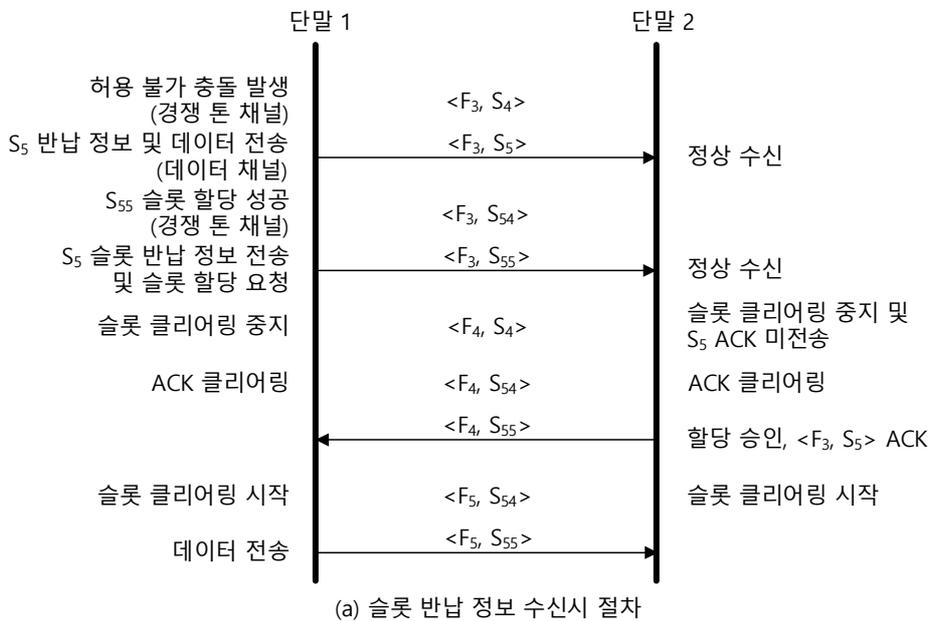
$$PRX_{wanted} - PRX_{unwanted} < PRX_{margin1} \quad (\text{식 7-10})$$

여기서, PRX_{wanted} 는 대화 상대방이 송신하는 데이터 채널의 현재 수신 파워이고 $PRX_{unwanted}$ 는 해당 톤 슬롯에서 검출되는 원치 않는 톤 신호의 최대 파워 값이다. $PRX_{margin1}$ 값은 상위 계층에서 결정한다. $PRX_{margin1}$ 보다 더 작은 마진 값이 연속 두 번 계산되면 충돌은 허용되지 않으며 단말은 해당 슬롯을 반납한다. 만약, $PRX_{margin2}$ 보다 더 작은 마진 값이 계산되면 충돌은 허용되지 않으며 단말은 즉시 해당 슬롯을 반납한다.

$$PRX_{wanted} - PRX_{unwanted} < PRX_{margin2} \quad (\text{식 7-11})$$

충돌이 감지되고 그 충돌이 허용되지 않는다면, 충돌 감지 단말은 이를 상대방 단말에게 알려야 한다.

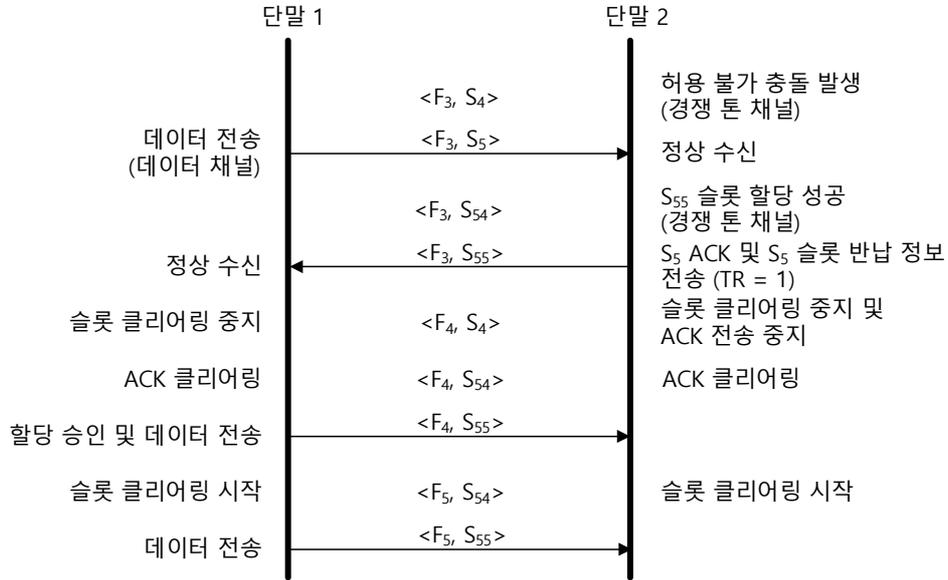
전송권이 있는 단말에서 허용할 수 없는 충돌이 발생한 경우, 전송권 단말은 해당 슬롯에서 해당 슬롯의 반납을 알리는 데이터 헤더 '0xC2'가 포함된 패킷을 1회 전송하고 슬롯을 반납해야 한다. 비 전송권 단말은 이 패킷을 수신한 경우, 해당 슬롯을 함께 반납한다. 전송권 단말은 다른 슬롯에서 비 전송권 단말에게 할당 승인 요청 패킷을 전송하면서, 0xC3 헤더와 반납 슬롯 번호를 사용하여, 반납 슬롯에 대한 정보를 전송할 수 있다. 비 전송권 단말은 할당 요청을 수신할 때, 반납 슬롯에 대한 정보를 함께 수신하면 해당 슬롯을 반납해야 한다. 이후, 비 전송권 단말은 새로이 할당 요청된 슬롯에 대한 할당 승인 패킷을 보낼 때, 이전에 수신한 데이터에 대한 ACK 정보를 포함하여 보낼 수 있다.



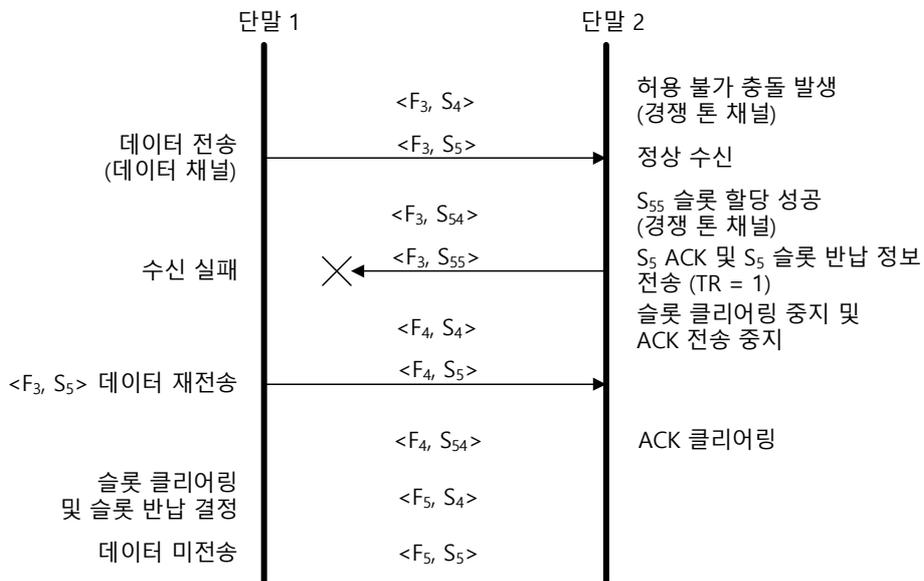
(그림 7-35) 전송권 단말에서 허용되지 않는 충돌 발생시 절차 예 - 단일 슬롯

만약, 비 전송권 단말이 전송권 단말로부터 해당 슬롯에 대한 반납 정보를 받지 못

한 상태에서, 계속 CRC 가 에러가 나면, 연속해서 N_{rsv_non} 회 에러가 날 경우 해당 슬롯을 반납한다. 이때, 대화 중이 아닌 단말의 신호가 수신되어 CRC 가 good 이 되는 경우에는 즉시 해당 슬롯을 반납한다. N_{rsv_non} 는 기본적으로 2 의 값을 가지나, 상위 계층에서 다른 값을 설정할 수 있다.



(a) 슬롯 반납 정보 수신시 절차



(b) 슬롯 반납 정보 미수신시 절차

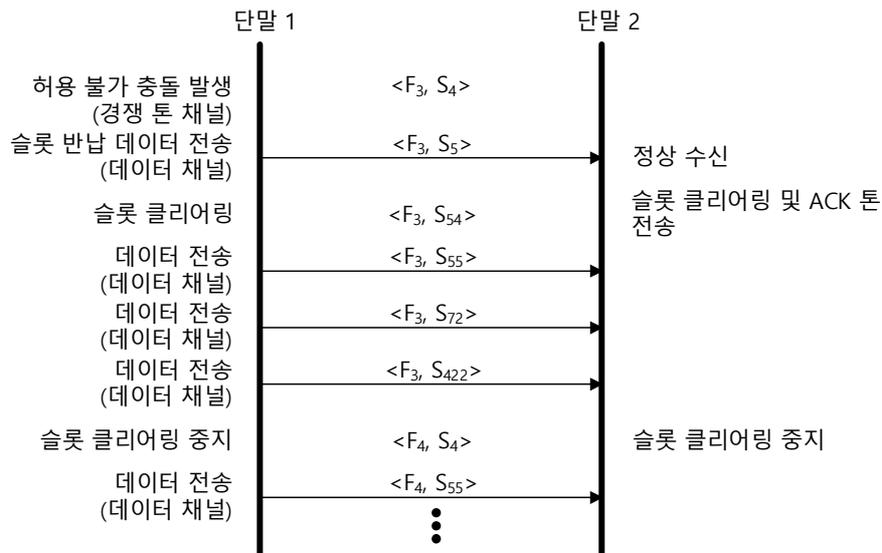
(그림 7-36) 비 전송권 단말에서 허용되지 않는 충돌 발생시 절차 예 - 단일 슬롯

비 전송권 단말에서 허용할 수 없는 충돌이 일어나면, ACK 전송을 중지한다. 전송권 단말은 N_{ack_non} 회 ACK를 수신하지 못하면, 해당 슬롯을 반납한다. N_{ack_non} 는 기본적으로 2 의 값을 가지나, 상위 계층에서 다른 값을 설정할 수 있다. 비 전송권 단말은 허용할 수 없는 충돌 감지 후에, 새로운 슬롯을 할당하여 전송권 단말에게 할당 요청 패킷을 전송할 수 있고, 이 때 슬롯 반납 데이터 헤더 '0xC3'와 반납

슬롯 번호와 전송권 이양 데이터 헤더 '0xC0'를 함께 전송할 수 있다. 전송권 단말은 다른 슬롯에서 수신된 할당 요청 패킷에 해당 슬롯에 대한 반납 정보가 있는 경우, 즉시 해당 슬롯을 반납한다. 전송권 단말은 수신된 할당 요청 패킷에 대한 할당 승인 패킷을 전송하고, 새로이 할당된 슬롯에 대한 전송권도 이양 받아서 데이터 전송을 재개할 수 있다. 만약, 비 전송권 단말로부터 슬롯 반납 정보를 수신하지 못한 상황에서, N_{ack_non} 회 ACK를 수신하지 못하면, 해당 슬롯을 반납하고, 새로운 슬롯을 할당하여 통신을 수행한다.

복수 슬롯을 할당하여 슬롯을 사용하고 있는 경우, 전송권 단말은 슬롯 반납 데이터 헤더 '0xC3'와 반납 슬롯 번호를 다른 할당 슬롯에서 전송한 후, 해당 슬롯을 반납한다. 비 전송권 단말은 이 패킷을 수신하여 해당 슬롯을 반납한다.

전송권이 없는 단말은 해당 슬롯에 대한 ACK 전송을 중지하고, 해당 슬롯에 대한 슬롯 클리어링을 중지한다. 또 일회성 대화 슬롯을 할당하여 해당 슬롯 반납 정보를 전송권 단말에게 전송한다. 이때, 일회성 슬롯에 대한 ACK 클리어링은 수행하지 않는다. 전송권 단말은 N_{ack_non} 회 ACK 가 오지 않거나, 일회성 대화 슬롯에서 슬롯 반납 정보가 수신되면 해당 슬롯을 반납한다.



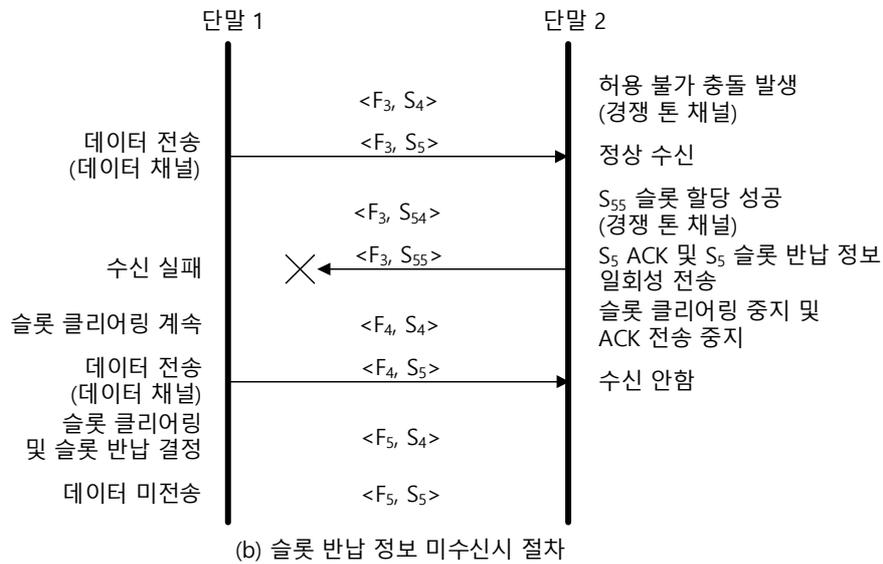
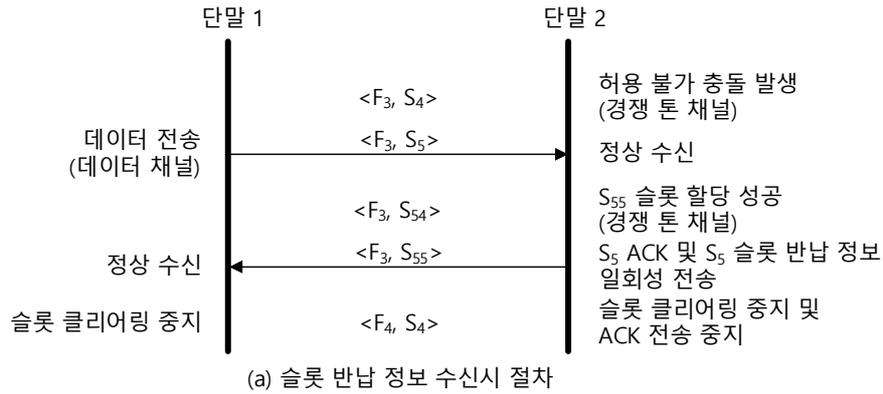
(그림 7-37) 전송권 단말에서 허용되지 않는 충돌 발생시 절차 예 - 복수 슬롯

대화 참여 단말들은 서로 대화 상대방만이 송신하는 톤 신호들을 수신하여, 수신 파워 PRX_{talk_rsv} 를 측정해야 한다. 이 파워 측정 값이 PRX_{talk_thre} 보다 연속해서 N_{talk_thre} 회 작으면, 해당 슬롯을 반납해야 한다. N_{talk_thre} 는 2 이나 상위 계층에서 변경할 수 있다. PRX_{talk_thre} 는 상위 계층에서 결정한다.

이때, 슬롯을 반납하는 절차는 전송권 단말과 비 전송권 단말이 다르다. 전송권 단말은 해당 슬롯을 반납한다는 패킷을 전송한 후에 해당 슬롯을 반납한다. 이 패킷을 수신한 비 전송권 단말은 즉시 해당 슬롯을 반납한다. 이 패킷을 수신하지 못한 비 전송권 단말은 N_{rsv_non} 회 패킷을 수신하지 못하면 해당 슬롯을 반납한다.

비 전송권 단말이 슬롯을 반납하는 경우, ACK 송신을 중단하고, 해당 슬롯과 매핑된 톤 슬롯에서 아무 신호도 전송하지 않음으로써 슬롯을 반납한다. ACK를 수신하

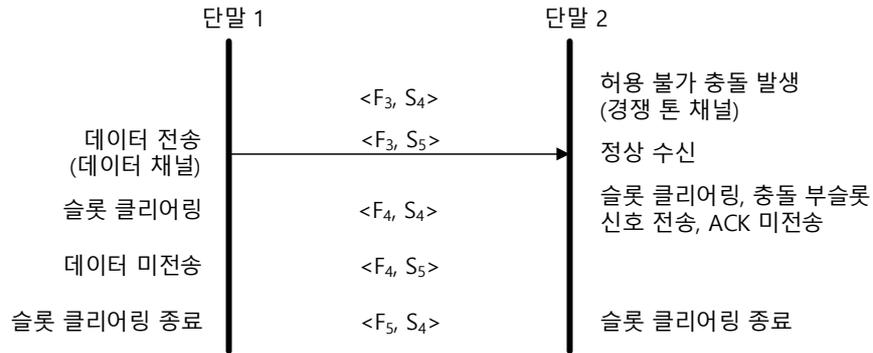
지 못하는 전송권 단말은 N_{ack_non} 회 ACK를 수신하지 못하면, 슬롯을 반납한다.



