

TTA Standard

정보통신단체표준(국문표준)

TTAK.KO-10.1206

제정일: 2019년 12월 11일

에너지 전력 분야를 위한 다중 반송
파 무선 센서네트워크 물리계층 및
매체 접근 제어

Physical Layer and Medium Access Control
for Multi-Carrier Wireless Sensor Network in
Electricity and Energy Domain

표준초안 검토 위원회	사물인터넷 네트워킹 프로젝트그룹(PG1002)				
표준안 심의 위원회	지능정보기반 기술위원회(TC010)				
	성명	소속	직위	위원회 및 직위	표준번호
표준(과제) 제안	강동훈	한국전력공사	사원	-	TTAK.KO-10.1206
표준 초안 작성자	김영현	한국전력공사	부장		
	박명혜	한국전력공사	부장		
사무국 담당	이종화	TTA	선임		

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 : 2019.12

서 문

1 표준의 목적

이 표준은 에너지 전력 분야 사물 인터넷 디바이스의 상태 수집·감시·제어 서비스 제공을 목적으로 시스템 개발 시 무선 전송 기술의 다중 반송파 자원을 이용하는 무선통신의 물리 계층 및 매체접근제어 계층에 관한 기술을 정의한 규격을 제공하는 것이다.

2 주요 내용 요약

이 표준은 다중 반송파 자원을 이용하는 무선통신의 물리 계층 및 매체접근제어 계층 규격으로서 전송 구조, 프레임 규격, 주파수 대역폭, 데이터 전송률, 변조 방식, 자원 할당 및 전송 절차 등을 정의하고 있다.

3 인용 표준과의 비교

해당 사항 없음.

Preface

1 Purpose

The standard is to provide physical layer and medium access layer specifications for multicarrier wireless communication systems providing services of data acquisition, supervisory and control in electricity and energy domain.

2 Summary

The standard defines physical layer and medium access layer specifications for transmitter and frame structures, bandwidth, data rate, modulation for narrowband and multicarrier wireless communication systems.

3 Relationship to Reference Standards

– None.

목 차

1	적용 범위	1
2	인용 표준	1
3	용어 정의	1
4	약어	1
5	물리 계층 규격	3
5.1	물리 계층 개요	3
5.2	물리 계층 프레임 전송 구조	3
5.3	송신기 구조	8
5.4	채널 부호화	9
5.5	스크램블러	16
5.6	심볼 매핑	17
5.7	하향 링크 채널	21
5.8	상향 링크 채널	25
5.9	릴레이 하향 링크 채널	31
5.10	릴레이 상향 링크 채널	33
6	매체접근제어 규격	35
6.1	개요	35
6.2	임의 접근 절차	39
6.3	상향 링크 시간 정렬	41
6.4	DL-SCH 데이터 전송	42
6.5	UL-SCH 데이터 전달	43
6.6	BCH 수신	46
6.7	매체 접근 제어 재설정	46
6.8	매체 접근 제어 리셋	46
6.9	SPS 자원 할당	47
6.10	에러 프로토콜 데이터 처리	47
6.11	PDU 형식 및 파라미터	47
6.12	변수 및 상수	61
부록	I-1 지식재산권 요약서 정보	63
	I-2 시험인증 관련 사항	64
	I-3 본 표준의 연계(family) 표준	65
	I-4 영문표준 해설서	67
	I-6 표준의 이력	68

에너지 전력 분야를 위한 다중 반송파 무선 센서네트워크 물리계층 및 매체접근제어

(Physical Layer and Medium Access Control for Multi-Carrier Wireless Sensor Network in Electric and Energy Domain)

1 적용 범위

이 표준은 에너지 전력 분야 사물 인터넷 디바이스의 상태 수집·감시·제어 서비스를 제공하기 위한 무선 전송 기술 중, 다중 반송파 주파수 자원을 이용하는 무선통신 규격을 정의한다.

2 인용 표준

해당 사항 없음

3 용어 정의

해당 사항 없음

4 약어

ACK	ACKnowledge
ARQ	Automatic Repeat reQuest
BCH	Downlink Broadcast Channel
BPSK	Binary Phase Shift Keying
BSR	Buffer Status Report
CAZAC	Constant Amplitude Zero Auto-Correlation waveform
CC	Convolutional Code
CQI	Channel Quality Indicator
CRC	Cyclic Redundancy Check
DCCH	Downlink Control CHannel
DCI	Downlink Control Information
DL	DownLink
FDD	Frequency Division Duplex
FEC	Forward Error Correction

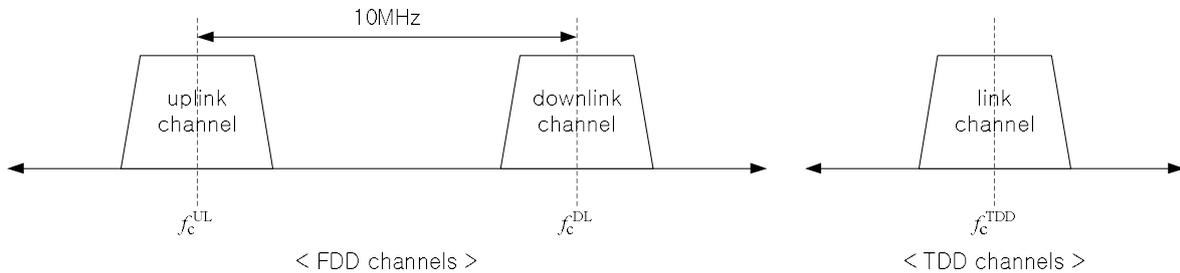
FMT	Filtered Multitone
ID	Identification
LCID	Logical Channel ID
LSB	Least Significant Bit
MCS	Modulation and Coding Scheme
MSB	Most Significant Bit
NDI	New Data Indicator
OOK	On-Off-King
PN	Pseudo Noise
PDCCH	Physical Downlink Control CHannel
PUCCH	Physical Uplink Control Channel
PDCP	Packet Data Convergence Protocol
PDU	Packet Data Unit
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
RACH	Random Access Channel
RAR	Random Access Response
RLC	Radio Link Control
RM	Rate Matching
RNTI	Radio Network Temporary Identifier
RRC	Radio Resource Control
R-BCH	Relay Downlink Broadcast CHannel
R-DL-CCH	Relay Downlink Control CHannel
R-DL-SCH	Relay Downlink Shared CHannel
R-RACH	Relay Random Access CHannel
R-SYNC	Relay SYNChronization channel
R-UCCH	Relay Uplink Control CHannel
R-UL-SCH	Relay Uplink Shared CHannel
SNR	Signal to Noise Ratio
SPS	Semi-Persistent Scheduling
SR	Scheduling Request
SYNC	SYNChronization channel
TB	Transport Block
TC	Turbo Code
TDD	Time Division Duplex
TE	Terminal Equipment
TTI	Transmission Time Interval
UL	UpLink
UCCH	Uplink Control CHannel
ZC	Zadoff-Chu

5 물리 계층 규격

5.1 물리 계층 개요

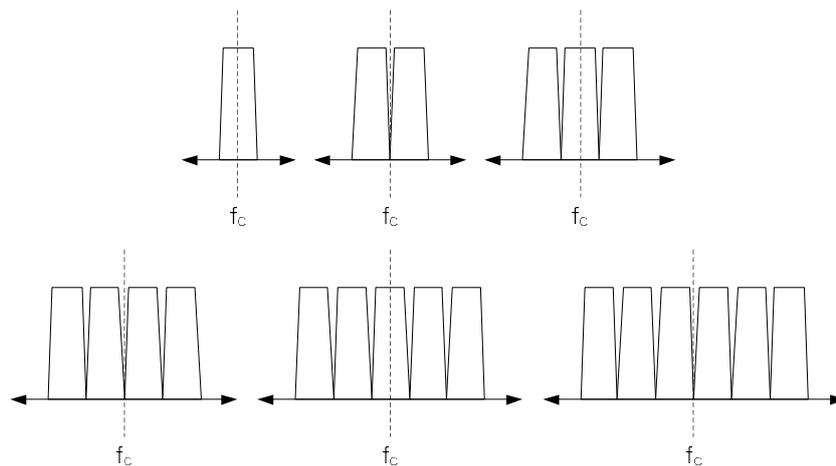
이 표준은 FMT 기반의 다중 반송파 방식을 사용하는 시스템이다. 시스템은 중앙 집중식 네트워크로 구성되어 하나의 게이트웨이에 다수의 단말 기기(TE)가 연결되며 릴레이 통신 기능을 지원한다. 게이트웨이와 단말 기기 간의 통신은 FDD 또는 TDD, 릴레이 통신을 위한 단말 기기들 간의 통신은 TDD 방식을 사용한다. 하나의 부반송파에 대한 채널 대역폭은 25 kHz, 50 kHz 및 100 kHz로 구성 가능하고, 심볼 전송률은 각각 20 kHz, 40 kHz 및 80 kHz이다.

FDD 및 TDD 방식을 사용하는 경우 주파수 자원은 (그림 5-1)과 같으며 FDD 방식의 경우 상하향 채널간 주파수 간격은 10 MHz이다.