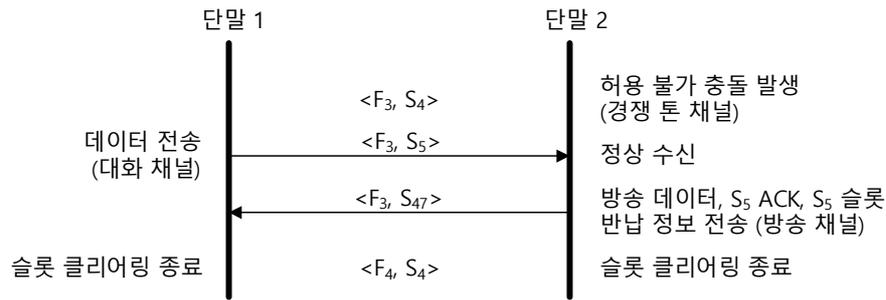
(그림 7-38) 비 전송권 단말에서 허용되지 않는 충돌 발생시 절차 예 - 복수 슬롯

7.6.2.3.1 충돌 감지 부슬롯을 이용한 충돌 정보 전달

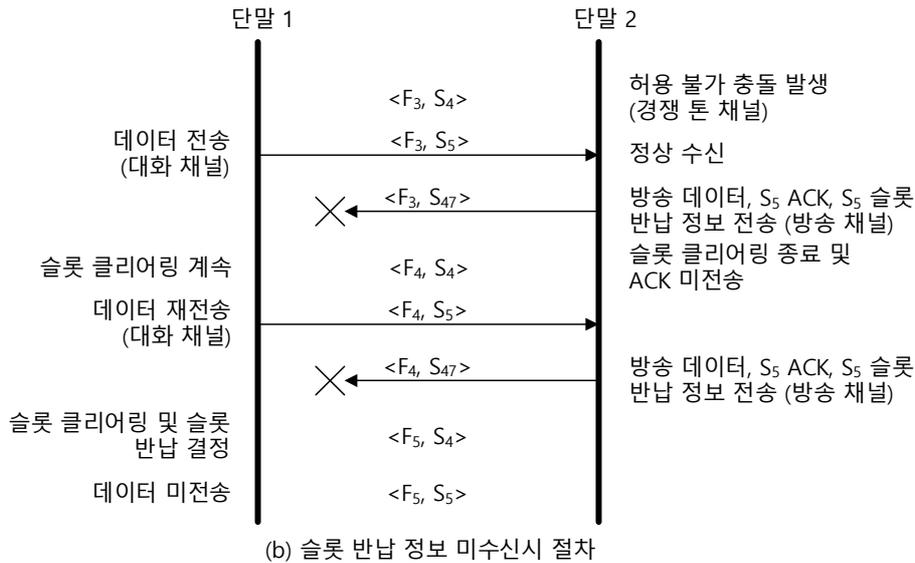
단말은 허용이 되지 않는 충돌이 발생한 경우, 설정된 충돌 감지 부슬롯에서 톤 신호를 전송할 수 있다. 충돌 감지 부슬롯에서 톤 신호를 전송한 단말은 즉시 슬롯 클리어링을 중지한다. 충돌 감지 부슬롯에서 톤 신호를 수신한 단말은 즉시 슬롯 클리어링을 중지한다. 충돌 감지 부슬롯의 사용 여부와 부슬롯 번호는 상위 계층이 결정한다.



(그림 7-39) 충돌 감지 부슬롯의 이용 예



(a) 슬롯 반납 정보 수신시 절차



(b) 슬롯 반납 정보 미수신시 절차

(그림 7-40) 방송 슬롯을 이용하는 방법

7.6.2.3.2 방송 슬롯을 이용한 슬롯 반납 정보 전달

단말은 허용이 되지 않는 충돌이 발생한 경우, 자신이 점유하고 있는 방송 슬롯에서 대화 슬롯의 반납 정보를 포함하여 패킷을 전송할 수 있다. 이 경우, 반납 정보를 방송한 단말은 즉시 해당 슬롯에 대한 슬롯 클리어링을 중지한다. 방송 슬롯에서 해당 슬롯의 반납 정보를 수신한 대화 상대 단말은 즉시 해당 슬롯에 대한 슬롯 클리어링을 중지한다. 이 방송 슬롯의 반납 정보를 수신하지 못한 경우, N_{rsv_non}

회 데이터를 수신하지 못하거나, N_{ack_non} 회 ACK를 수신하지 못하면 슬롯 클리어링을 중지한다. 충돌 정보 전달에 방송 슬롯 사용 여부는 상위 계층이 결정한다.

7.6.2.4 대화 슬롯의 추가 할당

대화 슬롯을 추가 할당할 경우에 유효 슬롯 맵을 사용하여 할당을 해야 한다. 유효 슬롯 맵을 생성하는 방법은 두가지이다. 첫째, 방송 슬롯에서 슬롯 맵이 방송되는 경우, 방송되는 슬롯 맵을 이용하여 유효 슬롯 맵을 작성하는 방법이다. 둘째, 기존의 대화 슬롯을 이용하여 슬롯 맵 정보를 수신하는 방법이다. 슬롯 맵을 수신했는데, 유효 슬롯이 없는 경우 추가적인 슬롯 할당을 할 수 없다. 구체적 절차는 7.5.2.3.5 절의 내용을 따른다.

7.6.3 고정 대화 슬롯의 동작 및 관리

고정 대화 슬롯은 특정 단말 종류 혹은 특정 상황 혹은 특정 서비스에 한정되어 사용된다. 고정 대화 슬롯에 대한 사용권이 없는 단말은 고정 대화 슬롯을 할당할 수 없다. 고정 대화 슬롯에도 우선권이 지정될 수 있다. 고정 대화 슬롯들로 슬롯 그룹을 구성할 수 있다. 특정 종류의 단말이 고정 대화 슬롯을 계속 수신해야 하는가의 여부는 상위 계층에서 결정한다. 고정 대화 슬롯을 점유한 경우, 자원 충돌 검사 구간에서 실시되는 충돌 관리는 7.6.2.3절의 방법과 같다. 고정 대화 슬롯을 방송 슬롯으로 사용할 경우의 충돌 관리는 7.6.1.1절의 방법과 같다. 허용할 수 없는 충돌이 일어나면, 해당 슬롯을 포기해야 한다. 자세한 고정 대화 슬롯의 구성과 사용 방법은 상위 계층에서 결정한다. 고정 대화 슬롯은 방송 슬롯으로도 사용될 수 있다. 고정 대화 슬롯에서 일회성 및 지속적 일대다 패킷을 송신할 수 있다. 1회성 사용의 경우, 슬롯 클리어링을 수행하지 않는다. 1회성 고정 대화 슬롯 사용의 경우, MAC 헤더가 '0x05' 이면, ACK 클리어링을 수행하고, MAC 헤더가 '0x06' 이면, ACK 클리어링을 수행하지 않으며, 패킷에 대한 응답은 가능한 모든 슬롯에서 이루어질 수 있다.

7.6.4 지정 대화 슬롯의 동작 및 관리

지정 대화 슬롯은 슬롯 클리어링을 수행하지 않으며 충돌 여부를 조사하지도 않는다. 자원의 할당과 반납도 없다. 지정 대화 슬롯과 매핑된 톤 슬롯은 경쟁 수행에 사용하지 않고, 정보 톤 슬롯, 선형화 톤 슬롯 등으로 사용이 가능하다. 지정 대화 슬롯은 지정된 단말만이 사용 가능하다. 자세한 지정 대화 슬롯의 구성과 사용 방법은 상위 계층에서 결정한다.

7.6.5 슬롯 그룹의 동작 및 관리

슬롯 그룹은 1회성 통신을 수행하지 않는다. 자원 충돌 검사 구간에서 실시되는 자

원 충돌 검사와 충돌 허용 여부 결정은 7.6.2.3 절의 방법과 같다. 관리 단말에서 허용할 수 없는 충돌이 발생하면, 슬롯 그룹 슬롯 자원을 반납한다. 비관리 단말에서 허용할 수 없는 충돌이 발생하면, 단말은 다른 슬롯을 할당한 후, 이를 관리 단말에게 일대일 패킷을 전송하여 알려야 한다. 이를 수신한 관리 단말은 해당 단말을 슬롯 그룹 통신에서 제외시키거나 혹은 슬롯 그룹 동작을 중지해야 한다.

7.6.5.1 일대일 통신

일대일 통신에서 슬롯 그룹의 슬롯을 할당하는 것은 한 단말이 슬롯 그룹에 속하는 한 슬롯을 할당하는 것으로 이루어진다. 슬롯 그룹이 할당된 이후, 두 단말은 슬롯 그룹을 이용하여 통신을 수행한다. 통신이 종료되면, 슬롯 그룹에서의 슬롯 클리어링을 중지해야 한다. 비 전송권 단말이 패킷을 N_{rsv_non} 회 수신하지 못하거나, 전송권 단말이 ACK를 N_{ack_non} 회 수신하지 못하면, 슬롯 클리어링을 중지한다. ACK를 송신하는 방법은 상위 계층이 결정하나, 방송 채널을 이용한 ACK 전달은 할 수 없다. 허용할 수 없는 충돌이 발생한 이후, 전송권 단말은 슬롯 그룹의 가장 빠른 슬롯에서 이를 알리고, 슬롯 그룹을 반납한다. 허용할 수 없는 충돌이 발생한 이후, 비 전송권 단말은 ACK 부슬롯 전송을 중지하고, 슬롯 그룹을 반납한다. 이 때, 비 전송권 단말은 1회성 대화 슬롯을 할당하여 슬롯 그룹 반납 정보를 포함하는 패킷을 전송권 단말에게 송신해야 한다.

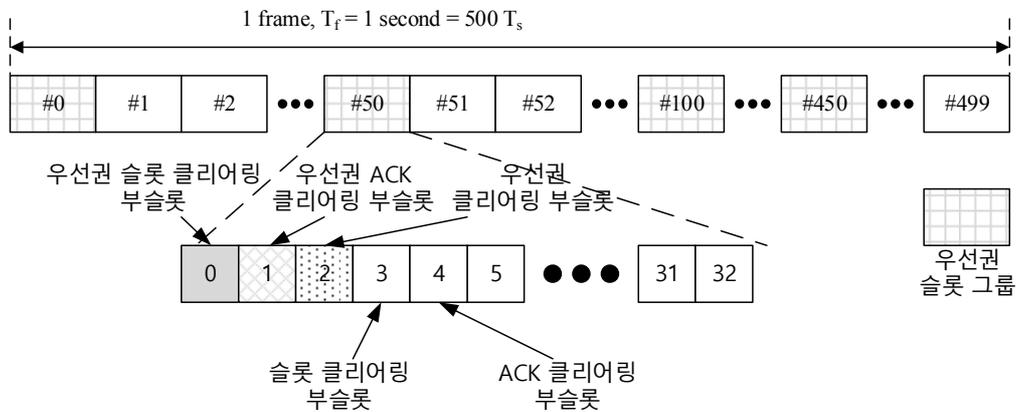
7.6.5.2 일대다 및 다대다 통신

일대다 혹은 다대다 통신시에 슬롯 그룹을 사용하는 경우, 반드시 슬롯의 할당과 반납을 관리하는 단말이 있어야 한다. 관리 단말은 방송 슬롯을 할당하여 슬롯 그룹을 이용한 일대다 혹은 다대다 통신에 대한 정보를 방송해야 한다. 이 방송 정보에는 슬롯 클리어링을 수행할 수 있는 방송 슬롯 최소 수신 파워 $PRX_{1tom_bch_thre}$ 혹은 $PRX_{mtom_bch_thre}$ 가 포함되어야 하며 이는 상위 계층이 결정한다. 통신을 종료할 때, 관리 단말은 방송 슬롯에서 슬롯 그룹 반납 명령을 전송하며, 방송 슬롯에서 첫번째 반납 명령을 전송하기 전까지의 모든 슬롯 그룹의 슬롯에서 반납 명령을 반복 전송한다. 관리 단말은 방송 슬롯에서 첫번째로 슬롯 그룹 반납 명령을 전송한 후 슬롯 그룹을 반납한다. 관리 단말은 방송 슬롯에서 2번 반납 명령을 전송하고 방송 슬롯도 반납한다. 비 관리 단말은 관리 단말로부터 슬롯 그룹 반납 명령을 받는 즉시 슬롯 그룹에 대한 슬롯 클리어링을 종료한다. 관리 단말의 방송 슬롯을 연속 N_{rsv_non} 회 수신하지 못한 단말은 슬롯 클리어링을 중지한다. 혹은 방송되는 최소 수신 파워보다 더 작은 파워로 방송 톤 신호가 수신되는 상황의 단말은 슬롯 클리어링을 종료한다.

7.6.5.3 우선권 슬롯 그룹 동작

우선권 슬롯 그룹은 우선권이 있는 단말이 우선권 클리어링을 수행하는 경우에만,

슬롯 그룹을 인정하는 것을 말한다. 우선권이 없는 단말들 입장에서는 해당 슬롯들을 슬롯 그룹으로 간주하지 않는다. 우선권 슬롯 그룹을 할당하려는 단말은 부슬롯 2 번에서 우선권 없는 단말들을 제거하기 위한 경쟁 톤 신호를 전송한다. 우선권 슬롯 그룹에 속하는 슬롯들은 평상시에 3번 부슬롯이 슬롯 클리어링 부슬롯으로 할당된다. 일반 단말이 우선권 슬롯 그룹에 속하는 슬롯을 할당한 경우에는, 우선권 슬롯 그룹 전체를 할당한 것으로 간주되지 않고 해당 슬롯 만을 할당한 것으로 간주된다. 우선권 단말은 부슬롯 2 번에서 우선권 클리어링을 수행한 후에, 부슬롯 3번부터 제 1 경쟁을 수행한다. 이때, 부슬롯 0 번은 우선권 슬롯 클리어링으로, 부슬롯 1 번은 우선권 ACK 클리어링으로 사용된다. 우선권 슬롯 그룹에서 우선권이 없는 단말들은 일회성 일대다 통신 패킷을 송신할 수 있지만, 일대다 및 다대다 통신을 위해서 슬롯을 지속적으로 점유할 수 없다. 우선권이 없는 단말들은 일대일 통신을 위해서만 슬롯을 지속적으로 점유할 수 있다.



(그림 7-41) 우선권 슬롯 그룹의 경쟁 톤 슬롯 구성 예

7.6.6 일대다 슬롯 동작 및 관리

지속적인 일대다 통신에 참여 하는 단말들은 서로 가까이 있어서 ACK 응답을 R_{ack} 이 매우 높거나 혹은 NACK 응답을 R_{nack} 이 매우 낮은 상태이어야 한다. 허용되는 ACK 응답을 R_{ack_thre} 혹은 허용되는 NACK 응답을 R_{nack_thre} 은 상위 계층에서 결정한다. 일대다 통신 관리 단말은 패킷의 ACK 응답을 혹은 NACK 응답을 조사하여, 허용되지 않는 응답율이 측정되면 일대다 통신 종료를 수행해야 한다. 일대다 패킷을 수신한 후에, 이에 대한 ACK 송신 여부는 상위 계층에서 결정한다. ACK 혹은 NACK 송신을 하지 않는 경우, 응답율은 측정되지 않는다. 일대다 송신 단말은 지속적으로 일대다 슬롯에서 패킷을 전송해야 한다. 전송할 데이터가 없으면, 패딩 데이터 헤더 0x80 을 사용한다. 일회성 혹은 지속적 일대다 패킷은 고유의 패킷 헤더 값을 가져야 한다.

7.6.6.1 일회성 슬롯 할당과 동작

일회성으로 할당한 슬롯에서 목적 주소를 여러 개 할당하거나 혹은 그룹 ID 로 할

당한 경우, 이 슬롯은 일대다 슬롯 혹은 다대다 슬롯이다. 일회성 할당에 대한 ACK 클리어링의 수행 여부는 MAC 헤더에 따라 결정된다. '0x13' 는 ACK 클리어링을 수행하는 일대다 패킷의 MAC 헤더이고, '0x14'은 ACK 클리어링을 수행하지 않는 일대다 패킷의 MAC 헤더이다. MAC 헤더가 '0x13' 인 경우, 패킷에 대한 응답은 다음 프레임의 같은 슬롯에서 이루어지고, MAC 헤더가 '0x14' 인 경우, 패킷에 대한 응답은 모든 슬롯에서 전송될 수 있다. 이 MAC 헤더의 사용은 상위 계층에서 결정한다. MAC 헤더가 '0x14' 인 경우, 수신 ACK를 송신하는 방법은 방송 슬롯에 ACK 정보를 포함하는 방법과 대화 슬롯을 할당하여 수신 ACK가 포함된 일대일 패킷을 전송하는 방법이 있다. 수신 ACK를 송신하는 방법은 상위 계층에서 결정한다. 일회성 일대다 패킷은 고유의 패킷 헤더 값들을 가진다.

7.6.6.2 슬롯을 점유하는 일대다 슬롯 할당과 ACK 응답 방법

지속적인 일대다 통신을 시작하는 단말은 슬롯들을 할당하고, 해당 슬롯들에서 슬롯 클리어링을 수행한다. 이 때, 일대다 통신 시작 단말은 일대다 통신 상대방들의 슬롯 맵이 방송되고 있다면, 이를 수신하여 그룹 유효 슬롯 맵을 작성한 후, 유효한 슬롯들만을 할당하여야 한다.

일대다 통신 시작 단말은 슬롯의 할당과 반납을 관리해야 한다. 관리 단말은 방송 슬롯을 할당하여 일대다 통신에 대한 정보를 방송해야 한다. 이 방송 정보에는 슬롯 클리어링을 수행할 수 있는 방송 슬롯 최소 수신 파워가 포함되며, 일대다 통신에 할당된 슬롯 번호 혹은 슬롯 그룹 정보도 포함된다.

일대다 통신을 시작하기 전에, 일대다 통신 관리 단말과 일대다 슬롯을 수신하려는 단말은, 할당한 일대다 슬롯들에서 함께 슬롯 클리어링을 수행하는데 필요한 정보를, 다른 대화 슬롯을 할당한 후 일대일 패킷을 통하여 주고 받아야 한다.

통신을 종료할 때, 관리 단말은 방송 슬롯에서 슬롯 그룹 반납 명령을 전송하며, 방송 슬롯에서 첫번째 반납 명령을 전송하기 전까지의 모든 일대다 슬롯에서 반납 명령을 반복 전송한다. 관리 단말은 방송 슬롯에서 첫번째로 슬롯 그룹 반납 명령을 전송한 후 일대다 슬롯들을 반납한다. 관리 단말은 방송 슬롯에서 2번 반납 명령을 전송하고 방송 슬롯도 반납한다. 비 관리 단말은 관리 단말로부터 일대다 슬롯들의 반납 명령을 받는 즉시 일대다 슬롯들에서 슬롯 클리어링을 종료한다. 관리 단말의 방송 슬롯을 연속 N_{rsv_non} 회 수신하지 못한 단말은 슬롯 클리어링을 중지한다. 혹은 방송되는 최소 수신 파워보다 더 작은 파워로 방송 톤 신호가 수신되는 상황의 단말은 슬롯 클리어링을 종료한다.

일대다 패킷에 송신에 대한 수신 ACK의 전송 여부와 방법은 상위 계층에서 결정한다. ACK 전송 방법은 다음의 방법을 사용한다.