(그림 5-1) FDD, TDD에 따른 주파수 자원

상하향 채널에는 최소 1개에서 최대 6개의 부반송파를 사용하여 채널을 구성할 수 있으며 각각의 경우에 대한 채널 구성은 (그림 5-2)와 같다.

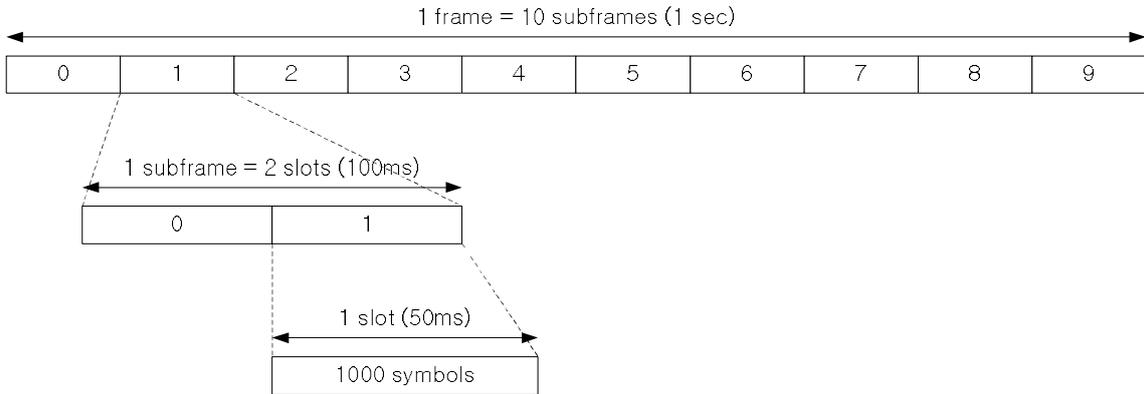


(그림 5-2) 채널 구성

5.2 물리 계층 프레임 전송 구조

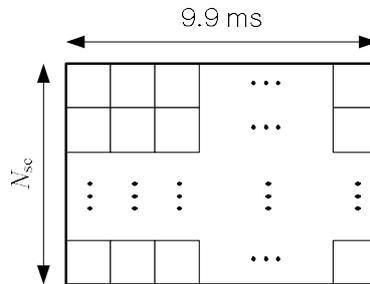
5.2.1 프레임 구조

5.2.1.1 프레임 전체 구조



(그림 5-3) 프레임 구조

이 표준의 물리 계층 프레임 구조는 (그림 5-3)과 같다. 전송 구조에서 최상위 구조는 프레임으로 1 s 의 길이를 가지며 길이가 100 ms 인 서브프레임 10 개로 구성된다. 서브프레임은 2 개의 슬롯으로 구성되고 각 슬롯의 길이는 50 ms 이며 하나의 슬롯은 1000 개의 심볼로 구성된다. 자원은 (그림 5-4)에 나타낸 자원 블록 (resource block) 단위로 할당되며 하나의 슬롯에 5 개의 자원 블록이 할당된다.



< 1 Resource Block >

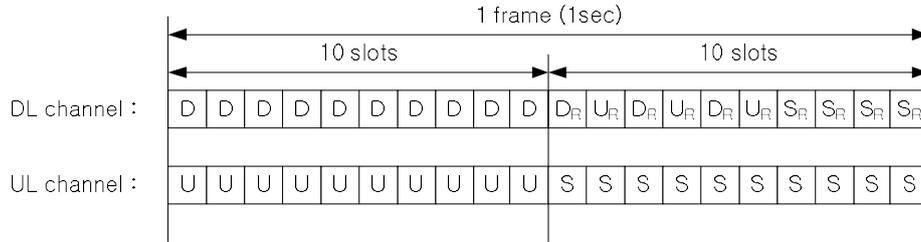
(그림 5-4) 자원 블록 구조

하나의 자원 블록은 9.9 ms 의 길이를 가지며 (그림 5-4)의 N_{sc} 는 부반송파의 개수를 나타낸다.

5.2.1.2 FDD 프레임 구조

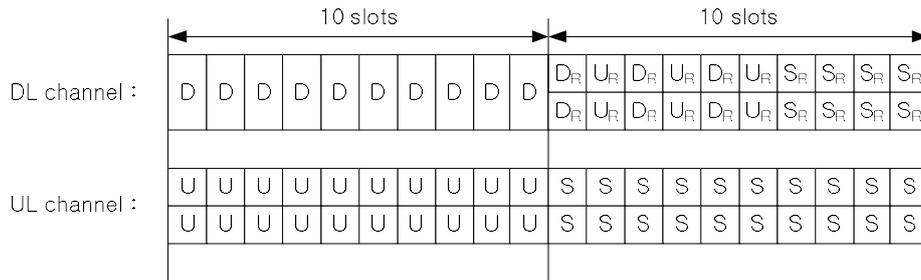
FDD에 대한 프레임 구조는 (그림 5-4)~(그림 5-6)과 같다. 하향 링크 채널에서 각 프레임의 0~4번 서브프레임과 5~9번 서브프레임은 주 링크 하향 링크와 릴레이 링크 채널로 각각 사용된다. 릴레이 링크 채널에 사용되는 총 5개의 서브 프레임 중 3개는 릴레이 채널 2개는 릴레이 SPS 채널로 사용된다. 모든 릴레이 채널의 서브프레임 내 두 개의 슬롯 중 슬롯 0은 릴레이 하향 링크, 슬롯 1은 릴레이 상향 링크 자원으로 사용된

다. 상향 링크 채널에서 프레임은 10개의 서브프레임 중 0~4번 서브프레임과 5~9번 서브프레임은 각각 주 링크 상향 링크 채널과 SPS 채널로 구성된다. 부반송파 갯수의 변화에 따른 프레임 구성은 (그림 5-6) 및 (그림 5-7)과 같이 부반송파의 갯수가 증가함에 따라 독립적인 채널이 증가되는 방식으로 동작한다. 단, 주 링크의 하향 링크는 여러 개의 부반송파를 묶어 하나의 슬롯으로 할당하므로 부반송파가 증가하여도 채널의 개수는 변화하지 않는다.



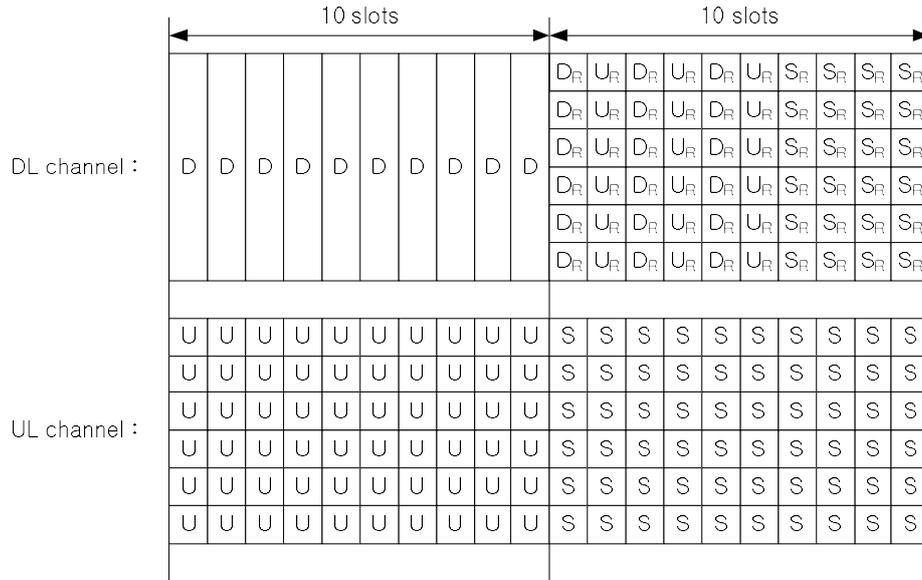
< for 1 subcarrier mode >

(그림 5-5) 프레임 구조(FDD, 1 subcarrier)



< for 2 subcarrier mode >

(그림 5-6) 프레임 구조(FDD, 2 subcarrier)



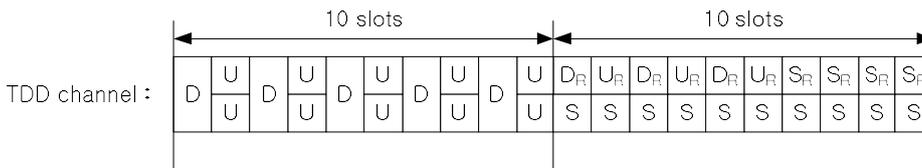
< for 6 subcarrier mode >

(그림 5-7) 프레임 구조(FDD, 6 subcarrier)

참고 : (그림 5-5)~(그림 5-7)은 프레임의 기본 구조를 나타내며 릴레이 링크 채널, 릴레이 SPS 채널 및 SPS 채널에 할당되는 슬롯 개수는 상위 계층에서 조정될 수 있다.

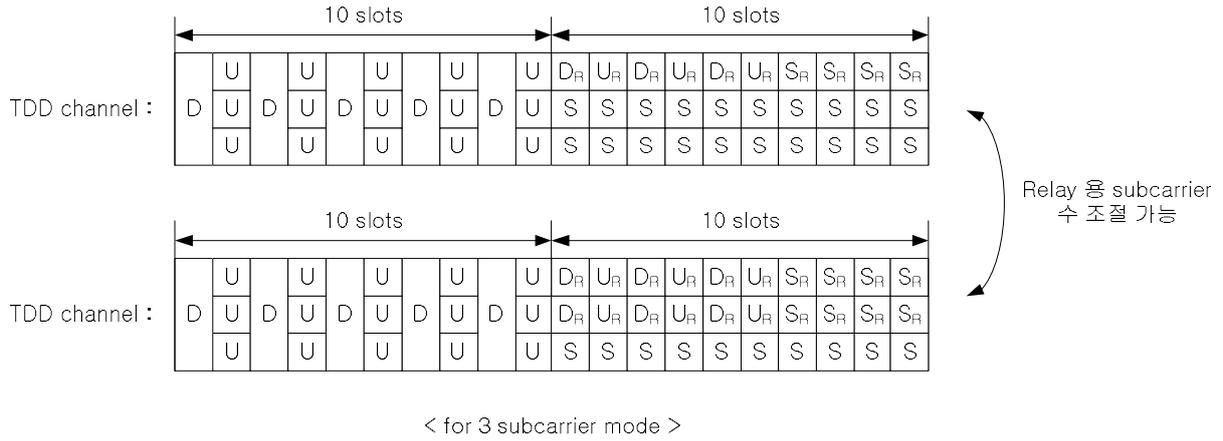
5.2.1.3 TDD 프레임 구조

TDD에 대한 프레임 구조는 (그림 5-8)~(그림 5-10)과 같다. TDD에서는 2~6개의 부반송파가 사용된다. 프레임에서 10개의 서브프레임 중 0~4번 서브프레임과 5~9번 서브프레임은 각각 주링크와 릴레이 링크에 할당된다. 주 링크에서 서브프레임 내 두 개의 슬롯 중 슬롯 0은 하향 링크, 슬롯 1은 상향 링크 자원으로 사용된다. 주 링크에서는 부반송파의 수가 증가함에 따라 상향 링크는 채널의 개수가 증가하며, 하향 링크는 채널의 개수가 변하지 않는다. 릴레이 링크에서는 여러 개의 부반송파를 릴레이 채널과 SPS 채널이 나누어 사용하며 사용되는 채널의 옵션에 따라 각 채널에 할당되는 부반송파의 개수를 설정할 수 있다. 단, 릴레이 채널과 SPS 채널은 각각 최소 하나이상의 부반송파를 사용한다. 릴레이 채널에서는 서브프레임 내 두 개의 슬롯 중 슬롯 0은 릴레이 하향 링크, 슬롯 1은 릴레이 상향 링크 자원으로 사용된다.

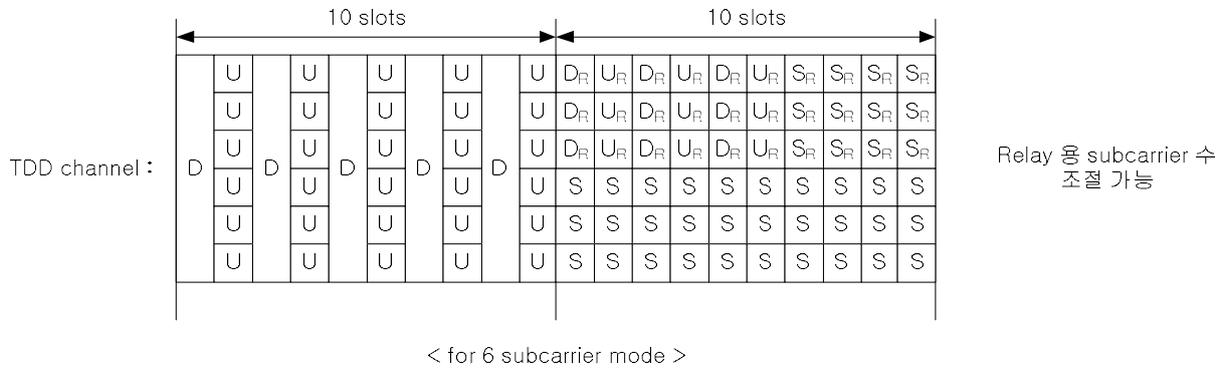


< for 2 subcarrier mode >

(그림 5-8) 프레임 구조(TDD, 2 subcarrier)



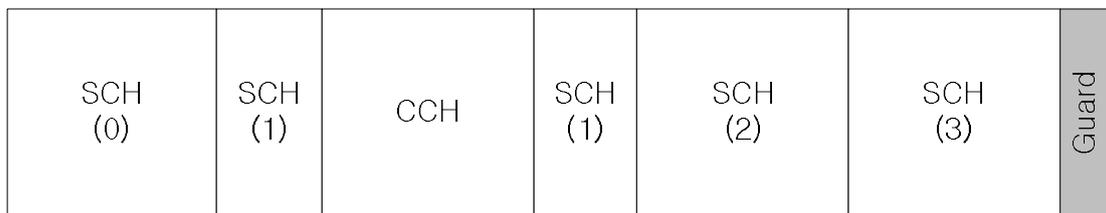
(그림 5-9) 프레임 구조(TDD, 3 subcarrier)



(그림 5-10) 프레임 구조(TDD, 6 subcarrier)

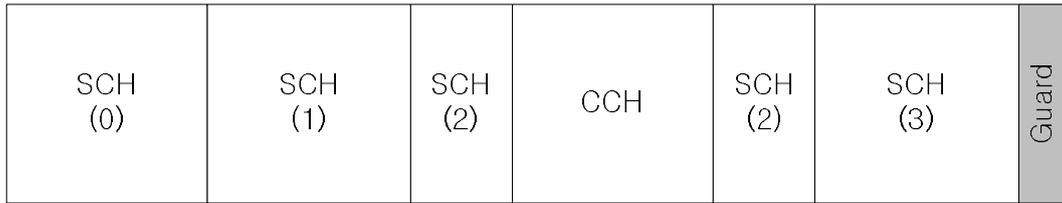
참고 : (그림 5-8)~(그림 5-10)은 프레임의 기본 구조를 나타내며 릴레이링크 채널, 릴레이 SPS 채널 및 SPS 채널에 할당되는 슬롯 개수는 상위 계층에서 조정될 수 있다.

5.2.2 주 링크의 슬롯 구조



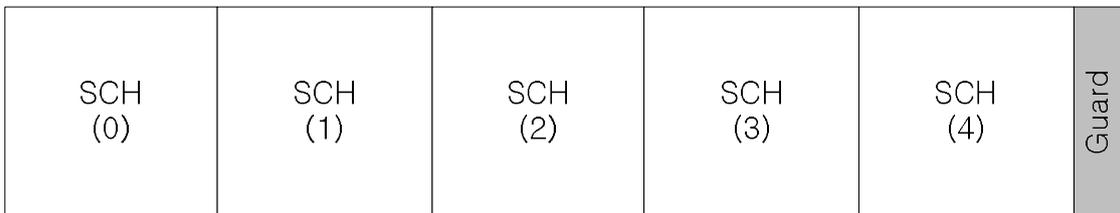
(그림 5-11) 주 링크의 하향 링크 슬롯 구조

(그림 5-11)은 주 링크 하향 링크 채널의 슬롯 구조를 나타낸다. 슬롯은 CCH 와 SCH 로 구성되며 CCH 는 1 개, SCH 에는 4 개의 자원 블록이 할당되고 슬롯의 마지막 부분에는 보호 시간(guard time)이 삽입되며 시간 길이는 0.5 ms 이다. CCH 는 SCH 1 번 자원 블록의 중앙에 삽입된다.



(그림 5-12) 주 링크의 상향 링크 슬롯 구조

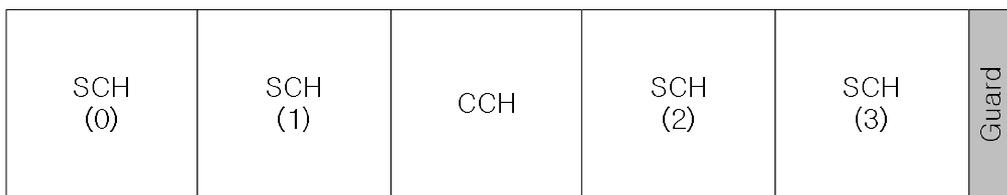
(그림 5-12)는 주 링크 채널의 상향 링크 슬롯 구조를 나타낸다. 상향 링크 슬롯 구성 및 SCH 와 CCH 에 할당되는 자원 블록의 양은 하향 링크와 동일하다. 단, 상향 링크에서는 CCH 삽입 위치가 SCH 2 번 자원 블록의 중앙에 삽입되며 하향 링크의 CCH 와 비교하였을 때 9.9 ms 지연된 위치에 삽입된다. 슬롯의 마지막 부분에는 하향 링크와 마찬가지로 0.5 ms 길이의 보호 시간이 삽입된다.