7.6.6.2.1 ACK/NACK 톤 부슬롯을 통한 ACK 전송과 재전송

단말은 톤 부슬롯을 통하여 ACK 전송을 수행할 수 있다. 현재 일대다 슬롯에서 수신된 패킷에 대한 ACK 전송이 수행되는 톤 슬롯은 다음 일대다 슬롯과 매핑된 톤

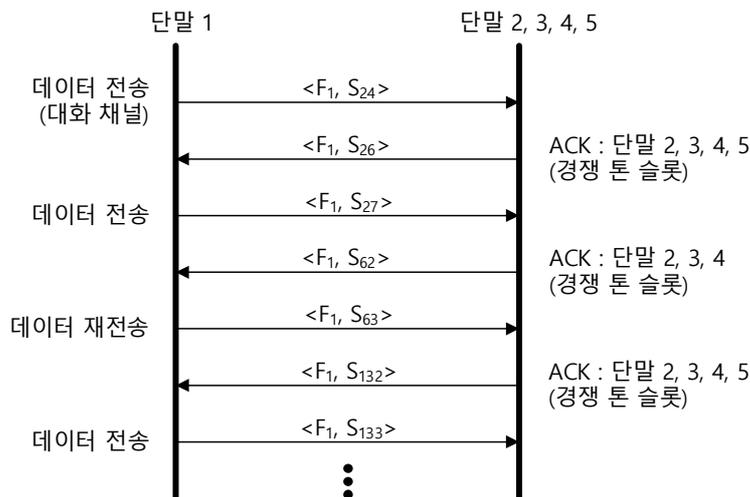
슬롯이다. 이 톤 슬롯에서 첫번째 부슬롯은 슬롯 클리어링 부슬롯이기 때문에, ACK 응답 부슬롯은 다른 부슬롯을 사용해야 한다. 각 단말에 대한 ACK 응답 부슬롯의 위치는 상위 계층에서 동적으로 결정하며 다음의 방법이 있다.

우선 일대다 패킷에 포함된 목적 주소가 여러 단말들에 대한 주소인 경우, 첫번째 ACK 응답 부슬롯을 첫번째 목적 주소 단말의 ACK로 설정하고 이후 차례대로 ACK 응답 부슬롯을 목적 주소 단말의 ACK에 매핑하는 방법이다. 또다른 방법은 일대다 패킷에 각 목적 주소 단말이 응답할 부슬롯 번호 정보를 포함시켜 보내는 방법이다. 세번째 방법은 일대다 통신을 시작하기 전에, 일대다 통신 관리 단말과 일대다 슬롯을 수신 단말이 일대일 통신으로 ACK 응답 부슬롯 위치를 결정하는 것이다.

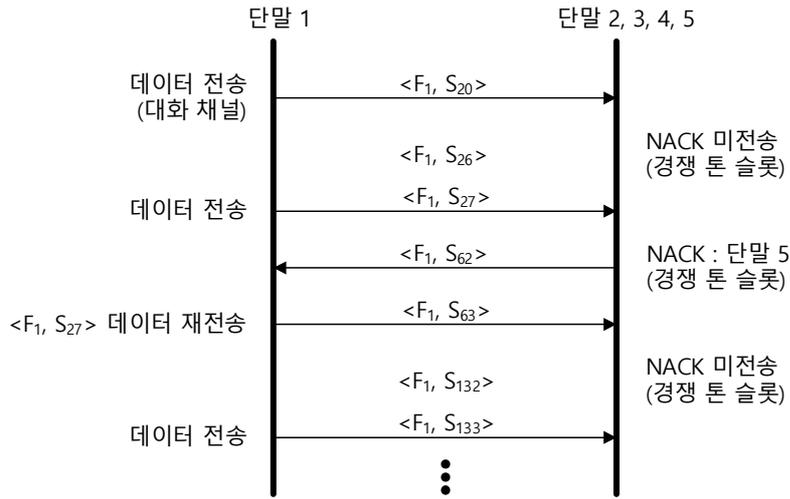
일대다 패킷에 포함된 목적 주소가 미리 정해진 그룹 ID에 대한 주소인 경우, 미리 약속된 ACK 응답 부슬롯이 존재해야 한다. 즉, 위의 세번째 방법을 사용하거나 혹은 상위 계층에서 미리 설계된 값을 가지고 있어야 한다.

패킷을 전송한 단말은 다음 패킷을 전송하기 전에 ACK 응답을 톤 슬롯에서 수신할 수 있으므로, ACK 응답을 보고 재전송 여부를 결정할 수 있다. 그러나, ACK 응답이 없다고 해서 무조건 재전송을 수행하지는 않는다. ACK 응답이 없는 경우의 재전송 수행 여부는 상위 계층에서 결정한다.

ACK 전송과 같은 방법으로 NACK를 전송할 수 있다. 즉, ACK 부슬롯을 지정했던 것과 같이, NACK를 전송할 때도 NACK 전송 부슬롯을 각 단말마다 지정할 수도 있다. 그러나, 한 부슬롯만 NACK 부슬롯으로 지정하는 것도 가능하다. 이 경우, NACK의 존재 여부는 알 수 있지만, 어떤 단말이 NACK를 보냈는지는 알 수 없다. NACK 부슬롯의 지정과 구체적 사용 방법은 상위 계층에서 정한다. NACK 부슬롯과 ACK 부슬롯을 함께 사용할 수도 있다.



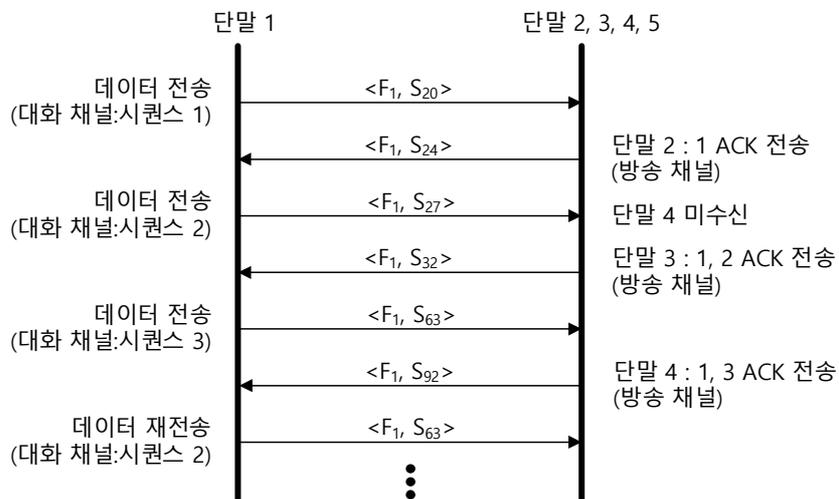
(그림 7-42) 톤 부슬롯을 통한 ACK 전송과 재전송의 예



(그림 7-43) 톤 부슬롯을 통한 NACK 전송과 재전송의 예

7.6.6.2.2 방송 슬롯을 통한 ACK 전송

단말은 자신이 점유하여 슬롯 클리어링을 수행하고 있는 방송 슬롯에서 상기 일대다 슬롯에 대한 ACK를 전송할 수 있다. 또한, 단말은 방송 슬롯에서 복수의 일대다 슬롯에 대한 ACK를 전송할 수 있다. 방송 슬롯에서 ACK를 전송할 경우, 패킷은 시퀀스를 포함해야 하며, 패킷의 시퀀스와 ACK가 매핑되어야 한다. ACK가 수신되지 않은 경우의 재전송 여부는 상위 계층이 결정한다.



(그림 7-44) 방송 슬롯을 통한 ACK 전송 예

7.6.6.2.3 대화 슬롯 할당을 통한 ACK 전송

단말은 대화 슬롯을 할당하여 할당한 슬롯에서 일대다 패킷에 대한 ACK를 전송할 수 있다. ACK가 수신되지 않은 경우의 재전송 여부와 자세한 절차는 상위 계층이 결정한다.

7.6.6.2.4 ACK 응답이 수신되지 않는 상태의 동작

관리 단말은 어떤 단말로부터 ACK 응답이 지속적으로 수신되지 않으면, 혹은 NACK 응답이 지속적으로 수신되면 해당 단말을 일대다 통신에서 제외시키야 하고, 이를 일대다 정보 방송 슬롯으로 알려야 한다. 관리 단말은 어떤 단말로부터 특정 슬롯 번호에서만 ACK 응답이 수신되지 않으면 혹은 NACK 응답이 수신되면 해당 슬롯을 일대다 통신에서 제외시켜야 하고, 이를 일대다 통신 참여 단말들에게 일대다 정보 방송 슬롯 혹은 일대다 슬롯을 통하여 알려야 한다. 이와 관련된 구체적인 절차와 방법은 상위 계층에서 결정한다.

7.6.6.3 일대다 통신에서의 충돌 감지 및 대응

자원 충돌 검사 구간에서 실시되는 자원 충돌 검사와 충돌 허용 여부 결정은 7.6.2.3절의 방법과 같다. 충돌 검사에 사용되는 26 비트는 관리 단말 주소의 하위 26 비트이다. 관리 단말은 $N_{TX}(n_0)$ $N_{TX}(n_1)$ $N_{TX}(n_2)$ 의 충돌 톤을 전송하고, 비 관리 단말들은 $N_{TX}(n_1)$, $N_{TX}(n_2)$ 충돌 톤을 전송한다. 관리 단말에서 허용할 수 없는 충돌이 발생하면, 일대다 정보 방송 슬롯 혹은 일대다 슬롯에서 이를 알리는 패킷을 전송하고 해당 슬롯을 일대다 슬롯에서 제외한다. 일대다 패킷 수신 단말에서 허용할 수 없는 충돌이 발생하면, 단말은 이를 관리 단말에게 일대일 패킷을 전송하여 알려야 한다. 이 때, 자신의 방송 슬롯에 충돌 정보를 포함하거나 혹은 다른 대화 슬롯을 할당하여 충돌 정보를 전송한다. 이를 수신한 관리 단말은 해당 슬롯을 일대다 통신에서 제외시키고, 일대다 정보 방송 슬롯 혹은 일대다 슬롯에서 이를 알리는 패킷을 전송해야 한다. 혹은 충돌이 발생한 일대다 패킷 수신 단말을 일대다 통신에서 제외시켜야 한다. 방송 슬롯에서 허용할 수 없는 충돌이 발생한 경우, 관리 단말은 현재 방송 슬롯 번호를 변경할 수 있다. 구체적 동작은 상위 계층에서 결정한다.

7.6.7 다대다 슬롯 동작 및 관리

다대다 통신에 참여 하는 단말들은 서로 가까이 있어서 패킷 수신 에러율 ERX_{mtom} 이 허용되는 패킷 수신 에러율 ERX_{mtom_thre} 보다 낮아야 한다. ERX_{mtom_thre} 는 상위 계층에서 결정하고, 관리 단말이 방송해야 한다. 다대다 통신 참여 단말은 스스로 ERX_{mtom} 을 측정하여 이것이 ERX_{mtom_thre} 보다 크면, 자신의 탈퇴를 관리 단말에게 일대일 통신으로 알리고 다대다 통신을 종료한다. 만약 관리 단말과의 일대일 통신이 불가하다면, 알림 없이 다대다 통신을 종료한다.

다대다 통신 관리 단말은 패킷의 시퀀스를 관리해야 한다. 다대다 통신은 일대다 패킷을 전송하는 단말이 지속해서 바뀌는 상황을 의미한다. 다대다 패킷은 고유의 MAC 헤더 값을 가져야 한다. 또, 다대다 패킷이 재전송 되는 경우의 패킷 헤더도 고유의 값을 가져야 한다. 다대다 통신을 수행하는 단말들은 다대다 슬롯에서 패킷을 송신하지 않아도 슬롯 클리어링을 수행해야 한다.

7.6.7.1 일회성 슬롯 할당과 동작

다대다 슬롯을 일회성으로 할당한 경우는 일대다 슬롯의 일회성 할당과 동작 방식이 같다. 패킷 수신 에러율 ERX_{mtom} 을 측정하지 않는다.

7.6.7.2 슬롯을 점유하는 다대다 슬롯 할당과 동작

지속적인 다대다 통신을 관리하는 단말은 슬롯들을 할당하고, 해당 슬롯들에서 슬롯 클리어링을 수행한다. 이 때, 다대다 통신 관리 단말은 다대다 통신 상대방들의 슬롯 맵이 방송되고 있다면, 이를 수신하여 그룹 유효 슬롯 맵을 작성한 후, 유효한 슬롯들만을 할당하여야 한다.

다대다 통신 관리 단말은 슬롯의 할당과 반납을 관리해야 한다. 관리 단말은 방송 슬롯을 할당하여 다대다 통신에 대한 정보를 방송해야 한다. 이 방송 정보에는 슬롯 클리어링을 수행할 수 있는 방송 슬롯 최소 수신 파워 $PRX_{mtom_bch_thre}$ 와 ERX_{mtom_thre} 가 포함되며 다대다 통신에 할당된 슬롯 번호 혹은 슬롯 그룹 정보도 포함된다. 방송 슬롯은 방송 채널 혹은 대화 채널에서 할당될 수 있다.

다대다 통신을 시작하기 전에, 다대다 통신 관리 단말과 다대다 슬롯을 수신하려는 단말은 할당된 다대다 슬롯들에서 함께 슬롯 클리어링을 수행하는데 필요한 정보를 일대일 통신을 통하여 주고 받아야 한다. 이후, 다대다 통신 비관리 단말은 다대다 슬롯들에서 슬롯 클리어링을 실시한다.

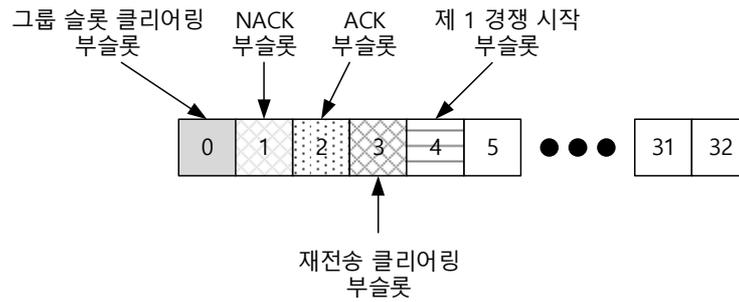
통신을 종료할 때, 관리 단말은 방송 슬롯에서 슬롯 그룹 반납 명령을 전송하며, 방송 슬롯에서 첫번째 반납 명령을 전송하기 전까지의 모든 다대다 슬롯에서 반납 명령의 반복 전송을 시도한다. 관리 단말은 방송 슬롯에서 첫번째로 슬롯 그룹 반납 명령을 전송한 후 다대다 슬롯들을 반납한다. 관리 단말은 방송 슬롯에서 두번의 반납 명령을 전송한 후, 방송 슬롯도 반납한다. 비 관리 단말은 관리 단말로부터 다대다 슬롯들의 반납 명령을 받는 즉시 다대다 슬롯들에서 슬롯 클리어링을 종료한다. 관리 단말의 방송 슬롯을 연속 $N_{rsv_mtom_non}$ 회 수신하지 못한 단말은 슬롯 클리어링을 중지하고 다대다 통신을 종료한다. 혹은 방송되는 최소 수신 파워보다 더 작은 파워로 방송된 신호가 수신되는 상황의 단말은 슬롯 클리어링을 종료하고 다대다 통신을 종료한다..

상위 계층에서는 다대다 패킷에 송신에 대한 수신 ACK/NACK 의 전송 여부와 방법을 결정할 수 있다.

7.6.7.3 다대다 통신 슬롯에서의 슬롯 할당 경쟁

다대다 통신에 참여하는 모든 단말은 경쟁을 통하여 다대다 슬롯을 할당할 수 있다. 부슬롯 0번은 다대다 통신을 위한 그룹 슬롯 클리어링으로 사용된다. 재전송 클리어링 부슬롯은 패킷의 재전송을 위하여 사용되어야 한다. 재전송 클리어링 부슬롯 위치, 제 1 경쟁의 시작 부슬롯 위치, ACK 부슬롯과 NACK 부슬롯의 사용 여부와

위치는 상위 계층에서 결정한다.



(그림 7-45) 다대다 경쟁 톤 슬롯의 부슬롯 구성 예

7.6.7.4 ACK/NACK 없는 경우의 다대다 시퀀스 관리

다대다 통신에서 시퀀스의 관리 여부는 상위 계층에서 결정한다. 일반적으로 시퀀스는 관리되어야 한다. 시퀀스는 기본적으로 8비트를 사용하며, 0 부터 255까지 변화한다. 그러나 상위 계층에서 시퀀스 비트 수를 따로 지정할 수 있다. 시퀀스가 관리된다면, 패킷에 시퀀스 번호가 포함되어야 하며, 다대다 통신 관리 단말은 방송 슬롯에 현재 시퀀스 번호를 방송해야 한다. 관리 방법은 다음과 같다.

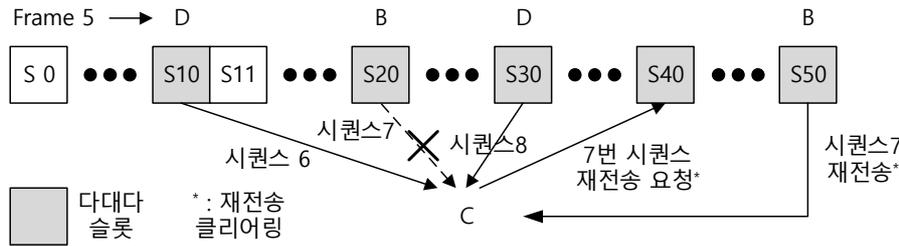
7.6.7.4.1 패킷 미수신에 의하여 더 높은 시퀀스가 수신된 경우

N 개의 단말이 다대다 통신을 할 경우, n번 단말이 다대다 패킷 하나를 수신하지 못하고 그 다음 다대다 패킷을 수신하면 시퀀스 번호는 정상적인 시퀀스 번호보다 '1' 만큼 더 큰 번호가 수신된다. 이 경우, 단말은 다음 다대다 슬롯 할당 경쟁에서 재전송 클리어링을 수행한 이후, 슬롯 할당 경쟁을 수행한다. 슬롯 할당에 성공하면, 수신하지 못한 시퀀스 번호의 패킷을 재전송해 달라고 요청한다. 이때, 재전송 요청 패킷은 고유의 헤더 번호를 가지며, 시퀀스 번호를 포함하지 않는다. 재전송 요청을 수신한 단말들은 두가지 방식으로 행동할 수 있다. 첫째는 자신이 전송한 시퀀스 번호에 대한 재전송 요청에만 재전송을 시도하는 것이다. 두번째는 수신된 재전송 시퀀스 번호의 패킷을 이전에 옳게 수신한 모든 단말들이 경쟁을 통하여 재전송을 시도하는 것이다. 어떤 방식을 사용할 것인지는 상위 계층에서 결정한다.