(그림 5-13) 주 링크의 SPS 슬롯 구조

(그림 5-13)은 주 링크 SPS 슬롯의 구조를 나타낸다. SPS 슬롯은 하나의 자원 블록으로 구성된 SCH 블록 5 개로 구성되며 슬롯의 마지막 부분에는 0.5 ms 의 보호 시간이 삽입된다.

5.2.3 릴레이 링크의 슬롯 구조

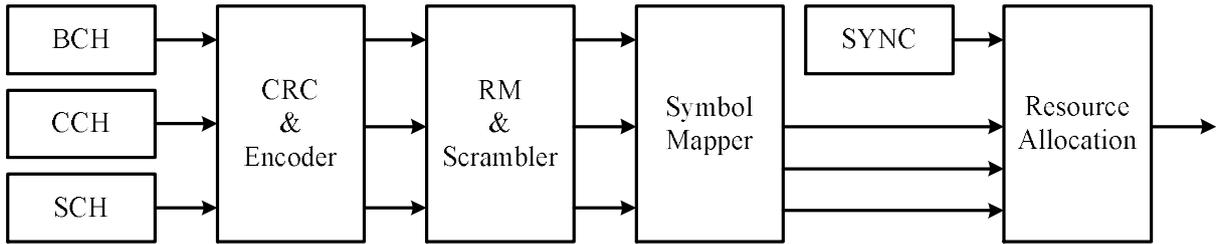


(그림 5-14) 릴레이 링크의 상/하향 링크 슬롯 구조

(그림 5-14)는 릴레이 링크의 상/하향 링크 채널 슬롯 구조를 나타낸다. 상향 링크와 하향 링크가 동일한 구조를 가지며 각각 CCH 와 SCH 로 구성된다. SCH 와 CCH 는 각각 4 개와 1 개의 자원 블록이 할당되며 슬롯의 마지막 부분에는 0.5 ms 길이의 보호 시간이 삽입된다.

5.3 송신기 구조

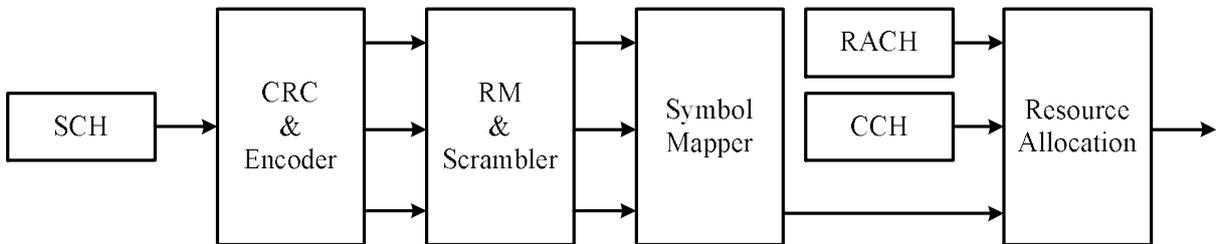
5.3.1 하향 링크에서의 신호 생성 과정



(그림 5-15) 하향 링크에서의 신호 생성 과정

(그림 5-15)는 하향 링크에서의 신호 생성 과정을 나타낸 것이며 주 링크와 릴레이 링크에 따라 일부 채널의 부호화 여부는 달라진다. 변조기에서는 채널 버스트(burst)를 생성하고 이를 할당된 자원에 매핑하는 기능을 수행한다. 채널 버스트는 크게 데이터 버스트와 SYNC 버스트로 나뉘며, 데이터 버스트에는 BCH, CCH, SCH 버스트가 있다. 데이터 버스트는 부호화기, 레이트 매칭 (RM) 및 스크램블러를 통과한 이후 비트 데이터를 심볼 매핑한다. 여기서, 데이터 버스트에 대한 심볼 매핑은 QPSK, 16-QAM 및 64-QAM 을 지원한다. SYNC 버스트는 PN 시퀀스를 이용하여 생성되며 생성된 데이터 버스트 및 SYNC 버스트를 할당된 자원에 매핑한다.

5.3.2 상향 링크에서의 신호 생성 과정



(그림 5-16) 상향 링크에서의 신호 생성 과정

(그림 5-16)은 상향 링크에서의 신호 생성 과정을 나타낸 것이며 주 링크와 릴레이 링크에 따라 일부 채널의 부호화 여부는 달라진다. 변조기에서는 채널 버스트를 생성하고 이를 할당된 자원에 매핑하는 기능을 수행하는 블록이다. 채널 버스트로는 크게 SCH, RACH, CCH 버스트로 나뉘며, SCH 버스트는 부호화기, 레이트 매칭 및 스크램블러를 통과한 후 비트 데이터를 심볼 매핑한다. 여기서, 데이터 버스트에 대한 심볼 매핑은 QPSK, 16-QAM 그리고 64-QAM 까지 지원한다. RACH, CCH 버스트는 CAZAC 시퀀스를 이용하여 생성하고 생성된 SCH, RACH 및 CCH 버스트를 할당된 자원에 매핑한다.

5.4 채널 부호화

5.4.1 순환 잉여 검사 (CRC)

CRC 부호화기에서는 입력 비트 a_0, a_1, \dots, a_{A-1} 을 이용하여 패리티 (parity) 비트 p_0, p_1, \dots, p_{L-1} 을 출력한다. 여기에서 A 와 L 은 각각 입력 비트 및 패리티 비트의 길이이다. CRC 부호화기에서는 CRC-16, CRC-24 두 가지가 사용되며 패리티 비트의 길이 L 이 각각 16, 24 이며 생성다항식으로 $g_{\text{CRC-16}}$ 과 $g_{\text{CRC-24}}$ 를 각각 사용한다. 패리티 비트는 CRC 의 종류에 따라 아래의 생성 다항식 (generator polynomials) 중 하나로 생성된다.

$$g_{\text{CRC-16}}(D) = [D^{16} + D^{12} + D^5 + 1] \quad (\text{수식 5-1a})$$

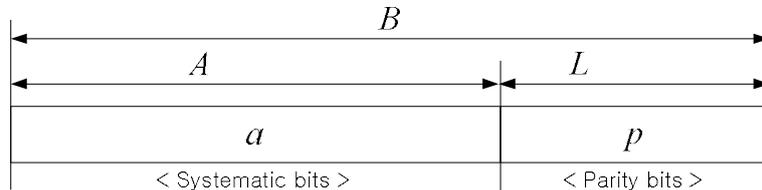
$$g_{\text{CRC-24}}(D) = [D^{24} + D^{23} + D^{18} + D^{17} + D^{14} + D^{11} + D^{10} + D^7 + D^6 + D^5 + D^4 + D^3 + D + 1] \quad (\text{수식 5-1b})$$

부호화는 체계적 (systematic) 형태로 수행되며 CRC 부호화기 출력 시퀀스는 b_0, b_1, \dots, b_{B-1} 로 나타낼 수 있고 여기에서 $B = A + L$ 이다. b_k 와 a_k, p_k 간의 관계를 수식으로 나타내면 아래와 같으며

$$b_k = a_k \quad \text{for } k = 0, 1, 2, \dots, A-1 \quad (\text{수식 5-2a})$$

$$b_k = p_{k-A} \quad \text{for } k = A, A+1, A+2, \dots, A+L-1 \quad (\text{수식 5-2b})$$

그림으로 나타내면 (그림 5-17)과 같다.



(그림 5-17) CRC 출력 신호

각 전송 채널에서 사용하는 CRC 의 종류는 아래 표와 같다.

<표 5-1> CRC 종류

CRC 종류	패리티 비트 길이	채널
CRC-16	16	BCH
		DL-CCH
		R-DL-CCH
CRC-24	24	DL-SCH
		UL-SCH
		R-DL-SCH
		R-UL-SCH

5.4.2 순방향 오류 정정 (FEC) 부호

5.4.2.1 요약

순방향 오류 정정 부호 방식으로는 길쌈 (convolutional) 부호와 터보 부호가 사용된다. CRC를 포함한 입력 비트 시퀀스 길이가 80 이상일 경우 터보 부호가 사용되며 그렇지 않을 경우 길쌈 부호가 사용된다. FEC 부호기로 입력되는 비트 시퀀스는 $d_0, d_1, d_2, \dots, d_{K-1}$ 로 나타낼 수 있고 여기에서 K 는 입력 비트 시퀀스의 길이이다. 부호기 출력 신호는 $c_0^{(i)}, c_1^{(i)}, c_2^{(i)}, c_3^{(i)}, \dots, c_{K-1}^{(i)}$ 로 나타낼 수 있으며 여기에서 K' 은 출력 비트 시퀀스의 길이이다. 각 전송 채널에서 사용하는 순방향 오류 정정 부호 및 부호율은 아래 표와 같다.