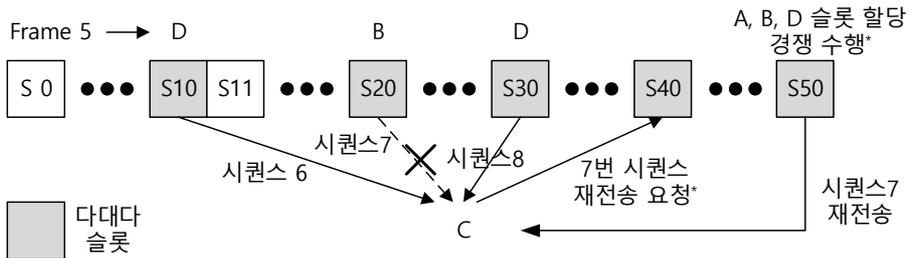
재전송 시도는 재전송 요청을 수신한 다음 다대다 슬롯에서 이루어지며, 재전송 클리어링이 수행된다. 첫번째 방법이 사용되면, 하나의 단말이 재전송을 시도한다. 그러나 재전송 요청을 상기 단말이 수신하지 못한 경우 재전송은 이루어지지 않는다. 두번째 방법이 사용되면 복수의 단말이 재전송을 시도한다. 재전송이 이루어질 확률이 매우 높지만, 간혹 자원 충돌로 인하여 재전송이 실패할 수도 있다. 모든 경우에서, 재전송 요청에 대한 재전송 시도는 한번만 이루어진다.

만약, n번 단말이 패킷을 2개 이상 수신하지 못했다면, 다른 다대다 통신 단말과 일대일 통신을 수행하여, 수신하지 못한 다대다 패킷을 전달 받아야 한다. 해당 다

다대다 패킷을 모두 전달받기 전에는 다대다 슬롯에서 패킷을 전송할 수 없다.



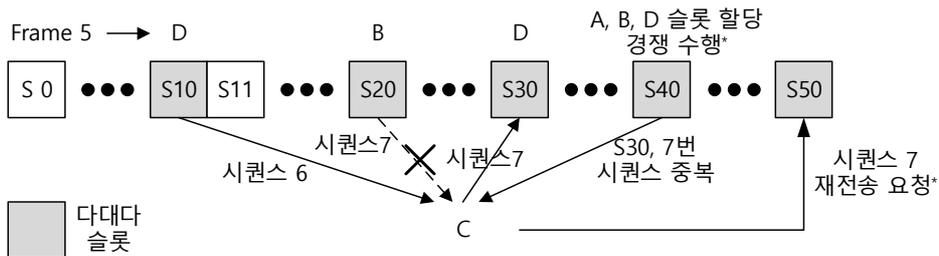
(그림 7-46) 자신이 전송한 시퀀스에 대한 재전송의 예



(그림 7-47) 재전송 경쟁을 통한 재전송의 예

7.6.7.4.2 패킷 미수신 단말이 중복 시퀀스를 전송한 경우

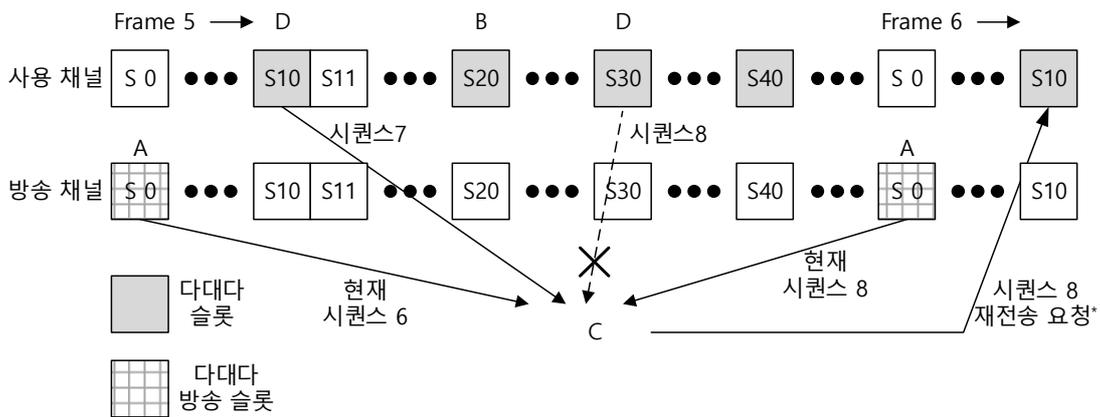
N 개의 단말이 다대다 통신을 할 경우, n번 단말이 다대다 패킷 하나를 수신하지 못하고 그 다음 다대다 패킷을 송신하면 시퀀스 번호는 정상적인 시퀀스 번호보다 '1' 만큼 더 작은 번호가 송신된다. 이 경우, 다른 단말들은 같은 시퀀스 번호를 중복해서 수신하게 된다. 따라서, 중복 시퀀스를 수신한 다대다 통신 단말들은 다음 다대다 슬롯 할당 경쟁에서 재전송 클리어링을 수행한 이후, 슬롯 할당 경쟁을 수행한다. 슬롯 할당에 성공한 단말은 몇 번 슬롯에서 송신된 몇 번 시퀀스 번호의 패킷이 중복 시퀀스라는 정보를 포함하는 패킷을 전송한다. 이때, 시퀀스 중복 정보 패킷은 고유의 헤더 번호를 가지며, 시퀀스 번호를 포함하지 않는다. 만약 n번 단말이 다대다 패킷 여러 개를 수신하지 못한 상태에서 다대다 패킷을 송신하면 시퀀스 번호는 정상적인 시퀀스 번호보다 더 작은 번호가 송신된다. 이때의 동작도 하나의 다대다 패킷을 수신하지 못한 경우와 같다.



(그림 7-48) 중복 시퀀스에 대한 정보 알림 절차

7.6.7.4.3 방송 슬롯에서 전송되는 현재 시퀀스가 자신보다 큰 경우

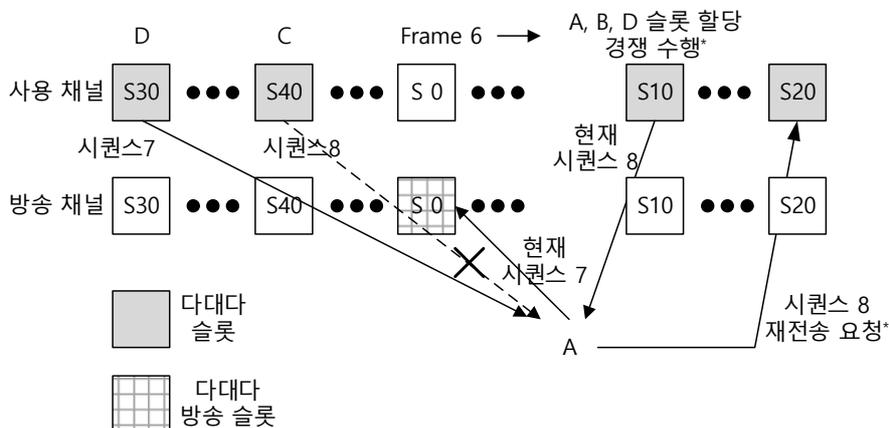
관리 단말은 방송 슬롯에서 현재 시퀀스를 방송한다. 현재 시퀀스는 현재까지 전송된 다대다 패킷에 포함된 시퀀스 중에 가장 최근의 것을 뜻한다. 만약 어떤 단말이 다대다 패킷을 수신하지 못한 상태에서, 방송 슬롯을 수신한다면, 방송되는 현재 시퀀스와 자신의 시퀀스가 다르다는 것을 알 수 있다. 자신의 시퀀스가 1 만큼 작다면, 해당 시퀀스에 대한 재전송을 요청하고, 1보다 더 작다면 다른 다대다 통신 단말과 일대일 통신을 수행하여, 수신하지 못한 다대다 패킷을 전달 받아야 한다. 해당 다대다 패킷을 모두 전달받기 전에는 다대다 슬롯에서 패킷을 전송할 수 없다.



(그림 7-49) 방송되는 시퀀스 번호가 더 큰 경우의 예

7.6.7.4.4 관리 단말이 잘못된 시퀀스를 방송 슬롯에서 전송한 경우

관리 단말이 방송하는 현재 시퀀스가 실제 현재 시퀀스보다 1만큼 작은 경우, 이를 수신한 다대다 통신 단말은 다음 다대다 슬롯에서 재전송 클리어링을 수행한 후 슬롯 할당 경쟁을 수행한다. 이 슬롯 할당에 성공한 단말은 몇 번 슬롯에서 송신된 몇 번 시퀀스 번호의 패킷을 관리 단말이 수신하지 못했다는 정보를 포함하는 패킷을 전송한다. 이때, 관리 시퀀스 오류 정보 패킷은 고유의 헤더 번호를 가지며, 시퀀스 번호를 포함하지 않는다.

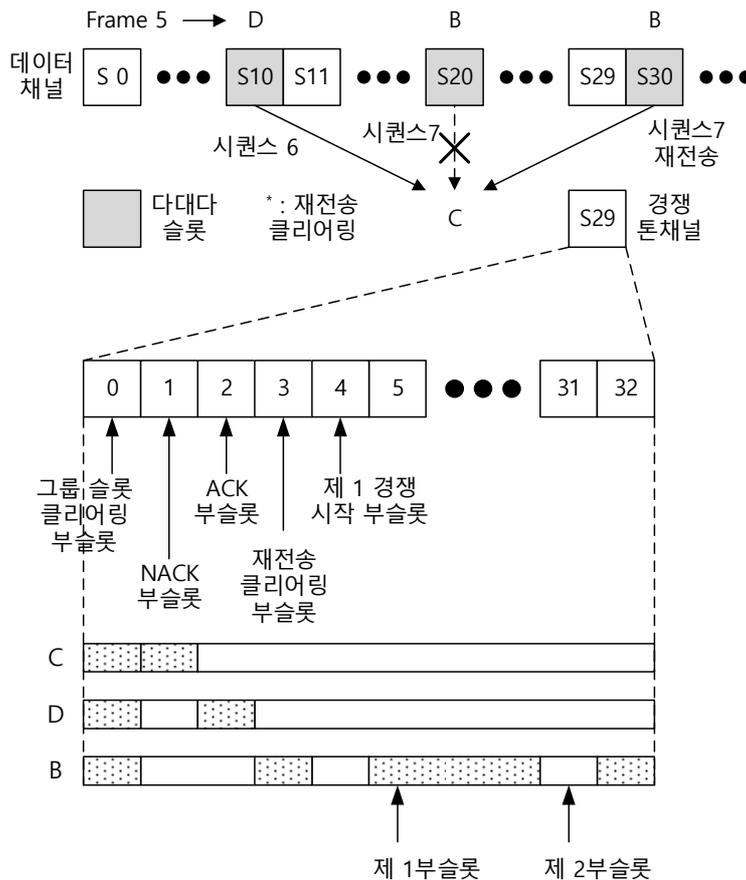


(그림 7-50) 시퀀스 번호가 잘못 방송된 경우의 예

만약 관리 단말이 방송하는 현재 시퀀스와 실제 현재 시퀀스의 차이가 1 보다 큰 경우에는 관리 단말이 다른 다대다 단말과 일대일 통신을 수행하여 수신하지 못한 시퀀스의 패킷을 수신해야 한다. 해당 다대다 패킷을 모두 전달받기 전까지, 관리 단말은 다대다 슬롯에서 시퀀스가 포함되지 않은 제어용 패킷만을 전송할 수 있다.

7.6.7.5 ACK/NACK 부슬롯이 있는 경우의 다대다 시퀀스 관리

수신된 다대다 패킷에 대하여 ACK/NACK 를 보내는 것이 가능하다. 이때, ACK/NACK 의 수신이 인정되는 파워 임계치 $P_{mtom_ack_thre}$ 는 상위 계층으로부터 결정된다. 상위 계층은 다대다 통신의 안정성을 위하여 적절한 임계치를 설정해야 하며, 적절한 임계치 설정이 불가하다고 판단되는 경우에는 ACK/NACK 를 보내서는 안된다. ACK/NACK 부슬롯은 재전송 클리어링 부슬롯보다 앞에 위치해야 한다. NACK 부슬롯은 ACK 부슬롯보다 앞에 위치한다. ACK/NACK 를 사용하는 경우에도, 7.6.7.4 절의 시퀀스 관리가 함께 이루어져야 한다.



(그림 7-51) ACK/NACK을 이용한 다대다 패킷 재전송의 예

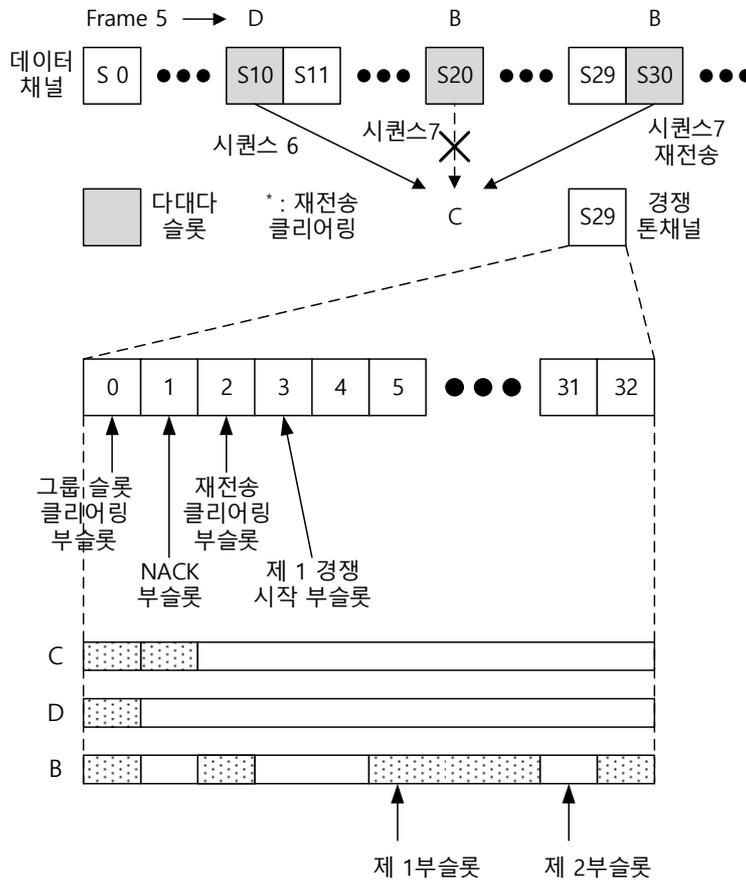
7.6.7.5.1 ACK 부슬롯과 NACK 부슬롯이 함께 있는 경우의 다대다 시퀀스 관리

ACK/NACK 이 함께 사용되는 경우에 있어서, 다대다 통신 단말은 다대다 패킷을

수신하고 무조건 ACK 톤 신호 혹은 NACK 톤 신호를 다음 다대다 슬롯에 매핑된 톤 슬롯에서 전송한다. 직전에 다대다 패킷을 송신했던 단말은 이에 대한 ACK/NACK를 수신하고, 만약 NACK 톤이 검출되면, 재전송 클리어링을 수행하고, 다대다 슬롯 할당 경쟁을 수행해야 한다. 슬롯 할당에 성공하면 이전 패킷을 재전송한다. 슬롯 할당에 성공하지 못하면, 다음 다대다 슬롯에서 재전송을 시도한다. 다음 다대다 슬롯에서도 재전송에 실패하면, 재전송 요청이 올 때까지 기다린다. 다대다 슬롯에서 아무도 다대다 패킷을 전송하지 않으면, 모든 단말이 NACK 톤을 송신하나, 재전송은 이루어지지 않는다.

7.6.7.5.2 NACK 부슬롯만 있는 경우의 다대다 시퀀스 관리

NACK 만 사용되는 경우, 다대다 통신 단말은 다대다 패킷 수신 결과, CRC 에러가 나면 NACK 톤 신호를 다음 다대다 슬롯에 매핑된 톤 슬롯에서 전송해야 한다. 직전에 다대다 패킷을 송신했던 단말은 이에 대한 NACK를 수신하고, 만약 NACK 톤이 검출되면, 재전송 클리어링을 수행하고, 다대다 슬롯 할당 경쟁을 수행해야 한다. 슬롯 할당에 성공하면 이전 패킷을 재전송한다. 슬롯 할당에 성공하지 못하면, 다음 다대다 슬롯에서 재전송을 시도한다. 다음 다대다 슬롯에서도 재전송에 실패하면, 재전송 요청이 올 때까지 기다린다. 다대다 슬롯에서 아무도 다대다 패킷을 전송하지 않으면, 모든 단말이 NACK 톤을 송신하나, 재전송은 이루어지지 않는다.



(그림 7-52) NACK 만을 이용한 다대다 패킷 재전송의 예

7.6.7.6 시퀀스 관리에 실패한 경우

다대다 통신이 안정적으로 이루어지기 위하여, 다대다 통신 단말들이 모두 충분히 근접한 곳에 있어야 한다. 그럼에도 불구하고 다대다 통신이 불안정해져서 현재 시퀀스 정보가 상호간에 불일치되는 경우, 현재 시퀀스를 관리하는 책임은 관리 단말에게 있다. 관리 단말은 현재 시퀀스를 강제로 지정하는 명령을 방송 슬롯을 통하여 방송할 수 있다. 이를 수신한 단말들은 현재 시퀀스를 방송되는 시퀀스로 강제 조정해야 한다. 관리 단말이 새로운 시퀀스를 방송한 이후에도 지속해서 시퀀스가 불일치하면, 관리 단말은 다대다 통신 종료 절차를 수행할 수 있다. 종료 절차는 다른 단말들의 슬롯 클리어링을 중지시키는 것과, 방송 슬롯의 전송 중단으로 이루어진다. 상세한 절차는 상위 계층에서 결정한다.

7.6.7.7 다대다 통신에서의 충돌 감지 및 대응

자원 충돌 검사 구간에서 실시되는 자원 충돌 검사와 충돌 허용 여부 결정은 7.6.2.3 절의 방법과 같다. 충돌 검사에 사용되는 26 비트는 관리 단말 주소의 하위 26 비트이다. 관리 단말에서 허용할 수 없는 충돌이 발생하면, 다대다 정보 방송 슬롯 혹은 다대다 슬롯에서 이를 알리는 패킷을 전송하고 해당 슬롯을 다대다 슬롯에서 제외한다. 비 관리 단말에서 허용할 수 없는 충돌이 발생하면, 단말은 이를 관리 단말에게 일대일 패킷을 전송하여 알리거나 혹은 다대다 패킷을 다대다 슬롯에서 전송하여 알려야 한다. 이를 수신한 관리 단말은 해당 슬롯을 다대다 통신에서 제외시키고, 다대다 정보 방송 슬롯 혹은 다대다 슬롯에서 이를 알리는 패킷을 전송해야 한다. 방송 슬롯에서 허용할 수 없는 충돌이 발생한 경우, 관리 단말은 현재 방송 슬롯 번호를 변경할 수 있다. 또, 변경 중에는 두 방송 슬롯이 한 프레임에 함께 존재하는 겹칠 수 있다. 겹침 회수 $N_{mtom_bch_overlap}$ 는 2 이고, 상위 계층에서 이를 변경할 수 있다.

다대다 통신은 다른 통신보다 더 넓은 범위에서 충돌을 허용해야 한다. 즉, 충돌 상대방이 먼저 슬롯을 변경하도록 유도하기 위하여, 일반적인 $P_{margin1}$ 보다 3dB 이상 더 낮은 충돌 허용 마진 $P_{margin1_mtom}$ 을 가져야 하고, 이 값은 상위 계층에서 결정한다.

7.6.7.8 다대다 통신에서의 할당된 슬롯 수 관리

관리 단말은 슬롯이 더 필요하다고 판단하는 경우, 추가적인 슬롯 할당을 시도할 수 있다. 그러나, 할당 슬롯 수가 5개 이상인 경우에 다음과 같은 할당 슬롯 수 관리가 되어야 한다.

할당된 다대다 슬롯들의 사용율이 50% 미만이 상태가 20초 이상 지속되면, 할당 슬롯 수를 25% 이상 감소시켜야 한다.

할당된 다대다 슬롯들의 사용율이 25% 미만이 상태가 20초 이상 지속되면, 할당

슬롯 수를 50% 이상 감소시켜야 한다.

구체적인 할당 슬롯 수 관리 방법은 상위 계층에서 결정한다.

7.6.8 재전송 관리

재전송 관리는 상위 계층의 책임이다. 물리 계층은 상위 계층의 재전송 명령을 수행할 수 있어야 한다. 상위 계층은 재전송 MAC 헤더를 일반 전송 MAC 헤더와 달리 설정해야 한다.

7.6.9 슬롯 사용율 관리

슬롯이 사용 중이라는 것은 슬롯이 이미 점유되었거나, 슬롯을 점유하기 위하여 맵핑된 경쟁 톤 슬롯에서 경쟁이 수행 중인 것을 의미한다. 슬롯의 사용 여부는 톤 슬롯에서 톤이 검출되는 것을 기준으로 한다. 슬롯이 사용 중이라고 인정되는 톤의 수신 파워 값은 -107dBm 이다. (상위 맘대로 하면 곤란하다.)

전체 슬롯 사용율 $R_{\text{use_all_slot}}$ 은 모든 단말이 점유한 슬롯 수 $N_{\text{use_all_slot}}$ 를 총 슬롯 수인 500으로 나눈 값이다. 내 슬롯 사용율 $R_{\text{use_my_slot}}$ 은 자신이 점유한 슬롯 수 $N_{\text{use_my_slot}}$ 를 총 슬롯 수인 500으로 나눈 값이다. 배타적 슬롯 사용율 $R_{\text{use_exclusive_slot}}$ 은 나를 제외한 다른 단말들이 점유한 슬롯 수 $N_{\text{use_exclusive_slot}}$ 를 500에서 내가 점유할 슬롯 수를 뺀 값으로 나눈 값이다.

$$R_{\text{use_all_slot}} = N_{\text{use_all_slot}} / 500$$

$$R_{\text{use_my_slot}} = N_{\text{use_my_slot}} / 500$$

$$R_{\text{use_exclusive_slot}} = N_{\text{use_exclusive_slot}} / (500 - N_{\text{use_my_slot}}) \quad (\text{식 7-12})$$

구체적인 슬롯 사용율 관리는 상위 계층에서 정적으로 결정하여야 하며 동적으로 결정되어서는 안된다. 또, 한 주파수 채널에 대해서 사용율을 관리하는 방법은 하나이어야 한다. 즉, 존재하는 모든 상위에 대하여 공통적으로 사용율이 관리되어야 한다.

7.6.10 변형 슬롯 동작

방송 채널의 방송 슬롯을 대화 슬롯처럼 사용할 수 있다. 이 경우, 슬롯 클리어링을 두대화 단말이 모두 수행한다. 1회성 사용의 경우, 슬롯 클리어링은 사용되지 않고 ACK 클리어링이 사용된다. 보통 방송 채널의 방송 슬롯을 대화 슬롯으로 사용하는 것은 권장되지 않는다. 통신 파라미터 파일에서는 방송 채널의 슬롯을 대화 슬롯으로 사용하는 것에 제한을 둘 수 있다.

대화 채널의 대화 슬롯을 방송 슬롯처럼 사용할 수 있다. 이 경우, 슬롯 클리어링은 한 단말만 수행한다. 고정 단말이 지속적으로 자신의 정보를 방송하기 위해서 대화 채널의 슬롯을 방송 슬롯으로 사용하는 것은 권장되지 않는다. 통신 파라미터

파일에서는 대화 채널의 슬롯을 고정 단말이 방송 슬롯으로 사용하는 것에 제한을 둘 수 있다.

변형 슬롯을 사용하는 것은 상황에 따라서 상위 계층이 결정한다.

7.7 정보 톤 채널의 구성 및 동작

정보 톤 채널은 데이터 채널과 매핑되지 않는다. 정보 톤 채널은 1초 프레임에 500 개의 슬롯을 가지며, 각 슬롯의 부슬롯 개수는 40개이다. 각 슬롯 혹은 부슬롯의 의미는 상위 계층에서 결정한다. 정보 톤 슬롯은 깨움 톤 신호와 연동되어 동작할 수 있다. 자세한 절차는 상위 계층에서 결정한다.

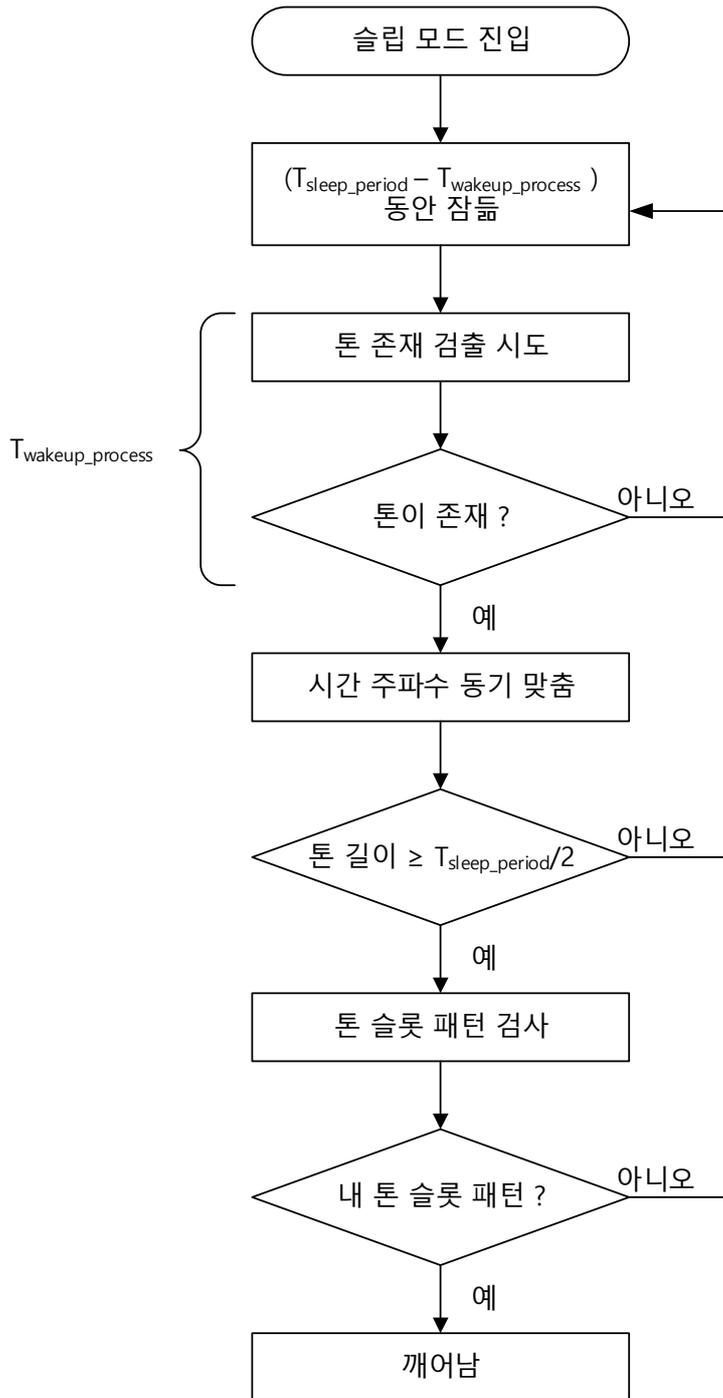
정보 톤 채널에서 톤 부슬롯에서의 송신 파워는 각 부슬롯마다 다를 수 있으며, 이는 상위 계층에서 결정한다.

7.8 슬립 모드 동작

본 표준이 적용되는 단말은 슬립 모드에 진입할 수 있다. 슬립 모드에서는 깨움 톤을 수신하는 동작 이외에 모든 동작을 중지시킬 수 있다. 슬립 모드의 진입은 상위 계층에서 결정한다.

슬립 모드에 진입하면, 깨움 톤 수신 주기 $T_{\text{sleep_period}}$ 마다 두 번씩 깨움 톤의 존재를 검사해야 한다. $T_{\text{sleep_period}}$ 시간 동안 깨움 톤의 존재를 검출하는 시점 $T_{\text{detect_awake_tone}}$ 은 상위 계층이 결정한다. 가능한 주기 $T_{\text{sleep_period}}$ 는 0.5 초, 1초, 2초, 4초, 8초이다. 각 경우에 대해서 깨움 톤이 125 슬롯, 250 슬롯, 500 슬롯, 1000 슬롯, 2000 슬롯 동안 지속되는 것이 검출되면 깨어난다. 깨움 톤이 프레임의 끝에서 종료된 후, 톤 슬롯 패턴이 송신된다면, 수신된 톤 슬롯 패턴이 자신과 관련된 단말만이 깨어난다. 이때 톤 슬롯 패턴은 깨움 톤 채널에서 깨움 톤 종료 직후에 슬롯 0번에서 송신된다. 혹은 정보 톤 채널의 0 번 슬롯에서 전송될 수 있다. 이는 상위 계층에서 결정한다. 깨움 톤 종료 후에 존재하는 톤 슬롯 패턴은 정보 톤 슬롯과 같이 40 개의 부슬롯 신호로 이루어지며, 전체 슬롯 구간에서 신호가 존재한다. 이때, 첫 부슬롯의 신호는 항상 '0'을 의미하며 따라서 신호가 송신되지 않는다.

단말은 깨어나기 전에 수신되는 깨움 톤 신호로부터 주파수 동기와 시간 동기를 획득해야 한다. 데이터 채널을 이용하기 위하여, 시간 동기 오차는 $\pm 4 \mu\text{s}$ 이내이고, 주파수 오차는 $\pm 0.8 \text{ ppm}$ 이내이어야 한다.

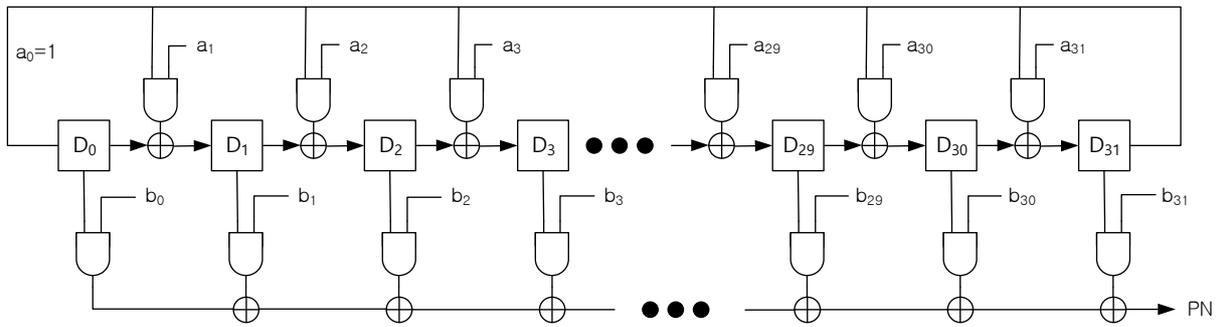


(그림 7-53) 슬립 모드 동작의 예

7.9 보안 관리

전체 시스템 보안을 위하여 데이터에 신뢰 필드가 포함되어야 한다. 그러나, 상위 계층에서는 특수한 서비스에 대해서 신뢰 필드를 사용하지 않을 수 있다.

개별 보안을 위한 오버레이 사용 여부는 상위 계층에서 결정한다. 상위 계층에서 보안 키 U를 전달할 경우, 데이터는 다음의 PN 생성기에 의하여 생성되는 PN 코드에 의하여 오버레이 된다.



(그림 7-54) 데이터 오버레이에 사용되는 PN 코드 생성기

$$\begin{aligned}
 [a_{31}, a_{30}, \dots, a_0] &= [U_{31}, U_{30}, \dots, U_0], U_0 = 1 \\
 [b_{31}, b_{30}, \dots, b_0] &= [U_{63}, U_{62}, \dots, U_{32}] \\
 [D_{31}, D_{30}, \dots, D_0]_{ini} &= [U_{93}, U_{30}, \dots, U_{64}] \\
 PN &= (D_0 \& b_0) \wedge (D_1 \& b_1) \dots \wedge (D_{31} \& b_{31})
 \end{aligned}
 \tag{식 7-13}$$

첫번째 데이터 비트는 PN(0) 와 오버레이 된다. 그 이후의 데이터 비트도 순차적으로 오버레이 된다. 신뢰 필드는 오버레이되지 않는다. 신뢰 필드가 데이터 끝에 있는 경우, 데이터는 순차적으로 오버레이되고, 신뢰 필드가 데이터 중간에 위치하는 경우, 데이터가 먼저 오버레이 된 후에, 신뢰 필드가 오버레이된 데이터 중간에 삽입되어야 한다. 패딩 데이터는 오버레이 되지 않는다.

8. 상위 계층과의 인터페이스

본 통신 표준은 물리 계층과 데이터 링크 계층을 기술하고 있다. 본 통신 표준과 연동되어 동작할 수 있는 상위 계층은 응용 서비스의 특성을 반영하여 매우 다양할 수 있다. 본 물리 및 데이터 링크 통신 표준은 분산 통신을 사용하고 있다. 따라서 분산 통신의 특성에 따라 데이터 링크 계층과 응용 계층이 직접적으로 인터페이스 된다. 다만 응용 계층은 필요에 따라 자신 내부에 다른 계층의 요소를 포함할 수 있다. 대표적인 응용 서비스는 일반적인 상호 충돌 회피, 협력적 상호 충돌 회피, 제어를 통한 실시간 드론 제어, 드론 절전 모드 지원, 장애물 회피, 이착륙장에서의 자동 이착륙 등이다. 각 서비스를 지원하기 위한 통신 구성은 다음과 같다.

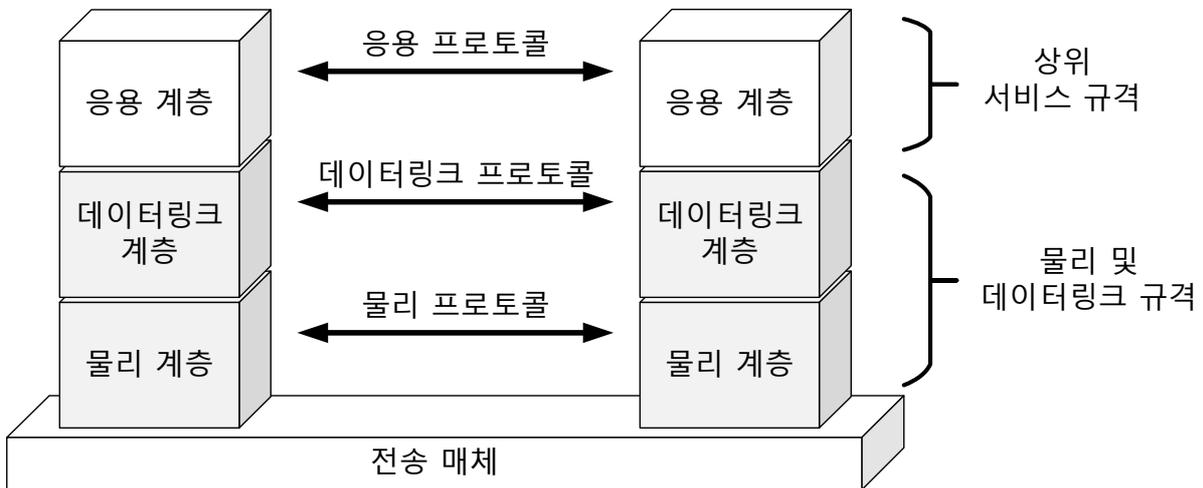
- 일반적 상호 충돌 회피 : 하나의 방송 채널과 하나의 경쟁 톤 채널을 이용하여 드론이 자신의 위치, 속도, 경로점들을 방송한다. 일반 방송 슬롯을 일반 경쟁을 통하여 할당하며, 실시간으로 충돌 톤을 전송하여 슬롯 자원 충돌을 검사한다. 충돌이 검출되면 다른 슬롯을 할당하여 자신의 정보를 방송한다.
- 협력적 상호 충돌 회피 : 하나의 방송 채널과 하나의 대화 채널과 두개의 경쟁 톤 채널을 이용한다. 드론이 자신의 위치, 속도, 경로점들을 방송함과 동시에 충돌이 예상되는 드론과의 통신을 수행하여 경로 협상을 진행한다. 일반 방송 슬롯과 일반 대화 슬롯을 일반 경쟁을 통하여 할당하며, 실시간으로 충돌 톤을 전송하여 슬롯 자원 충돌을 검사한다. 충돌이 검출되면 방송 채널에서는 다른 슬롯을 할당하

여 자신의 정보를 방송하고, 대화 채널에서는 충돌이 허용될 수 없는 경우에만 다른 슬롯을 할당한다.

- 제어를 통한 실시간 드론 제어 : 하나의 대화 채널과 하나의 경쟁 통 채널을 이용한다. 이 대화 채널은 협력적 상호 충돌 회피에 사용되는 대화 채널과 동일한 대화 채널을 이용할 수 있다. 제어기와 드론은 슬롯을 하나 할당하여 필요한 제어 정보를 송수신 할 수 있다.

- 드론 절전 모드 : 필요시 무선으로 명령을 받아 운용되는 드론은 임무가 종료된 후에, 절전 모드에서 충전이 이루어질 수 있다. 여기에는 하나의 깨움 톤 채널이 필요하다. 드론은 절전 모드에서 매초 혹은 수 초마다 약 50 us 정도 깨어나서 깨움 톤을 검출한다. 깨움 톤이 없으면 다시 절전 모드에 진입한다.

- 착륙장 자동 이착륙 및 장애물 회피 - 하나의 정보 톤 채널을 이용한다. 정보 톤 채널에 장애물을 나타내는 슬롯과 착륙장을 나타내는 슬롯을 할당한다. 드론은 해당 정보를 수신하여 장애물을 회피하거나, 착륙장에 자동으로 이착륙할 수 있다.