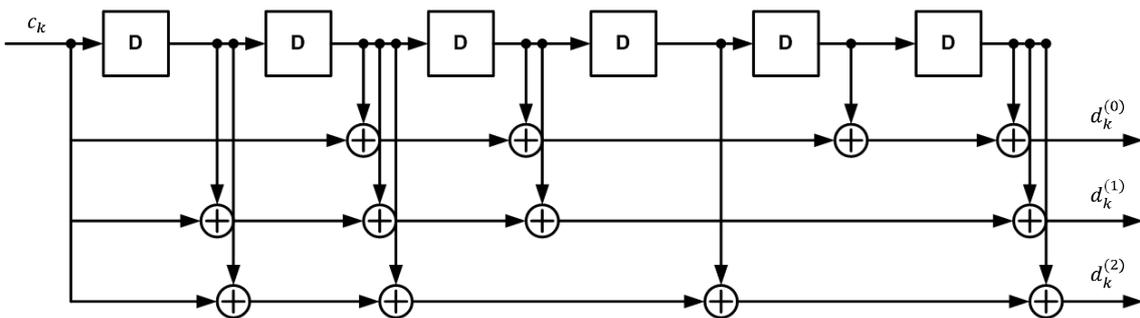
<표 5-2> 순방향 오류 정정 부호 및 부호율

채널	FEC	부호율
BCH	CC	1/4
R-DL-CCH	CC	
DL-CCH	TC, CC	
DL-SCH	TC, CC	0.25~0.95
UL-SCH		
R-DL-SCH		
R-UL-SCH		

5.4.2.2 길쌈 부호 (CC)

5.4.2.2.1 길쌈 부호 부호기

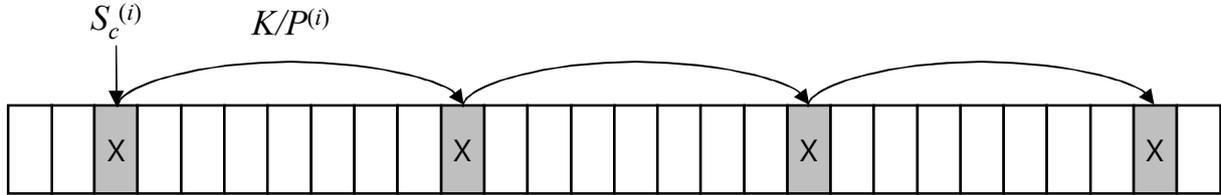
본 표준에서 사용되는 길쌈 부호의 부호기는 (그림 5-18)과 같이 나타낼 수 있다. 구속장 (constraint) 길이가 7 이고 부호율이 1/3 이며 각각의 생성 다항식을 8 진수로 나타내면 (133, 171, 165) 이다. 부호화 과정에서 테일 바이팅 (tail biting) 길쌈 부호화 기법이 적용된다. 즉, 부호기의 시프트 레지스터의 초기값은 $s_i = c_{(K-1-i)}$ 로 선정되며 이에 따라 초기 상태 (state)와 마지막 상태가 동일하다. (그림 5-18)에서 $d_k^{(0)}, d_k^{(1)}$ 및 $d_k^{(2)}$ 는 각각 0, 1, 2 번째 생성 다항식으로 생성된 패리티를 나타낸다.



(그림 5-18) 부호율 1/3의 길쌈 부호

5.4.2.2.2 레이트 매칭 (RM)

(그림 5-18)의 길쌈 부호기에서 생성한 부호어 v_k 의 부호율은 $1/3$ 이며 각 채널에서는 요구되는 부호율에 맞추기 위하여 RM 과정을 수행한다. 사용하는 부호율이 $1/3$ 보다 클 경우에는 펀처링(puncturing)을, $1/3$ 보다 작을 경우에는 반복(repetition)과정을 수행한다. 펀처링하는 과정은 (그림 5-19)와 같다.



(그림 5-19) RM 과정(펀처링)

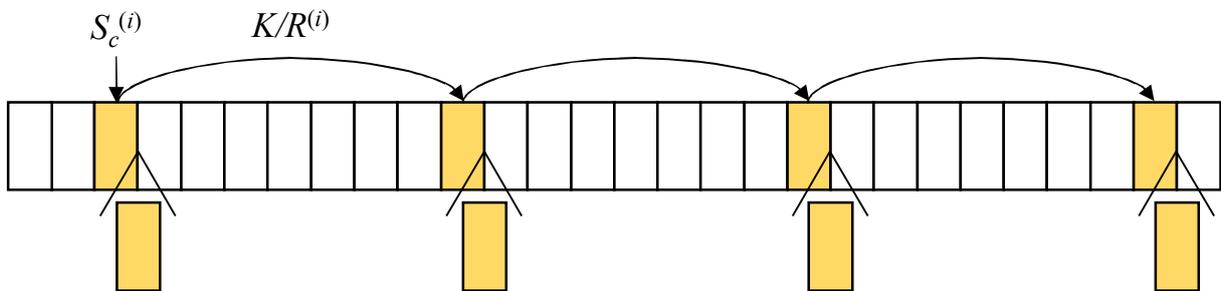
(그림 5-19)에서 $S_c^{(i)}$ 는 i 번째 비트 스트림의 RM 시작점을 나타내며 패리티 비트 스트림 $d_k^{(0)}$, $d_k^{(1)}$ 및 $d_k^{(2)}$ 의 RM 시작점은 각각 $K/6$, $3K/6$, $5K/6$ 의 값을 갖는다. 길이가 K 인 패리티 스트림, $d_k^{(i)}$ 에서 펀처링하는 비트의 개수를 $P^{(i)}$ 로 나타낼 경우 펀처링하는 평균 비트 간격은 $K/P^{(i)}$ 이며 펀처링하는 인덱스는 아래와 같다.

$$\text{punc_index}(i) = \text{ceil}(S_c^{(i)} + kK/P^{(i)}) \bmod K, \quad i=0,1,2, \quad k=0, 1, \dots, P^{(i)}-1 \quad (\text{수식 5-3})$$

여기에서 $\text{ceil}()$ 는 올림함수, mod 는 모듈로 덧셈을 나타낸다. 펀처링되는 총 비트의 개수는 아래와 같으며

$$P = P^{(0)} + P^{(1)} + P^{(2)} \quad (\text{수식 5-4})$$

여기에서 $P^{(i)}$, $i=0,1,2$ 는 $P^{(0)} \geq P^{(1)} \geq P^{(2)}$ 의 관계를 만족하면서 P 에서 균등하게 분배된다. 펀처링 과정 수행 후 최종 부호율 $r = K/(3K-P)$ 로 주어진다.



(그림 5-20) RM 과정(반복)

사용하는 부호율이 $1/3$ 보다 작을 경우에는 (그림 5-20)과 같이 반복 과정을 수행한다. (그림 5-20)에서 RM 시작점, $S_c^{(i)}$ 는 펀처링과 동일한 값을 갖는다. 길이가 K 인 패리티 스트림, $d_k^{(i)}$ 에서 반복하는 비트의 개수를 $R^{(i)}$ 로 나타낼 경우 반복하는 평균 비트 간격은 $K/R^{(i)}$ 이며 반복하는 인덱스는 아래와 같다.

$$\text{rep_index}(i) = \text{ceil}(S_c^{(i)} + kK/R^{(i)}) \bmod K, i=0,1,2, k=0, 1, \dots, R^{(i)}-1 \quad (\text{수식 5-5})$$

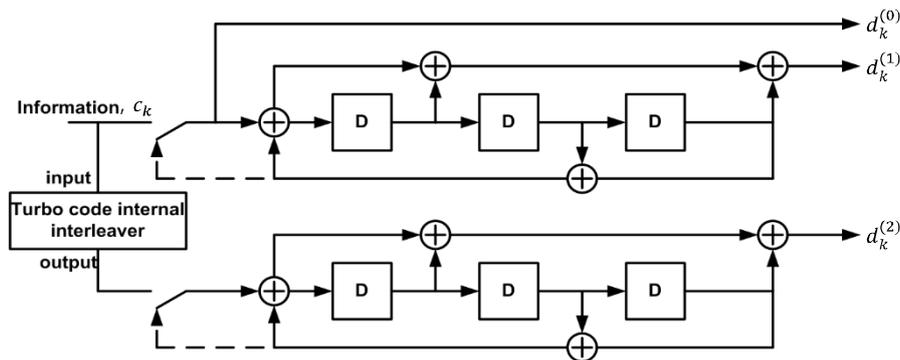
반복하는 총 비트의 개수는 아래와 같으며

$$R = R^{(0)} + R^{(1)} + R^{(2)} \quad (\text{수식 5-6})$$

여기에서 $R^{(i)}, i=0,1,2$ 는 $R^{(0)} \geq R^{(1)} \geq R^{(2)}$ 의 관계를 만족하면서 R 에서 균등하게 분배된다. 반복하는 인덱스의 비트 정보는 (그림 5-20)과 같이 반복 인덱스의 바로 옆에 삽입되어 전송되며, 반복 과정 수행 후 최종 부호율 $r = K/(3K+R)$ 로 주어진다. 펄처링 또는 반복 과정이 완료된 후에는 0 번째, 1 번째, 2 번째 패리티 비트 스트림 순서로 전송된다.