(그림 8-1) 물리 및 데이터 링크 계층과 응용 계층 구조도

본 표준은 (그림 8-1)과 같이 상위의 응용 계층과 연동되어 동작한다. 각 서비스의 특징에 따라서 응용 계층은 다양한 형태로 구성될 수 있고, 본 규격의 물리 및 데이터 링크 계층과 연동한다. 또한 응용 계층은 자신이 제공하는 서비스의 특징에 따라서 물리 계층의 여러 파라미터를 미리 지정할 수 있고, 물리 계층의 구성 조항도 미리 지정할 수 있다. 따라서, 상위 계층과의 인터페이스는 상위 계층이 제공하는 서비스의 특성에 따라 상이할 수 있으며, 구체적인 인터페이스는 상위 계층이 결정한다.

같은 주파수 대역을 사용하는 다수의 상위 계층이 있는 경우, 새로이 정의되는 상위 계층은 기존의 상위 계층에 심각한 영향을 미치지 않아야 한다. 기존의 상위 계층은 새로운 상위 계층에 의하여 변경될 필요성이 있다면 변경되어야 한다.

상위 계층이 본 규격의 각 채널을 이용하기 위해서는 다음에 기술되는 인터페이스 조건을 만족시키는 것이 권장된다.

8.1 상위 계층과의 인터페이스

상위 계층은 다음과 같은 방송 채널 파라미터를 미리 결정해야 한다.

<표 7-3> 방송 채널 파라미터

파라미터 이름	단위	설명
FREQ_B	MHz	방송 채널 주파수
FREQ_BC	MHz	방송 채널과 매핑된 경쟁 채널 주파수
PTX_B	dBm	방송 채널 일반 파워 (슬롯 별로 파워가 다를 수 있음)
PTX_BC	dBm	방송 채널과 매핑된 경쟁 채널 일반 파워 (슬롯 별로 파워가 다를 수 있음)
L _{SB}	slot	슬롯 블록 길이 (1, 2, 4 - 데이터 채널 공통)
N _{bch_overlap}	decimal	슬롯 충돌에 의한 방송 슬롯 재할당 시의 겹침 회수
PRX _{broadcast_thre}	dBm	방송 슬롯 충돌 검사시에 톤 검출을 결정하는 수신 파워 임계 값
PRX _{broadcast_collision}	dBm	방송 슬롯 충돌 허용 파워 값

상위 계층은 방송 채널에 대하여 다음의 시스템 구성을 미리 결정해야 한다.

<표 7-4> 미리 설정되는 시스템 구성 (방송 채널)

구성 목록	설명
MAC 헤더의 설정 정보	특정 상위에서 사용되는 MAC 헤더 값과 의미 정보
MAC 주소의 비트 수 및 설정 정보	26 비트 이상의 MAC 주소 정보 (데이터 채널 공통)
일반 슬롯의 부슬롯 구성 정보	해당 주파수 채널에 존재하는 모든 상위에 대하여 공통으로 설정됨
점유 슬롯에서의 정보 부슬롯 설정 정보	정보 부슬롯들의 위치와 의미 정보
점유 슬롯에서의 톤 슬롯 패턴 설정 정보	톤 슬롯 패턴의 길이와 각 패턴의 의미 정보
고정 슬롯 정보	고정 슬롯 번호들 및 관련 단말 정보

지정 슬롯 정보	지정 슬롯 번호들 및 관련 단말 정보
우선권 설정 정보	우선권 슬롯 번호, 우선권 형식과 구성, 우선권 단말 정보
슈퍼 프레임 슬롯 정보	슈퍼 프레임 슬롯 번호, 주기 T_{SF}
슬롯 그룹 정보	슬롯 그룹 구성 슬롯들 정보, 구성 슬롯에서의 부슬롯 구성 정보 등등
슬롯 맵 방송 정보	슬롯 맵 방송 여부, 슬롯 맵 영역 개수 $SM_{num_of_region}$ (동적 변경 가능), 해당 대화 채널 정보
방송 채널을 통한 ACK 전달 설정 정보	ACK 전달 허용 여부 등

상위 계층은 다음과 같은 대화 채널 파라미터를 미리 결정해야 한다.

<표 7-5> 대화 채널 파라미터

파라미터 이름	단위	설명
FREQ_T	MHz	대화 채널 주파수
FREQ_TC	MHz	대화 채널과 매핑된 경쟁 채널 주파수
PTX_T	dBm	대화 채널 일반 파워*
PTX_TC	dBm	대화 채널과 매핑된 경쟁 채널 일반 파워*
L _{SB}	slot	슬롯 블록 길이 (1, 2, 4 - 데이터 채널 공통)
N _{tch_overlap}	decimal	슬롯 충돌에 의한 대화 슬롯 재할당 시의 겹침 회수
N _{rsv_non}	decimal	슬롯 클리어링을 중지해야 하는 패킷 미수신 회수 (기본 값 2)
PRX _{first_collision_tone_thre}	dBm	슬롯 클리어링 시작 슬롯에서의 첫번째 충돌 톤 수신 파워 허용 레벨
MOD _{tch}	decimal	0 : DQPSK, 1 : 16QAM (FMT)
PRX _{talk_collision_thre}	dBm	대화 슬롯 자원 충돌 검사시 톤 검출 결정의 수신 파워 임계 값
PRX _{margin1}	dB	충돌 허용 마진 값 (2회 허용)
PRX _{margin2}	dB	충돌 허용 마진 값 (즉시 반납)
N _{ack_non}	decimal	슬롯 클리어링을 중지해야 하는 ACK 미수신 회수 (기본 값 2)

PRX _{talk_thre}	dBm	유지 가능 최소 대화 슬롯 수신 파워 임계값
N _{rx_talk_thre}	decimal	슬롯을 포기해야 하는, 최소 대화 슬롯 수신 파워 임계값보다 낮은 경우의 회수 (기본값 2)
PRX _{SG_miniumum_thre}	dBm	슬롯 그룹에서 슬롯 클리어링을 수행할 수 있는 방송 슬롯 최소 수신 파워

상위 계층은 다음과 같은 대화 채널에 대하여 다음의 시스템 구성을 미리 결정해야 한다.

<표 7-6> 미리 설정되는 시스템 구성 (대화 채널)

구성 목록	설명
MAC 헤더의 설정 정보	특정 상위에서 사용되는 MAC 헤더 값과 의미 정보
MAC 주소의 비트 수 및 설정 정보	26 비트 이상의 MAC 주소 정보 (데이터 채널 공통)
일반 슬롯의 부슬롯 구성 정보	해당 주파수 채널에 존재하는 모든 상위에 대하여 공통으로 설정됨
점유 슬롯에서의 정보 부슬롯 설정 정보	정보 부슬롯들의 위치와 의미 정보
점유 슬롯에서의 톤 슬롯 패턴 설정 정보	톤 슬롯 패턴의 길이와 각 패턴의 의미 정보
고정 슬롯 정보	고정 슬롯 번호들 및 관련 단말 정보
지정 슬롯 정보	지정 슬롯 번호들 및 관련 단말 정보
우선권 설정 정보	우선권 슬롯 번호, 우선권 형식과 구성, 우선권 단말 정보
슈퍼 프레임 슬롯 정보	슈퍼 프레임 슬롯 번호, 주기 T _{SF}
슬롯 그룹 정보	슬롯 그룹 구성 슬롯들 정보, 구성 슬롯에서의 부슬롯 구성 정보 등등
슬롯 맵 방송 정보	슬롯 맵 방송 여부, 슬롯 맵 영역 개수(동적 변경 가능), 해당 대화 채널 정보
방송 채널을 통한 ACK 전달 설정 정보	방송 채널을 통한 ACK 전달 여부
ACK 전달 설정 정보	ACK 전송 유형 (방송슬롯이용, ACK 부슬롯, AR 비트나 헤더) 등
대화 슬롯의 재전송 설정 정보	ACK 가 오지 않은 경우의 재전송 설정 정보

1회성 대화 패킷 응답 방법	ACK 클리어링, 다른 대화 슬롯 할당
대화 슬롯 시퀀스 설정 정보	시퀀스 사용 여부 및 방법
충돌 전달 설정 정보	충돌 감지 부슬롯 설정 정보, 방송 슬롯 혹은 대화 슬롯으로 충돌 전달 여부 등
슬롯 사용율 관리 설정 정보	해당 슬롯 사용율에서의 할당 가능한 슬롯 수 정보 및 슬롯 반납 여부, 7.6.9 절 참조

상위 계층은 지속적 일대다 통신이 존재하는 경우, 다음과 같이 지속적 일대다 통신 파라미터를 미리 결정해야 한다.

<표 7-7> 지속적 일대다 통신 파라미터

파라미터 이름	단위	설명
$R_{ack_1tom_thre}$	%	일대다에서 허용되는 ACK 응답율
$R_{nack_1tom_thre}$	%	일대다에서 허용되는 NACK 응답율
$PRX_{1tom_bch_thre}$	dBm	슬롯 클리어링을 수행할 수 있는 최소 수신 파워

상위 계층은 일대다 통신이 존재하는 경우, 일대다 통신에 대하여 다음의 시스템 구성을 미리 결정해야 한다.

<표 7-8> 미리 설정되는 시스템 구성 (일대다 통신)

구성 목록	설명
일회성 일대다 패킷 송수신 절차	ACK 혹은 응답의 여부와 송신 방법 (7.6.6.1 절 참조)
지속적 일대다 방송 정보	$PRX_{1tom_bch_thre}$, 할당 슬롯 번호 등
지속적 일대다 패킷에 대한 ACK/NACK 송신 여부와 방법	7.6.6.2 절 참조
일대다 통신에서 ACK 응답이 수신되지 않는 상태의 동작	7.6.6.2.4 절 참조
일대다 통신에서의 충돌 감지 및 대응	7.6.6.3 절 참조

상위 계층은 지속적 다대다 통신이 존재하는 경우, 다음과 같이 지속적 다대다 통신 파라미터를 미리 결정해야 한다.

<표 7-9> 사전 정의된 상위 계층 파라미터 (지속적 다대다 통신)

파라미터 이름	단위	설명
ERX _{mtom_thre}	%	다대다 통신에서 허용되는 패킷 수신 어려움
PRX _{mtom_bch_thre}	dBm	슬롯 클리어링을 수행할 수 있는 최소 수신 파워
PRX _{mtom_ack_thre}	dBm	ACK/NACK 의 수신이 인정되는 파워 임계치
N _{mtom_bch_overlap}	decimal	다대다 방송 슬롯 겹침 회수 (기본 값 2)
N _{rsv_mtom_non}	decimal	다대다 방송 종료를 위한 방송 슬롯 미수신 회수 (기본 값 2)
PRX _{margin1_mtom}	dB	다대다 슬롯의 총돌 허용 마진 (PRX _{margin1} 보다 3dB 이상 더 작은 값)
Mtom_ReTX_clearing_Is	boolean	다대다에서 재전송 클리어링 수행 여부

상위 계층은 지속적 다대다 통신이 존재하는 경우, 지속적 다대다 통신에 대하여 다음의 시스템 구성을 미리 결정해야 한다.

<표 7-10> 미리 설정되는 시스템 구성 (지속적 다대다 통신)

구성 목록	설명
ACK/NACK 의 전송 여부와 방법	7.6.7.4 절 및 7.6.7.5 절 참조
지속적 다대다 방송 정보	PRX _{bch_thre} , ERX _{mtom_thre} , 할당 슬롯 번호 등
재전송 요청에 대한 응답 방법	해당 패킷 전송 단말 혹은 해당 패킷 수신 단말
다대다 통신의 부슬롯 구성 정보	슬롯 클리어링 부슬롯, 재전송 클리어링 부슬롯, ACK/NACK 부슬롯
다대다 통신의 시퀀스 구성 정보	시퀀스 사용 여부 (기본 값 : 사용), 시퀀스 비트 수 (기본 값 8), 시퀀스 헤더 정보
다대다 시퀀스 불일치 시의 다대다 통신 종료 절차	7.6.7.6 절 참조
다대다 통신에서의 슬롯 사용을 관리 설정 정보	7.6.7.8 절 참조
고정 대화 슬롯들 사용시 슬롯 클리어링 수행 여부	고정 대화 슬롯 설정에서 다대다 슬롯들을 지정할 경우에 슬롯 클리어링을 수행하지 않을 수 있음

상위 계층은 깨움 톤 채널이 존재하는 경우, 다음과 같이 깨움 톤 채널 파라미터를 미리 결정해야 한다.

<표 7-11> 깨움 톤 채널 파라미터

파라미터 이름	단위	설명
FREQ_A	MHz	깨움 채널 주파수
PTX_A	dBm	깨움 채널 일반 파워
Awake_TSP_Is	boolean	깨움 톤 채널 끝의 톤 슬롯 패턴 유무
T _{awake_tone_length}	sec	깨움 톤 신호 전송 길이 (0.5, 1, 2, 4, 8 : 동적 변경 가능)
T _{sleep_period}	sec	슬립 모드에서의 깨움 톤 검사 주기 (단말별 상이)
T _{detect_awake_tone}	ms	한 깨움 톤 검사 주기에서 검사 시점 (고정 패턴, 의사랜덤 패턴)
B _{awake_tone_type}	decimal	깨움 톤 신호 전송 유형 (0 : 연속 전송, 1 : 불연속 전송)
PRX_A_thre	dBm	깨움 톤 채널 검출을 결정하는 수신 파워 임계값

상위 계층은 깨움 톤 채널이 존재하는 경우, 깨움 톤 채널에 대하여 다음의 시스템 구성을 미리 결정해야 한다.

<표 7-12> 미리 설정되는 시스템 구성 (깨움 톤 채널)

구성 목록	설명
슬립 모드 설정 정보	사용 여부, 진입 기준 등
깨움 톤 채널 끝의 톤 슬롯 패턴 설정 정보	단말 유형에 따라서 미리 정의된 톤 슬롯 패턴 혹은 각 단말에 개별적으로 세팅 가능한 톤 슬롯 패턴 정보
깨움 톤 채널 끝의 톤 슬롯 패턴이 존재하는 채널 정보	깨움 톤 채널 혹은 정보 톤 채널

상위 계층은 정보 톤 채널이 존재하는 경우, 다음과 같이 정보 톤 채널 파라미터를 미리 결정해야 한다.

<표 7-13> 사전 정의된 상위 계층 파라미터 (정보 톤 채널)

파라미터 이름	단위	설명
FREQ_I	MHz	정보 톤 채널 주파수
PTX_I	dBm	정보 톤 채널 일반 파워 (각 슬롯 파워는 달리 설정 가능)

상위 계층은 정보 톤 채널이 존재하는 경우, 정보 톤 채널에 대하여 다음의 시스템 구성을 미리 결정해야 한다.

<표 7-14> 미리 설정되는 시스템 구성 (정보 톤 채널)

구성 목록	설명
정보 톤 채널의 슬롯과 부슬롯의 의미	각 슬롯과 부슬롯에 의미를 부여한 정보

상위 계층은 다음과 같이 보안 관련 파라미터를 운영 시스템으로부터 받아서 데이터 링크 계층에 전달해야 한다.

<표 7-15> 상위 계층 파라미터 (보안 키)

파라미터 이름	길이 (bits)	설명
U	96	오버레이 보안 키
K	102	신뢰 필드 생성 보안 키
n _{trust_offset}	decimal	신뢰 필드 생성 데이터 오프셋

혼합 데이터 채널이 존재하는 경우에는 방송 채널과 대화 채널의 파라미터와 시스템 구성을 함께 갖추어야 한다.

8.2 물리 계층과 데이터 링크 계층의 인터페이스

데이터 링크 계층은 물리 계층의 각 슬롯에 대해서 다음과 같은 파라미터를 전달한다.

<표 7-16> 물리 계층에 전달되는 슬롯 파라미터

파라미터 이름	단위	설명
TRX_Data_Sel	decimal	0 : RX, 1 : TX, 2 : NOTHING(RX but no demodulation)

PTX_B or PTX_T	dBm	Max 1W.
MOD _{tch} or MOD _{bch}	decimal	0 : DQPSK, 1 : 16QAM-FMT
MAC_DATA_Tx	N/A	송신 MAC 데이터
MAC_DATA_Tx_Len	decimal	송신 MAC 데이터 길이
TRX_Tone_Sel	decimal	0 : RX, 1 : Competition, 2 : Slot Clearing
PTX_BC or PTX_TC	dBm	Max 1W.
Clear_SS_Num	decimal	슬롯 클리어링 부슬롯 번호 (0~31)
Clear_Use	boolean	슬롯 클리어링 여부 (0 : 미사용, 1 : 사용)
ACK_Clear_SS_Num	decimal	ACK 클리어링 부슬롯 번호 (0~31)
ACK_Clear_Use	boolean	ACK 클리어링 사용 여부 (0 : 미사용, 1 : 사용)
Prior_SS_num	decimal	우선권 클리어링 부슬롯 번호 (0~31)
Prior_Use	boolean	우선권 클리어링 사용 여부 (0 : 미사용, 1 : 사용)
ACK_TX_SS_num	decimal	ACK 응답 부슬롯 번호 (0~31)
ACK_TX_Use	boolean	ACK 응답 부슬롯 송신 여부 (0 : 미송신, 1 : 송신)
NACK_TX_SS_num	decimal	NACK 응답 부슬롯 번호 (0~31)
NACK_TX_Use	boolean	NACK 응답 부슬롯 송신 여부 (0 : 미송신, 1 : 송신)
Collision_SS_num	decimal	충돌 전달 부슬롯 번호 (0~31)
Collision_Use	boolean	충돌 전달 부슬롯 송신 여부 (0 : 미송신, 1 : 송신)
Tone_Slot_Patten	N/A	슬롯 클리어링 후에 사용되는 톤 슬롯 패턴 값
SS _{first}	decimal	제 1 경쟁 시작 부슬롯 번호(0~31)
SS _{end}	decimal	제 1 경쟁 종료 부슬롯 번호(0~31)
L _{SB}	slot	슬롯 블록 길이 (1, 2, 4 - 데이터 채널 공통)
PRX _{broadcast_thre}	dBm	방송 슬롯 충돌 검사시에 톤 검출을 결정하는 수신 파워 임계 값
PRX _{talk_collision_thre}	dBm	대화 슬롯 자원 충돌 검사시 톤 검출 결정의 수신 파워 임계 값
SA[25:0]	26 bits	Source Address 하위 26 비트
S	decimal	슬롯 번호 (0~499)
F	decimal	프레임 번호 (0~59)
M	decimal	현재 분 (0~59)

H	decimal	현재 시 (0~23)
---	---------	-------------

물리 계층은 각 슬롯에 대해서 다음과 같은 정보를 검출하게 된다면, 데이터 링크 계층에 전달해야 한다.