5.4.2.3 터보 부호 (TC)

5.4.2.3.1 터보 부호 부호기



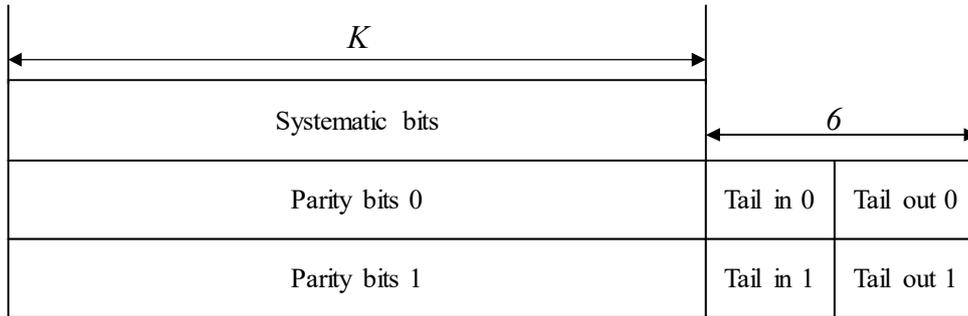
(그림 5-21) 부호율 1/3 터보 부호기

본 표준에서 사용되는 터보 부호는 (그림 5-21)과 같이 나타낼 수 있다. 터보 부호의 부호기는 병렬로 연결된 두 개의 8-상태 구성 (constituent) 부호기와 하나의 내부 인터리버 (internal interleaver)로 구성되며 터보 부호기의 부호율은 1/3 이다. 8-상태 구성 부호기의 전달 함수 (transfer function)는 아래와 같으며

$$G(D) = \begin{bmatrix} 1, \frac{g_1(D)}{g_0(D)} \end{bmatrix}, \quad (\text{수식 5-7})$$

여기에서 $g_0(D) = 1 + D^2 + D^3$, $g_1(D) = 1 + D + D^3$ 이다. 8-상태 구성 부호기의 시프트 레지스터 초기값은 모두 0 으로 설정한다. 모든 입력 비트가 부호화된 이후 터보 부호는 각 구성 부호기의 시프트 레지스터 상태를 모두 0 으로 만들기 위하여 터미네이션 (termination) 과정을 수행한다. 하나의 구성 부호기 당 터미네이션 과정을 위하여 3 bits 의 테일 비트 입력과 이로 인한 3 bits 의 패리티 비트가 추가로 생성되며 테일 비트는 구성 부호기의 피드백 비트 중 마지막 세 비트와 동일한 값을 갖는다. 즉 (그림 5-21)의 구성 부호기에서 모든 입력 비트가 부호화된 이후 구성 부호기의 실선 입력은

차단되고 피드백 신호와 연결된 점선이 입력으로 연결된다. (그림 5-21)에서 $d_k^{(0)}$ 의 길이는 K 이며 $d_k^{(1)}$ 과 $d_k^{(2)}$ 의 길이는 터미네이션 과정으로 인하여 각각 6 개의 비트가 추가되어 $K+6$ 의 길이를 갖고 (그림 5-22)와 같이 터보 부호 출력 신호가 생성된다.



(그림 5-22) 터보 부호 출력 신호

5.4.2.3.2 터보 부호의 내부 인터리버

터보 부호의 내부 인터리버로 입력되는 비트 시퀀스는 $c_0, c_1, c_2, \dots, c_{K-1}$ 로 나타낼 수 있고 인터리버 출력은 $c_0', c_1', c_2', \dots, c_{K-1}'$ 로 나타낼 수 있으며 여기에서 K 는 입력 비트 시퀀스의 길이이다. 인터리버의 입출력 신호 간의 관계는 아래와 같다.

$$c_i' = c_{\Pi(i)}, i = 0, 1, \dots, (K-1) \tag{수식 5-8}$$

여기에서 인덱스 $\Pi(i)$ 와 i 의 관계는 아래 식과 같다.

$$\Pi(i) = (f_1 \cdot i + f_2 \cdot i^2) \bmod K \tag{수식 5-9}$$

여기에서 K 는 80~512의 값을 갖고, 변수 f_1 과 f_2 는 K 값에 따라 <표 5-3>의 값을 갖는다.

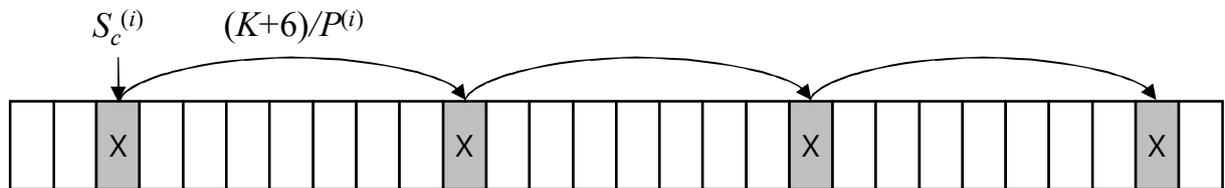
<표 5-3> 터보 부호의 내부 인터리버 변수

	K	f_1	f_2		K	f_1	f_2		K	f_1	f_2		K	f_1	f_2
1	80	11	20	15	192	23	48	29	304	37	76	43	416	25	52
2	88	5	22	16	200	13	50	30	312	19	78	44	424	51	106
3	96	11	24	17	208	27	52	31	320	21	120	45	432	47	72
4	104	7	26	18	216	11	36	32	328	21	82	46	440	91	110
5	112	41	84	19	224	27	56	33	336	115	84	47	448	29	168
6	120	103	90	20	232	85	58	34	344	193	86	48	456	29	114
7	128	15	32	21	240	29	60	35	352	21	44	49	464	247	58
8	136	9	34	22	248	33	62	36	360	133	90	50	472	29	118
9	144	17	108	23	256	15	32	37	368	81	46	51	480	89	180

10	152	9	38	24	264	17	198	38	376	45	94	52	488	91	122
11	160	21	120	25	272	33	68	39	384	23	48	53	496	157	62
12	168	101	84	26	280	103	210	40	392	243	98	54	504	55	84
13	176	21	44	27	288	19	36	41	400	151	40	55	512	31	64
14	184	57	46	28	296	19	74	42	408	155	102				

5.4.2.3.3 레이트 매칭

(그림 5-21)의 터보 부호기에서 생성한 부호어의 부호율은 약 1/3 이며 각 채널에서는 해당 부호율로 맞추기 위하여 RM 과정을 수행한다. 사용하는 부호율이 1/3 보다 클 경우에는 펼쳐링, 1/3 보다 작을 경우에는 반복을 한다. 펼쳐링하는 과정은 아래와 같다.



(그림 5-23) RM 과정 (펼쳐링)

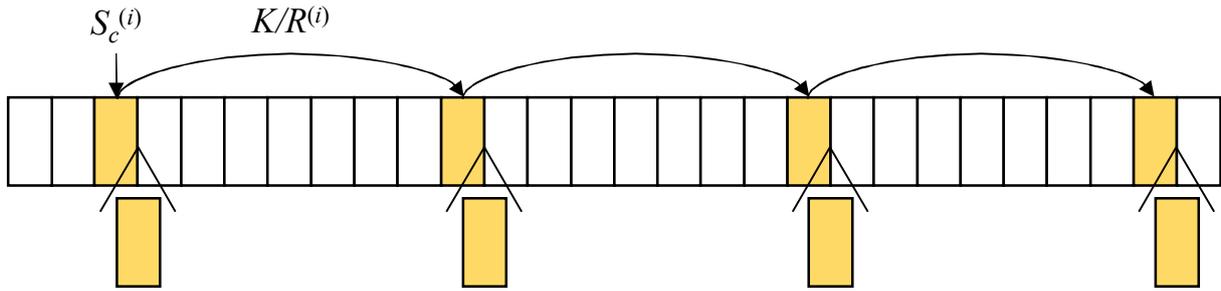
터보 부호의 펼쳐링 과정에서는 정보 비트 스트림 $d_k^{(0)}$ 를 제외하고 패리티 비트 스트림 $d_k^{(1)}$ 및 $d_k^{(2)}$ 만 펼쳐링을 수행한다. (그림 5-22)에서 패리티 비트 스트림 $d_k^{(1)}$ 및 $d_k^{(2)}$ 의 RM 시작점은 각각 $3K/6$, $5K/6$ 의 값을 갖는다. 길이가 $K+6$ 인 패리티 스트림, $d_k^{(i)}$ 에서 펼쳐링하는 비트의 개수를 $P^{(i)}$ 로 나타낼 경우 펼쳐링하는 평균 비트 간격은 $(K+6)/P^{(i)}$ 이며 펼쳐링되는 인덱스는 아래와 같다.

$$\text{punc_index}(i) = \text{ceil}(S_c^{(i)} + k(K+6)/P^{(i)}) \bmod (K+6), i=1,2, k=0, 1, \dots, P^{(i)}-1 \quad (\text{수식 5-10})$$

펼쳐링되는 총 비트의 개수는 아래와 같으며

$$P = P^{(1)} + P^{(2)} \quad (\text{수식 5-11})$$

여기에서 $P(i)$, $i=1,2$ 는 $P(1) \geq P(2)$ 의 관계를 만족하면서 P 에서 균등하게 분배된다. 펼쳐링 과정 수행 후 최종 부호율 $r = K/(3K+12-P)$ 이다.



(그림 5-24) RM 과정 (반복)

사용하는 부호율이 1/3 보다 작을 경우에는 (그림 5-24)와 같이 반복 과정을 수행한다. (그림 5-24)에서 정보 및 패리티 비트 스트림 $d_k^{(0)}$, $d_k^{(1)}$ 및 $d_k^{(2)}$ 의 RM 시작점은 각각 $K/6$, $3K/6$, $5K/6$ 의 값을 갖는다. 길이가 각각 K , $K+6$, $K+6$ 인 정보 및 패리티 스트림들에서 반복하는 비트의 개수를 $R^{(i)}$, $i=0,1,2$ 로 나타낼 경우 반복하는 평균 비트 간격은 각각 $K/R^{(0)}$, $(K+6)/R^{(1)}$, $(K+6)/R^{(2)}$ 이며 반복하는 인덱스는 아래와 같다.

$$\text{rep_index}(0) = \text{ceil}(S_c^{(0)} + kK/R^{(0)}) \bmod K, k=0, 1, \dots, R^{(0)}-1 \quad (\text{수식 5-12a})$$

$$\text{rep_index}(i) = \text{ceil}(S_c^{(i)} + k(K+6)/R^{(i)}) \bmod (K+6), i=1,2, k=0, 1, \dots, R^{(i)}-1 \quad (\text{수식 5-12b})$$

반복하는 총 비트의 개수는 아래와 같으며

$$R = R^{(0)} + R^{(1)} + R^{(2)} \quad (\text{수식 5-13})$$

여기에서 $R^{(i)}$, $i=0,1,2$ 는 $R^{(0)} \geq R^{(1)} \geq R^{(2)}$ 의 관계를 만족하면서 R 에서 균등하게 분배된다. 반복하는 인덱스의 비트 정보는 (그림 5-24)와 같이 반복 인덱스의 바로 옆에 삽입되어 전송되며, 반복 과정 수행 후 최종 부호율 $r = K/(3K+12+R)$ 이다. 펄처링 또는 반복 과정이 완료된 후에는 0 번째, 1 번째, 2 번째 비트 스트림 순서로 전송된다. CRC 를 포함한 정보 비트의 길이가 512 보다 클 경우에는 아래와 같이 분할 (segmentation) 과정을 수행한다. 분할 메시지의 개수는 아래와 같다.

$$C = \text{ceil}((K + 511) / 512) \quad (\text{수식 5-14})$$

5.5 스크램블러

5.5.1 골드 수열

본 표준의 스크램블, 파일럿 및 여러 전송 채널에서는 동일한 골드 수열 이용하여 신호를 생성하며 활용하는 과정에서 수열의 초기값 및 길이만 달라진다. 골드 수열의 주기는 $(2^{31}-1)$ 이며 생성 과정은 아래 식과 같다.

$$\begin{aligned}
 c(n) &= (x_1(n + N_c) + x_2(n + N_c)) \bmod 2 \\
 x_1(n + 31) &= (x_1(n + 3) + x_1(n)) \bmod 2 \\
 x_2(n + 31) &= (x_2(n + 3) + x_2(n + 2) + x_2(n + 1) + x_2(n)) \bmod 2
 \end{aligned}
 \tag{수식 5-15}$$

여기에서 N_c 는 1600 의 값을 갖고, $x_1(n)$ 과 $x_2(n)$ 는 차수가 31 인 PN 수열이고 $c(n)$ 은 두 개의 PN 수열 $x_1(n)$ 과 $x_2(n)$ 로 생성한 골드 수열이다. $x_1(n)$ 의 시프트 레지스터 초기값은 1 이 사용되고 $x_2(n)$ 의 초기값은 Master_ID, 게이트웨이 ID 등 각 채널 및 활용 용도에 따라 값이 달라진다.

5.5.2 스크램블링

스크램블러로 입력되는 길이가 N 인 비트 시퀀스를 $d(0), d(1), d(2), \dots, d(N-1)$ 로 나타내면 스크램블러 출력 신호는 아래 식과 같이 생성되며

$$x(n) = (c(n) + d(n)) \bmod 2, n=0, 1, 2, \dots, N \tag{수식 5-16}$$

스크램블러 출력 신호 $x(n)$ 의 길이는 입력 신호와 동일한 N 의 값을 갖는다.

5.6 심볼 매핑

본 표준에서는 변조 방식으로 QPSK, 16-QAM, 64-QAM 을 사용하며 각 전송 채널별로 사용하는 변조 기법을 정리하면 아래 표와 같다.

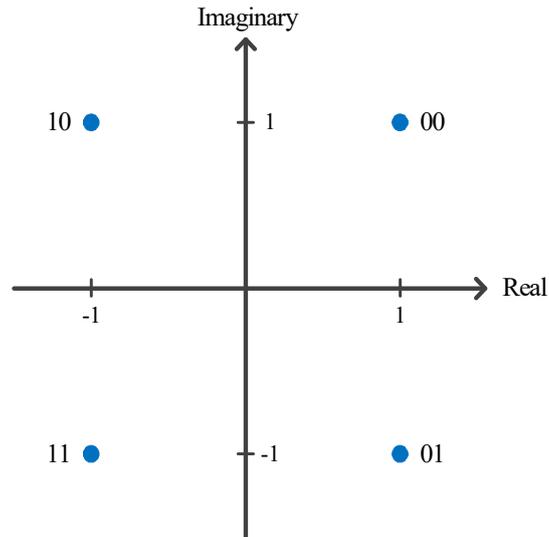
<표 5-4> 각 전송 채널별로 사용하는 변조 기법

변조	채널
QPSK	SYNC, BCH, DL-CCH UL-CCH, R-DL-CCH, R-UL-CCH
QPSK, 16-QAM, 64-QAM	DL-SCH, UL-SCH, R-DL-SCH, R-UL-SCH

QPSK 의 경우 실수와 허수 모두 1 은 -1 로, 0 은 +1 로 변조한다. 성상도(constellation) 매핑 방법은 아래 표 및 그림과 같다.

<표 5-5> QPSK의 심볼 매핑 방법

비트	1	0
실수	-1	1
허수	-1	1



(그림 5-25) QPSK 성상도

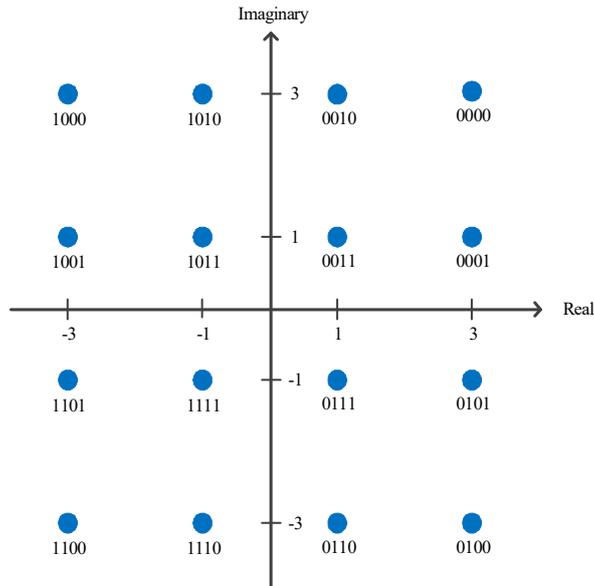
16-QAM 의 경우 한 심볼을 이루는 4 bits 중 첫 번째, 세 번째 비트는 실수를 결정하며 두 번째, 네 번째 비트는 허수를 결정한다. 성상도 매핑 방법은 아래 표 및 그림과 같다.

<표 5-6> 16-QAM 심볼 매핑 방법(실수)

첫 번째 비트	세 번째 비트	실수
1	0	-3
1	1	-1
0	1	1
0	0	3

<표 5-7> 16-QAM 심볼 매핑 방법(허수)

두 번째 비트	네 번째 비트	허수
1	0	-3
1	1	-1
0	1	1
0	0	3



(그림 5-26) 16-QAM 성상도

64-QAM 의 경우 한 심볼을 이루는 6 bits 중 첫 번째, 세 번째, 다섯 번째 비트는 실수를 결정하며 두 번째, 네 번째, 여섯 번째 비트는 허수를 결정한다. 성상도 매핑 방법은 아래 표 및 그림과 같다.