<표 7-17> 데이터 링크 계층에 전달하는 수신 슬롯 정보

파라미터 이름	단위	설명
MAC_DATA_Rx	N/A	수신 MAC 데이터
MAC_DATA_Rx_Len	decimal	수신 MAC 데이터 길이 (option)
PRX_B, PRX_T	dBm	수신한 데이터 신호의 수신 파워 (option)
ACK_RX	boolean	수신 ACK 부슬롯 여부 (option)
PRX_ACK	dBm	수신 ACK 부슬롯의 수신 파워 (option)
NACK_RX	boolean	수신 NACK 부슬롯 여부 (option)
PRX_NACK	dBm	수신 NACK 부슬롯의 수신 파워 (option)
Collision_SS_RX	boolean	충돌 부슬롯 수신 여부 (option)
PRX_Collision_SS	dBm	충돌 부슬롯 수신 파워 (option)
Collision_RX	boolean	충돌 발생 여부
PRX_Collision	dBm	충돌이 발생한 부슬롯들 중에서 최대 수신 파워
PRX_TC	dBm	대화 상대가 송신하는 부슬롯의 수신 파워

깨움 톤 채널은 한 채널에 대해서 다음의 파라미터를 물리 계층에 전달해야 한다.

<표 7-18> 물리 계층에 전달되는 깨움 톤 채널 파라미터

파라미터 이름	단위	설명
PTX_A	dBm	깨움 채널 일반 파워
Awake_TSP_Is	boolean	깨움 톤 채널 끝의 톤 슬롯 패턴 유무
T _{awake_tone_length}	sec	깨움 톤 신호 전송 길이 (0.5, 1, 2, 4, 8 : 동적 변경 가능)
Awake_TSP	N/A	깨움 톤 채널의 톤 슬롯 패턴
T _{sleep_period}	sec	슬립 모드에서의 깨움 톤 검사 주기 (단말별 상이)
T _{detect_awake_tone}	ms	한 깨움 톤 검사 주기에서 검사 시점 (고정 패턴, 의사랜덤 패턴)

B _{awake_tone_type}	decimal	깨움 톤 신호 전송 유형 (0 : 연속 전송, 1 : 불연속 전송)
PRX_A_thre	dBm	깨움 톤 채널 검출을 결정하는 수신 파워 임계값

정보 톤 채널은 각 슬롯에 대해서 다음의 파라미터를 물리 계층에 전달해야 한다.

<표 7-19> 물리 계층에 전달되는 정보 톤 채널 파라미터

파라미터 이름	단위	설명
PTX_I_Slot	dBm	정보 톤 슬롯의 송신 파워
PTX_I_SS	dBm	정보 톤 부슬롯 40개 각각의 송신 파워 값들 (option)
ITX_Slot_Pattern	40 bits	송신될 부슬롯 번호의 비트가 '1' 로 표시됨
IRX_SS_Info	40 bits	수신할 부슬롯 번호의 비트가 '1' 로 표시됨
PRX_I_thre	dBm	정보 톤 부슬롯 검출을 결정하는 수신 파워 임계값

물리 계층은 정보 톤 채널의 각 슬롯에 대해서 다음의 정보를 데이터 계층에 전달해야 한다.

<표 7-20> 물리 계층에서 데이터 링크 계층에 전달하는 정보 톤 채널 수신 정보

파라미터 이름	단위	설명
IRX_Slot_Pattern	40 bits	수신된 부슬롯 번호의 비트가 '1' 로 표시됨
PRX_I_SS40	dBm	부슬롯 0번부터 39번까지의 40개 부슬롯의 수신 파워 값들(option)

본 규격에서 정의되지 않은 파라미터가 상위 계층 규격에서 정의될 수 있다.

8.3 통신 파라미터 파일

통신 파라미터 파일은 분산 통신 시스템에 필요한 제어 정보와 파라미터 정보와 구성 정보 및 기타 분산 통신 시스템에 필요한 정보를 포함하고 있다.

통신 파라미터 파일이 사용되는 경우, 통신 파라미터 파일은 단말에 내장되어야 하며, 주기적으로 업데이트 되어야 한다.

통신 파라미터 파일은 상위 계층에서 사용되고, 상위 계층은 이 파일에서 획득한 채널 수, 채널 종류, 채널 주파수, 프레임과 슬롯의 구성 등을 비롯한 각종 파라미터 값들을 물리 계층과 데이터 링크 계층에 전달해야 한다.

통신 파라미터 파일은 각 지역마다 혹은 각 국가마다 다를 수 있다. 이 경우, 단말

은 각 국가나 지역에서 자신의 위치에 맞는 파일을 사용해야 한다.

또한, 한 국가 혹은 한 지역에 대한 통신 파라미터 파일은 복수 개일 수 있다. 복수 개의 통신 파라미터 파일은 우선 순위를 가지며, 같은 통신 파라미터가 복수의 파일에 존재하는 경우, 높은 우선 순위의 파라미터 파일에 있는 파라미터가 사용된다.

통신 파라미터 파일의 사용 여부와 구체적인 사용 방법은 상위 계층에서 결정한다.

부 속 서 A

(본 부속서는 표준 내용의 일부임)

터보 내부 인터리버 표

A.1 길이 816 인터리버

<표 A-1> 816 길이 S random 인터리버

1	521	328	677	431	254	179	390	598	198	815	785	351	116	306	489
463	152	87	732	30	618	231	689	572	513	395	533	187	428	644	62
282	115	774	340	309	754	258	734	15	208	793	234	365	456	481	539
687	713	661	93	608	278	402	55	300	575	185	761	154	207	36	128
519	248	3	540	437	474	735	796	342	639	705	319	498	385	667	412
776	41	571	599	80	214	131	193	107	466	797	360	275	297	235	442
517	538	699	628	420	169	10	400	490	653	33	719	747	588	675	81
139	211	338	801	781	569	293	632	454	315	230	435	409	58	696	256
740	715	112	536	156	182	491	769	368	816	27	625	136	601	580	430
657	453	559	292	717	742	113	534	48	210	176	157	253	332	406	636
794	23	383	485	445	562	298	597	134	729	751	708	106	357	161	74
238	206	277	504	617	782	524	478	684	184	301	558	141	43	8	404
728	593	97	812	760	163	377	228	69	356	273	482	337	199	249	550
509	459	658	612	137	711	427	786	40	741	90	158	765	59	530	813
634	299	568	405	114	320	486	600	361	133	186	448	685	506	88	384
63	39	784	804	545	623	650	224	296	746	20	596	408	471	322	173
269	510	718	150	671	345	432	379	790	565	111	217	638	693	613	130
5	468	73	743	35	259	197	764	317	674	585	343	394	546	712	104
493	178	375	284	419	159	516	31	240	652	262	205	803	737	4	688
313	61	631	461	604	779	441	487	564	127	370	584	37	341	514	397
89	181	247	288	202	57	744	421	155	616	13	669	723	314	476	443
701	649	502	83	378	775	263	591	219	243	563	544	183	287	755	52
424	672	611	700	810	316	488	25	94	381	721	469	146	339	221	567
286	251	446	589	172	518	791	417	698	537	305	19	42	753	117	470
330	66	630	556	670	241	215	85	610	353	495	777	714	291	433	691
374	18	464	520	407	167	261	145	64	45	216	549	196	745	484	329
640	663	119	590	6	350	570	771	620	703	271	295	143	229	465	418
527	387	190	547	444	68	660	800	748	250	566	619	95	773	692	595
276	508	38	473	321	641	542	366	429	716	666	809	344	410	246	388
789	615	91	561	171	582	480	220	294	54	272	450	522	503	29	354

정보통신단체표준(국문표준)

422	642	126	756	201	621	151	92	335	808	680	594	382	222	787	736
707	311	359	21	65	46	554	449	635	162	426	535	125	762	475	105
191	396	512	681	654	225	363	587	265	49	452	84	704	733	416	285
304	132	543	103	200	7	153	646	389	174	26	355	245	324	668	511
783	264	607	730	752	50	576	695	213	483	303	98	144	165	637	364
439	555	124	507	78	414	2	531	194	462	614	24	678	232	386	327
720	268	651	308	147	757	560	347	86	411	123	367	56	629	32	440
690	609	189	532	242	579	170	799	279	780	472	100	500	140	9	403
724	655	120	67	326	633	552	252	451	683	814	233	770	528	369	792
505	606	749	22	398	348	108	307	586	44	266	656	682	455	218	709
72	423	768	239	548	739	795	14	373	346	529	393	325	592	647	274
195	458	166	492	76	53	413	706	99	226	726	805	436	573	767	318
255	380	541	11	673	602	627	192	515	399	149	77	223	118	725	467
47	349	577	447	750	802	494	17	302	281	323	257	664	188	96	71
372	164	645	686	727	209	578	460	391	557	496	121	51	142	312	244
811	603	788	371	525	766	289	622	70	212	102	738	662	267	438	122
643	168	694	236	352	581	479	28	501	148	553	763	79	806	331	665
376	722	401	204	270	434	626	129	574	110	175	702	290	310	499	778
759	334	807	12	227	659	362	415	34	60	260	526	551	457	177	109
82	624	679	203	336	710	280	583	135	772	477	16	237	648	798	358
497	392	605	75	731	101	676	180	160	425	333	697	523	283	138	758

A.2 길이 960 인터리버

<표 A-2> 960 길이 S random 인터리버

1	278	842	784	734	924	559	490	537	167	820	67	218	622	341	702
113	960	410	320	14	863	296	460	433	373	586	667	262	930	566	739
908	134	527	237	348	641	497	788	85	328	195	817	869	109	51	28
386	437	457	155	728	260	216	754	920	686	531	598	79	239	795	363
943	891	5	189	57	821	105	856	326	267	464	127	441	297	484	397
578	730	655	374	753	634	223	246	603	170	780	32	915	147	323	525
947	420	121	11	872	827	726	705	299	483	400	558	276	594	757	852
792	142	661	70	349	640	174	229	526	324	956	735	506	91	704	480
194	33	879	854	560	375	254	834	589	912	610	149	633	439	219	933
346	295	673	807	61	318	773	187	882	376	720	241	398	542	697	492
572	166	652	83	861	513	268	605	108	19	214	434	921	828	717	888
290	399	377	946	193	545	782	161	240	84	692	133	630	498	519	596
13	812	356	715	874	473	213	111	385	423	896	840	184	238	665	273
37	623	748	644	544	922	63	86	698	448	15	338	207	494	808	365

정보통신단체표준(국문표준)

575	867	428	243	725	783	755	843	151	517	905	298	42	68	406	925
112	20	176	666	472	198	952	701	440	723	587	567	752	884	275	864
793	538	831	643	505	616	330	418	370	681	772	148	196	103	591	310
939	350	885	235	565	851	75	393	476	45	9	435	818	751	371	540
520	779	96	621	931	140	593	679	351	160	180	287	405	906	120	862
327	64	736	650	555	226	791	762	425	25	955	615	489	94	832	281
706	509	387	674	577	916	3	52	135	242	799	466	409	535	315	430
745	106	844	74	617	511	382	770	691	899	264	204	919	639	154	288
563	336	360	34	592	12	316	56	132	177	876	421	619	463	759	81
803	829	693	282	255	501	339	958	724	549	671	8	304	175	380	122
892	649	145	424	471	30	781	814	857	446	354	225	580	404	201	80
530	500	628	110	941	758	651	608	672	130	551	292	270	901	865	55
709	150	823	77	197	23	401	319	801	359	224	927	948	427	768	601
514	581	740	900	670	126	153	277	690	849	100	645	491	72	188	541
2	317	468	620	253	342	826	228	718	43	936	585	426	124	102	889
850	802	507	543	146	658	368	73	22	396	822	778	458	286	234	344
746	308	703	680	482	104	618	171	191	50	561	642	588	866	806	429
259	125	456	27	231	910	727	389	533	887	685	839	202	173	283	303
479	4	66	859	942	504	129	614	583	353	562	381	256	453	678	836
897	699	210	765	233	158	729	656	182	804	88	951	306	31	606	131
636	547	280	579	926	516	676	343	451	475	257	838	58	415	696	902
92	38	215	139	115	858	495	10	172	785	761	809	664	881	557	937
521	452	266	738	391	613	419	87	47	340	903	220	300	789	830	162
117	582	137	554	767	24	248	741	716	648	478	416	502	392	183	48
523	626	684	853	787	590	909	209	816	333	157	442	245	750	136	312
95	556	503	470	285	944	403	41	367	776	894	917	682	190	332	7
212	719	252	62	662	553	584	611	632	938	510	412	164	461	35	305
355	805	436	873	760	918	893	274	669	722	694	250	646	107	211	570
604	481	335	314	6	358	44	945	414	383	824	868	138	769	890	293
743	247	625	114	568	93	654	797	163	524	40	713	486	345	372	825
677	17	395	929	848	450	289	756	309	90	953	612	236	152	205	529
800	123	185	732	695	508	59	408	379	357	462	488	431	269	935	600
576	914	886	36	786	156	837	766	635	82	512	222	534	742	244	325
708	384	347	485	465	443	602	301	688	422	659	904	860	99	16	179
60	141	203	883	322	265	710	548	790	833	390	369	629	515	764	459
923	119	597	294	813	653	687	880	21	159	181	249	89	571	407	217
733	539	438	467	949	928	518	302	835	811	775	660	895	487	700	624
366	18	599	118	230	411	54	449	200	747	871	959	251	845	272	532
911	499	552	675	313	78	573	815	378	714	352	934	637	447	749	53

정보통신단체표준(국문표준)

208	169	794	26	522	774	546	101	913	279	657	258	841	609	321	574
394	496	128	232	76	878	819	46	711	454	731	763	192	362	165	638
474	940	261	663	388	855	796	116	417	334	221	607	307	569	39	721
689	199	875	445	144	898	744	528	65	168	954	932	469	284	337	98
364	777	550	595	712	311	847	493	870	647	683	444	627	186	810	413
263	206	957	29	331	143	564	536	707	69	771	846	291	737	227	455
97	668	877	798	631	271	950	178	361	477	432	329	907	402	71	49

A.3 길이 2816 인터리버

<표 A-3> 2816 길이 S random 인터리버

1	555	1751	2537	2488	942	619	1703	150	2754	2101	1500	39	2227	2394	2618
1616	2712	1658	842	783	1168	2005	2321	1811	1946	1464	888	2163	446	1289	1391
1247	2062	254	2446	2663	1062	406	1775	2802	300	1900	625	1708	570	1862	1526
152	2759	1325	51	2214	1023	218	2408	2585	2547	1580	1136	2627	665	2287	975
102	1814	857	719	1405	501	2493	1223	459	1666	405	2361	2131	2708	2803	2457
1075	2050	551	924	2091	618	1538	1989	2750	336	1172	180	2323	1463	1729	1278
1365	1128	2420	2646	96	1877	1022	1933	656	503	772	2558	232	2499	408	1577
134	718	40	269	2605	2224	1412	986	893	1663	2261	546	935	2118	316	2738
2170	187	1453	1092	1183	1624	352	1829	2018	2780	2069	2314	845	1235	2675	588
801	1763	413	1973	1277	484	1337	640	2612	1142	2418	2456	754	1928	1535	1891
1381	2108	1726	1573	2510	523	978	2357	1026	2572	2250	158	940	2146	1446	120
1483	231	2689	326	370	15	2067	1068	2311	479	1836	1634	1232	440	1269	270
614	2769	697	889	53	1307	1913	1584	799	565	1194	1744	1782	2607	2506	2221
835	2421	1971	186	1122	526	1537	1434	1485	2679	998	654	1344	1066	2074	386
948	107	341	1397	224	2383	1636	2732	426	2129	906	2545	291	761	2297	1585
1902	2258	2180	2633	1211	610	1686	1757	2422	491	1996	1952	1835	1274	527	2583
2469	179	1517	2816	1456	2678	1004	1392	707	333	950	2733	1113	2088	97	1174
2349	571	800	744	2140	2222	1323	1630	19	284	1563	2526	1050	1758	867	57
670	2430	2290	1719	1671	2474	2178	205	631	2012	1011	2563	432	1272	1889	1960
2610	1460	492	2686	953	1515	2740	2332	1170	2230	786	339	1852	157	578	2513
1555	1224	1597	2788	1123	1379	2377	396	1331	282	80	195	864	18	1070	2276
2156	652	1738	1008	1699	1988	519	2594	1662	2453	954	2025	1783	2207	1899	730
1949	1466	694	2684	328	1853	246	1561	2638	796	2555	449	2111	1284	2324	2368
194	60	1621	839	2064	2722	2157	1019	122	402	2512	1377	1073	366	292	2024
1519	2	2776	2254	2458	1799	961	1210	2205	1341	1976	238	1840	580	755	2588
454	534	878	1429	1257	798	633	2307	1651	919	1162	693	1020	1885	834	1120
114	155	1734	1479	2114	47	196	2624	393	1387	2794	2741	2046	2702	1970	2406
1785	2541	1300	1569	2581	2665	2009	283	583	1225	1345	2455	1522	1643	447	2313

정보통신단체표준(국문표준)

485	1045	847	2505	751	1177	245	1892	990	1477	5	1931	702	2212	109	1827
334	1679	903	1406	540	2748	1130	2807	70	2393	376	2568	2090	2604	2127	2447
2052	1286	1990	2175	1090	2257	2650	1721	581	1328	1770	1367	444	1245	1197	643
2518	1012	748	966	790	31	173	2304	1564	2749	709	1932	836	1873	539	1831
217	897	2595	271	2477	1622	1430	2424	401	2158	1116	2388	1064	1702	2688	69
2070	344	129	600	1205	1158	1322	460	1741	1468	2348	498	175	2553	1571	2309
2253	962	1935	2747	1883	2215	1843	1788	910	1620	1520	2625	2479	866	1358	541
1088	1031	2116	1276	20	749	827	1695	577	1657	288	2433	2698	1436	1993	675
1137	1219	2787	1178	2265	987	497	222	181	1395	1957	1739	2042	2204	1514	1574
400	785	2330	2516	2742	2579	2473	2168	937	613	1097	2654	2117	1803	290	332
2705	563	130	83	1644	1897	1238	2784	1200	1683	898	482	848	988	1441	1044
2411	1945	189	2273	1501	690	810	1348	1295	1761	2317	1846	2154	2360	1150	1548
2645	2577	11	280	1107	733	325	615	106	1396	1895	147	445	774	369	2036
1999	1601	989	407	564	1640	2076	2199	852	2731	815	2496	1306	1961	1433	2691
233	2789	1825	678	1030	1186	1771	1347	2306	1126	2161	2615	521	1072	2401	949
2450	2355	1258	609	2245	764	992	1509	478	1733	1894	1589	2574	64	2197	319
2109	2529	389	1639	720	2765	1440	824	1819	24	2489	1692	1997	1206	1118	136
1346	2626	1401	2682	1164	2339	431	2437	2246	955	672	1499	1781	2299	885	2145
2035	776	2397	1264	2724	535	1582	1034	2542	362	2093	994	2203	838	86	2806
32	1857	1740	1896	1326	2500	1633	1977	131	1541	247	172	2444	1941	2345	717
2629	1221	608	2167	1078	1428	209	1678	932	1800	2267	875	1385	2709	681	1139
2220	1480	1185	2087	1591	28	2037	2399	983	2566	819	1279	390	1839	1893	2782
2472	1940	2353	296	1978	340	166	112	2517	2169	1024	2653	2308	735	1339	461
211	65	1728	869	782	255	2693	510	1229	1188	2123	2061	1602	2734	2417	922
1384	2609	964	382	1821	548	2376	826	1908	677	2562	161	419	116	2773	1076
2166	16	1503	1281	2014	617	2279	2329	784	1037	723	466	873	2234	1700	2695
1424	343	76	1141	2414	2525	1623	214	2736	576	2466	1236	1373	968	1914	1583
380	1784	1951	1745	2783	915	2058	2162	169	1473	1180	2122	1085	2652	1532	1315
725	674	287	2602	528	2247	324	2293	1705	1822	1861	88	2386	1036	2532	226
1665	1132	636	425	797	963	1610	2202	2770	895	2039	1927	374	2484	2075	2690
846	2428	1975	2151	758	1432	1394	1547	1298	696	599	2238	1720	2630	2593	323
149	2291	1355	1013	12	1510	2546	56	451	239	1614	1098	1154	110	520	1815
192	381	2022	977	1779	2371	1655	2730	933	1856	1190	840	2164	1259	891	1953
1575	737	635	803	2507	2080	2795	2125	2468	2674	2237	689	1420	1533	2576	1711
1611	46	594	127	554	1111	2410	2044	996	1063	2331	377	428	467	1147	506
1301	1807	1217	904	1673	2165	2714	198	1944	865	241	309	1749	1890	10	2266
84	2758	1462	714	822	2611	944	1994	2661	2100	568	616	1545	982	1043	1712
2384	1382	1084	2326	2041	1790	1148	2571	2502	509	1198	464	2713	2440	123	1607
1239	1858	2229	321	164	417	1340	1421	9	2775	1934	2614	357	236	863	817

정보통신단체표준(국문표준)

766	929	279	680	1297	995	52	1053	1546	1669	2066	1117	2668	1818	2186	2559
579	2335	1184	1465	629	2454	119	2272	1237	2112	1774	1625	1414	2150	1588	177
2490	1502	355	2632	1360	410	908	318	2763	1875	538	858	1539	1916	2034	1089
1000	456	78	252	2800	1954	712	1169	2543	2372	802	115	1271	35	1792	956
2232	1685	2320	1230	1311	2177	197	1041	2271	2099	763	671	1362	2659	1452	593
1754	2726	515	1095	2001	912	1844	1626	2786	416	314	2427	2511	458	2475	1527
2589	21	277	66	1880	2235	104	2551	1681	2378	971	1795	2055	1199	1489	350
841	1407	1161	2153	2641	660	569	2190	1342	2095	2274	1056	1250	153	1642	1929
711	488	1288	234	1536	448	771	190	1833	2590	313	403	1995	883	1103	1579
2350	2725	2677	2530	958	1760	1002	2432	2761	1488	809	1155	272	2198	54	1058
2485	1191	2637	2144	2269	639	1448	2083	2390	91	731	1260	1530	683	499	536
1333	2587	1912	2804	868	1688	317	1566	601	2333	356	1824	984	1632	395	2696
148	1388	2045	811	1756	237	1028	1218	920	2744	2497	1963	2538	767	1866	274
2120	1472	659	500	2003	2286	41	2200	543	1157	1313	310	2081	612	1704	1427
1268	90	2793	1562	1804	1349	708	2240	1512	462	2592	213	1096	375	167	2753
947	756	2442	4	1635	1762	267	2704	1025	1926	902	1881	1968	418	2312	2032
2359	2550	1309	1677	2395	2498	861	2073	532	1447	1802	2119	2667	1725	2182	825
1507	476	371	87	1590	745	1215	36	1628	2228	2772	286	698	240	586	335
936	1061	649	1874	2325	125	1253	1353	2436	2476	2016	2072	2521	1104	423	529
1670	2133	2380	2720	1143	1302	1742	2275	2189	2658	882	1006	1780	1389	1551	29
1612	1431	706	2621	773	1469	365	667	1051	243	590	1965	68	487	2336	1868
285	2006	1921	2465	178	1227	832	2727	422	2565	1317	1273	2413	2514	1661	2098
2211	1808	927	886	2049	531	1125	1596	128	789	1459	2171	2805	1163	1027	1717
2285	1408	1368	753	604	261	308	967	1552	1495	648	2699	1962	1859	26	1086
203	67	1330	850	1924	1656	1776	1231	2662	2356	2746	2623	1595	1816	806	2141
2429	2094	2013	2054	558	909	2482	470	1182	257	2196	1701	724	2808	345	1437
2523	768	2315	644	113	429	687	1127	1550	1925	63	596	1083	388	1759	1352
2681	1592	1291	844	163	1015	2634	2004	965	1493	2567	2362	1871	471	2148	2755
266	1672	200	2791	1823	926	1723	791	2318	522	1243	2043	427	305	2462	1917
653	1059	2223	1166	79	2710	2426	1604	2187	2280	1283	363	997	2642	862	703
1474	2600	2367	143	1419	1676	1767	2121	1370	2777	38	792	559	516	2557	1730
1810	434	312	1920	1542	475	2501	1187	595	1124	658	263	2159	2328	212	2031
1878	1292	2283	1244	928	2236	1334	77	2445	1010	1065	2396	860	1426	1374	23
762	2643	972	1478	512	126	359	552	2096	2715	1838	412	1796	1559	1156	2751
1948	171	1114	2603	307	1660	2038	1713	1605	1220	1282	1905	692	219	1321	655
2347	1071	592	2239	2398	2302	760	71	2647	1443	879	33	121	496	1753	976
1494	1357	2703	2812	2452	2743	925	2176	2573	1553	170	1992	1865	1403	2077	1956
2033	2504	721	1706	278	1828	327	420	684	1213	2365	2409	2213	2620	1106	1909
383	818	642	221	1455	2256	1032	2692	1746	2774	941	979	465	2548	901	1556

정보통신단체표준(국문표준)

48	589	2294	93	1173	1366	1518	1254	1955	135	726	2086	183	1797	2138	1598
2021	2656	780	1209	545	508	2495	262	2459	1870	2619	1102	2341	1467	304	2735
1641	2771	1697	1290	1018	894	2219	7	1422	855	82	346	1160	622	1972	2539
2391	1513	1246	1565	951	411	1603	1202	1768	2289	210	124	250	517	704	1060
779	1327	816	295	2494	2441	1647	1919	2798	1716	1475	1809	2251	2089	81	2338
2174	2008	2745	1964	2591	666	1100	368	624	1285	914	2636	1234	957	2687	2210
1864	2405	2295	1543	732	242	1176	1332	1375	42	1415	2509	2448	2132	553	486
2255	1055	1801	2552	1599	1675	1140	2047	1750	1904	787	2351	1014	661	303	2596
1266	2635	913	117	2194	349	1714	438	1950	2797	2000	742	1359	399	1511	874
1316	2757	602	2685	2268	2492	1813	973	502	1471	227	2152	1849	1404	1146	1906
1108	2106	828	2059	2381	299	2608	2342	1226	74	646	1587	1684	691	2195	1039
1958	453	2556	162	923	728	2814	1998	111	2467	2672	970	1318	1727	574	1523
770	1380	2282	530	1418	871	259	1171	808	22	2415	1648	2107	1080	2379	494
632	1842	1576	2760	2209	353	1487	2531	1910	165	1791	73	685	1042	207	1121
2051	2147	450	1525	1319	1981	1261	1003	1743	584	2697	2296	2799	837	2616	1216
1438	1369	391	253	294	1179	2481	2655	1081	1872	880	1476	741	627	2534	1817
537	141	918	664	2233	2364	1638	2092	1544	2402	1119	430	781	2135	1765	2185
105	62	493	591	1242	184	2327	831	331	1930	1308	2478	2578	2801	1888	2017
876	1363	2694	268	2762	2657	1497	1410	1052	229	1609	630	1667	917	1016	2078
729	1461	2370	544	372	1133	2226	118	2262	794	1805	435	2425	960	474	1737
585	1572	2173	2580	329	1094	1193	289	1850	2737	49	2319	1314	1263	2128	1947
634	1689	1911	248	899	206	1393	2057	2373	2666	2007	736	1652	387	1778	1351
2527	1486	2277	688	99	969	473	1529	2810	1131	1195	859	306	1087	2707	2316
550	2570	2606	2103	2449	1581	1007	2768	1267	142	606	1698	2366	2231	1980	342
2030	45	1444	1867	821	645	1646	1936	397	8	2139	98	2648	260	1830	1310
682	1079	1350	1144	921	455	507	1222	1506	2188	2519	2560	2305	560	2796	204
1764	2263	151	757	1696	2471	1470	2020	1386	338	843	1033	1423	1967	881	807
2063	2343	385	2617	628	713	1082	297	1882	2102	1138	256	1841	1645	2435	1181
2664	2143	669	2701	477	1747	1557	156	1241	2184	2225	2756	514	439	220	347
2281	1793	556	13	1959	2002	1600	2487	1409	716	1371	1047	1324	900	621	1694
759	2599	1516	2385	1855	1280	668	2434	101	1637	2344	1105	1189	2134	829	1907
1233	495	974	2700	414	1766	2288	2071	452	185	2767	138	293	1594	2183	710
367	1445	2644	1329	607	223	2028	2508	2382	872	330	673	27	1383	1983	1724
1682	2439	1152	1491	769	2243	566	916	1046	1848	524	2561	1812	1255	2779	2723
1110	483	404	1207	959	168	2110	1898	1005	443	1772	1619	2400	72	2522	1939
249	360	637	30	1722	320	1335	108	1454	2464	1416	853	734	2010	1505	2660
905	775	2249	557	1248	489	1069	1212	2778	159	202	1129	1876	409	2208	2303
2584	1826	2137	2622	1378	1938	945	265	1167	2392	2352	2729	626	1629	1305	1593
662	89	1531	2097	37	2528	851	890	1986	805	1707	1482	1777	1668	174	743

정보통신단체표준(국문표준)

2491	442	2443	705	351	1435	225	2193	1390	2785	2029	1837	1879	398	2242	2711
999	504	2374	1091	1918	1275	1570	582	2669	938	2628	1615	1354	623	795	542
2124	103	14	1524	2084	1192	887	1789	436	361	140	750	1982	2292	1134	2781
1748	322	176	2569	2423	275	2375	1847	235	2719	1578	480	2463	1690	1270	2639
2172	1361	1029	1411	991	1312	1631	651	2216	2068	2515	1806	1498	611	34	877
2680	1204	1149	1457	1987	437	2270	348	1101	1534	2027	273	533	75	392	931
1755	2813	1680	145	738	199	2387	2598	1364	1299	1417	1049	573	1863	700	1820
2192	2640	814	663	2554	856	2438	1718	892	2718	463	2065	2244	1492	2486	1549
276	1937	518	1252	1613	2764	2105	2026	154	394	208	1001	354	58	1115	1208
1303	2340	1451	1674	740	1887	17	812	952	620	2298	95	701	1077	657	1715
2259	2142	1399	2181	1834	1496	1752	1984	2671	302	572	2053	854	2536	228	2431
1343	2389	1558	1923	1040	1294	1203	993	1145	1442	188	2346	2752	415	2792	132
1650	43	457	2218	1884	1240	379	793	2179	1798	85	2470	1521	2673	1400	943
1985	747	2085	2130	695	830	2300	2631	2535	870	2575	567	1287	650	216	1943
2716	1439	1067	907	980	2040	2412	605	1165	472	2358	1228	6	1109	1356	1484
2201	298	788	1860	258	59	1901	2252	364	1787	139	100	2451	1021	1560	1693
2310	2524	2790	1653	525	2160	1974	1736	1057	2586	193	981	2048	2739	481	561
647	2407	739	2115	1093	1413	777	1338	813	230	686	55	1376	1249	1504	1886
2670	2369	2480	1135	1017	2011	1786	2322	1649	92	144	2544	281	2206	1606	182
1450	930	1942	603	433	337	2260	2766	562	2416	849	1293	2706	804	1687	2104
676	50	1402	1732	1568	2651	505	1175	1508	1035	2811	2613	752	1769	2149	1112
373	469	1851	715	2056	2191	1251	2520	2337	1903	160	1966	2483	597	2564	2248
1617	2019	934	311	1320	61	1458	264	2113	1659	823	1074	513	2284	1540	2404
1153	1372	1038	215	2649	358	1731	25	727	1773	2060	421	2815	2728	765	2601
137	1845	549	598	2460	1262	985	1979	1336	1608	2334	468	2503	896	1425	2023
1915	939	2155	1481	1691	1196	2549	251	2676	1159	1054	679	1554	511	2217	2079
2419	1735	424	378	2717	191	2264	133	315	2597	746	820	1099	1869	575	1618
2301	2354	884	1991	1654	946	1256	1832	1009	1296	2540	1201	641	2126	2809	1449
1794	699	44	1528	2461	1490	1567	2403	384	1709	441	146	2721	244	2241	833
1151	201	301	490	94	3	1048	1922	1627	2683	778	1969	2082	2278	1664	1304
1265	1398	2363	1854	1214	2533	2015	547	2582	638	911	722	2136	1710	1586	587

부 록 1-1

(본 부록은 표준을 보충하기 위한 내용으로 표준의 일부는 아님)

지식재산권 확약서 정보

1-1.1 지식재산권 확약서(1):

- 발명의 명칭 : 동기 무선 통신 시스템에서의 충돌 회피 방법
- 권리자의 성명 : 한국전자통신연구원
- 등록(출원) 번호 : 2018-0009332
- 등록(출원) 연월일 : 2018-01-25
- 실시조건 : 지식재산권을 합리적 조건하에 비차별적으로 실시
- 확약서 접수일 : 2018-09-05

1-1.2 지식재산권 확약서(2):

- 발명의 명칭 : 동기식 TDMA 시스템에서 복수 채널을 이용한 서비스 방법
- 권리자의 성명 : 한국전자통신연구원
- 등록(출원) 번호 : 2018-0014682
- 등록(출원) 연월일 : 2018-02-06
- 실시조건 : 지식재산권을 합리적 조건하에 비차별적으로 실시
- 확약서 접수일 : 2018-09-05

1-1.3 지식재산권 확약서(3):

- 발명의 명칭 : 동기식 시분할다중접속 시스템에서 톤 채널을 이용한 단말 동작 방법
- 권리자의 성명 : 한국전자통신연구원
- 등록(출원) 번호 : 2018-0021100
- 등록(출원) 연월일 : 2018-02-22
- 실시조건 : 지식재산권을 합리적 조건하에 비차별적으로 실시
- 확약서 접수일 : 2018-09-05

1-1.4 지식재산권 확약서(4):

- 발명의 명칭 : 무선 분산 통신 시스템에서 단말의 동작 제어 방법
- 권리자의 성명 : 한국전자통신연구원
- 등록(출원) 번호 : 2018-0021101
- 등록(출원) 연월일 : 2018-02-22

- 실시조건 : 지식재산권을 합리적 조건하에 비차별적으로 실시
- 확약서 접수일 : 2018-09-05

1-1.5 지식재산권 확약서(5):

- 발명의 명칭 : 무선 분산 통신 시스템에서 단말의 주소를 설정하고 이를 활용하는 방법
- 권리자의 성명 : 한국전자통신연구원
- 등록(출원) 번호 : 2018-0021102
- 등록(출원) 연월일 : 2018-02-22
- 실시조건 : 지식재산권을 합리적 조건하에 비차별적으로 실시
- 확약서 접수일 : 2018-09-05

1-1.6 지식재산권 확약서(6):

- 발명의 명칭 : 무선 분산 통신 시스템에서 효율적 톤 채널 이용 방법
- 권리자의 성명 : 한국전자통신연구원
- 등록(출원) 번호 : 2018-0027675
- 등록(출원) 연월일 : 2018-03-08
- 실시조건 : 지식재산권을 합리적 조건하에 비차별적으로 실시
- 확약서 접수일 : 2018-09-05

1-1.7 지식재산권 확약서(7):

- 발명의 명칭 : 사물 자동 인식 및 제어 방법
- 권리자의 성명 : 한국전자통신연구원
- 등록(출원) 번호 : 2018-0035762
- 등록(출원) 연월일 : 2018-03-28
- 실시조건 : 지식재산권을 합리적 조건하에 비차별적으로 실시
- 확약서 접수일 : 2018-09-05

1-1.8 지식재산권 확약서(8):

- 발명의 명칭 : 무선 분산 통신 시스템에서 ACK 응답을 수행하는 일대다 통신 방법
- 권리자의 성명 : 한국전자통신연구원
- 등록(출원) 번호 : 2018-0046371
- 등록(출원) 연월일 : 2018-04-20
- 실시조건 : 지식재산권을 합리적 조건하에 비차별적으로 실시
- 확약서 접수일 : 2018-09-05

I-1.9 지식재산권 요약서(9):

- 발명의 명칭 : 무선 분산 통신 시스템에서 다대다 통신 방법
- 권리자의 성명 : 한국전자통신연구원
- 등록(출원) 번호 : 2018-0046372
- 등록(출원) 연월일 : 2018-04-20
- 실시조건 : 지식재산권을 합리적 조건하에 비차별적으로 실시
- 요약서 접수일 : 2018-09-05

I-1.10 지식재산권 요약서(10):

- 발명의 명칭 : 선형회귀쉬프트레지스터를 이용한 신뢰 필드와 의사 난수 생성 방법
- 권리자의 성명 : 한국전자통신연구원
- 등록(출원) 번호 : 2018-0066399
- 등록(출원) 연월일 : 2018-06-08
- 실시조건 : 지식재산권을 합리적 조건하에 비차별적으로 실시
- 요약서 접수일 : 2018-09-05

※ 상기 기재된 지식재산권 요약서 이외에도 본 표준이 발간된 후 접수된 요약서가 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 (스타일 적용-대항목/소항목)

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

1-3.1 해당사항 없음

부 록 1-4

(본 부록은 표준을 보충하기 위한 내용으로 표준의 일부는 아님)

참고 문헌

[1] 해당사항 없음

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				
오류정정				
오류정정				
제2판				