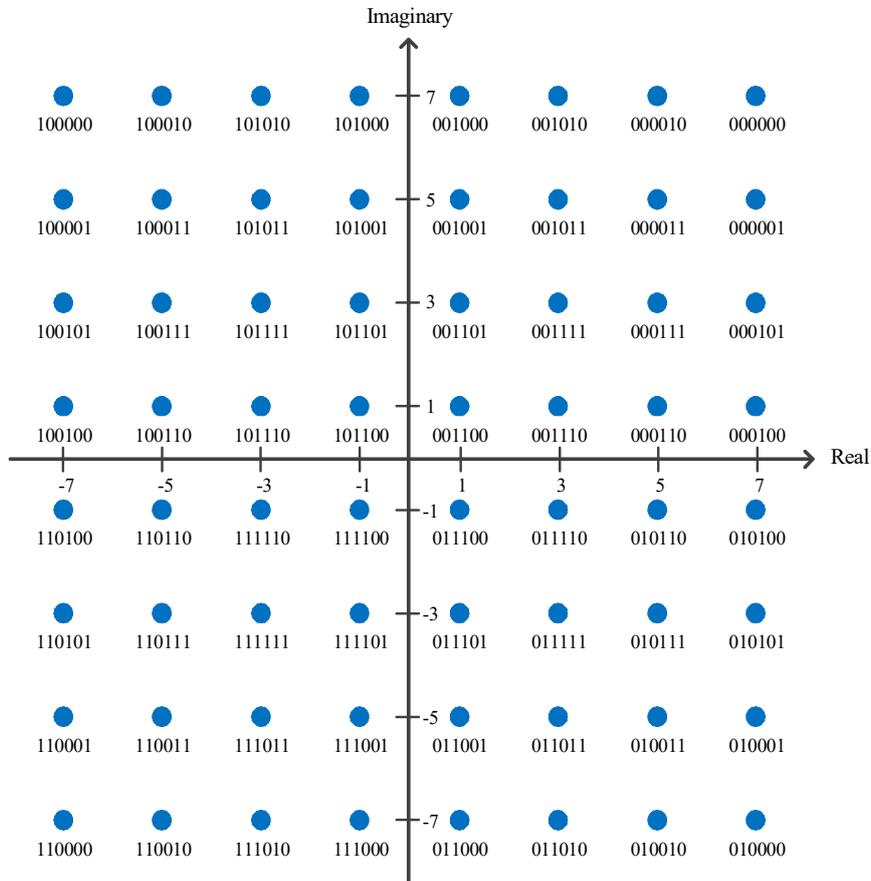
<표 5-8> 64-QAM 심볼 매핑 방법(실수)

첫 번째 비트	세 번째 비트	다섯 번째 비트	실수
1	0	0	-7
1	0	1	-5
1	1	1	-3
1	1	0	-1
0	1	0	1
0	1	1	3
0	0	1	5
0	0	0	7

<표 5-9> 64-QAM 심볼 매핑 방법(허수)

두 번째 비트	네 번째 비트	여섯 번째 비트	허수
1	0	0	-7
1	0	1	-5
1	1	1	-3
1	1	0	-1
0	1	0	1

0	1	1	3
0	0	1	5
0	0	0	7



(그림 5-27) 64-QAM 성상도

성상도 매핑 후에는 각각의 심볼 매핑 방법에 따라 심볼들의 평균 파워를 동일하게 하기 위해 척도조절 과정이 필요하며 척도조절 값은 아래 표와 같다.

<표 5-10> 심볼 파워 정규화 값

변조	정규화 값
QPSK	$\sqrt{2}$
16-QAM	$\sqrt{10}$
64-QAM	$\sqrt{42}$

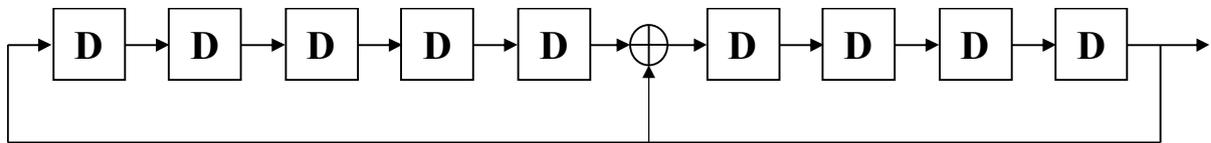
5.7 하향 링크 채널

5.7.1 SYNC

SYNC 는 신호 감지 및 동기화에 사용되며 매 프레임의 첫 번째 서브프레임에만 삽입되어 전송되며 상세 위치는 슬롯 0 의 SCH 영역 0 ms ~ 7.25 ms 구간이다. SYNC 는 길이가 148 심볼이며 PN 시퀀스를 이용하여 생성한다. SYNC 생성에 사용되는 PN 시퀀스의 주기는 511 비트이며 생성 다항식은 아래 식과 같으며

$$G = x^9 + x^4 + 1 \quad (\text{수식 5-17})$$

생성 다항식을 이용하여 구현한 PN 시퀀스 생성기는 (그림 5-28)과 같다.



(그림 5-28) PN 시퀀스 생성기

시프트 레지스터의 초기값은 16 진수로 0xAA 를 사용한다. 총 길이 511 비트에서 296 비트가 SYNC 신호 생성에 사용되며 변조 방법으로는 QPSK 가 사용된다. 따라서 SYNC 의 최종 길이는 148 심볼이 된다.

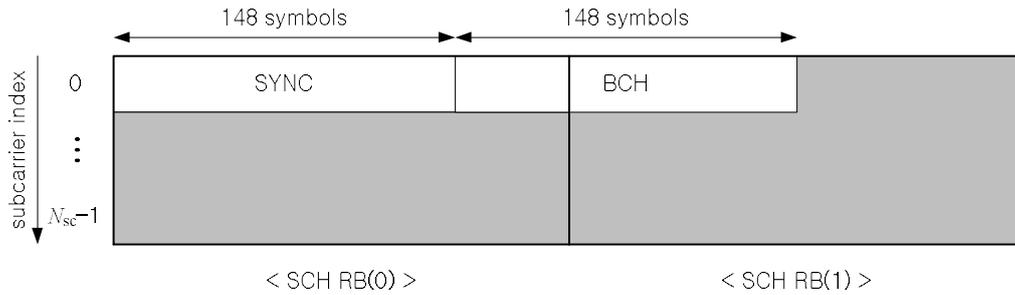
5.7.2 BCH

BCH 는 길이 7 byte 의 정보를 전송하며 아래의 과정을 거쳐 신호를 생성한다.



(그림 5-29) BCH 전송 과정

CRC 는 CRC-16, 채널 부호는 길쌈 부호, 변조는 QPSK 가 사용된다. 스크램블 과정에서는 초기값으로 게이트웨이 ID 의 하위 4 bits 가 사용된다. BCH 에 할당된 자원 길이를 맞추기 위하여 RM 과정 이후 296 bits 가 출력되고 변조 이후에는 148 개의 QPSK 심볼로 구성된다. BCH 는 매 프레임의 첫 번째 서브프레임에만 삽입되어 전송되며 SYNC 신호 바로 뒤에 전송된다.



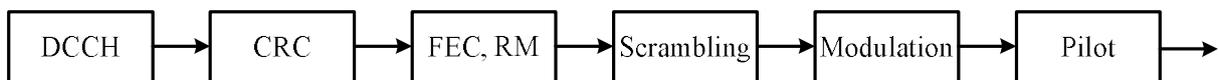
(그림 5-30) 주 링크 채널 SYNC & BCH

5.7.3 DCCH

DCCH 는 아래 항목에 대한 정보를 전송한다.

- a) ACK/NACK (1 bit)
- b) DCI-0 (32 bits)
- c) DCI-1 (32 bits)
- d) L1Cmd (32 bits)
- e) Reserved (11 bits)

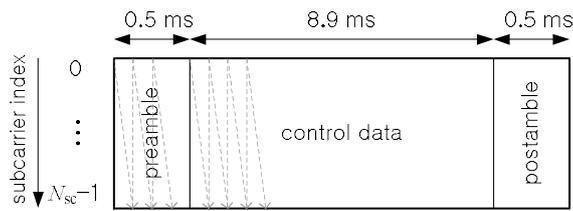
DCCH 에서는 USCH 에 대한 응답으로 한 비트로 구성된 ACK/NACK 정보를 전송하며 ACK/NACK 의 총 개수는 USCH 에 할당된 자원 블록의 총 개수와 동일하다. ACK : 1, NACK : 0 의 값이 전송되고 바로 뒤에 DCI 정보의 개수에 대한 정보가 전송된다. DCI-0 는 USCH 의 정보, DCI-1 은 DSCH 의 정보, L1Cmd 는 임의의 단말에 대한 제어 명령이 할당되며 모두 32 비트로 구성된다. DCCH 에 할당되며 정보의 종류 및 전송 유무는 상위 계층에서 결정된다. DCCH 에 할당된 정보는 아래의 과정을 거쳐 신호를 생성한다.



(그림 5-31) DCCH 전송 과정

CRC는 CRC-16, 채널 부호는 부호율이 1/4인 터보 및 길쌈 부호, 변조는 QPSK가 사용되며 순방향 오류 정정은 CRC를 포함한 입력 비트 시퀀스 길이가 80보다 클 경우 터보 부호가 사용되며 그렇지 않을 경우 길쌈 부호가 사용된다. RM 과정 이후 $356 \cdot N_{sc}$ 비트가 출력되고 스크램블 과정에서는 (수식 5-15)로 정의되는 골드 수열의 초기값으로 게이트웨이 ID가 사용된다. 변조 이후 신호의 길이는 $178 \cdot N_{sc}$ 심볼이며 시간 길이는 8.9 ms이다. 다중 반송파를 사용할 경우 변조 신호는 (그림 5-32)와 같이 부반송파 인덱스 방향으로 신호가 삽입되어 전송된다. 변조 신호의 앞과 뒤에는 (그림 5-32)와 같이 각각 $10 \cdot N_{sc}$ 심볼 길이의 파일럿이 삽입되며 앞과 뒤에 삽입되는 파일럿은 동일한 값을 갖

는다.

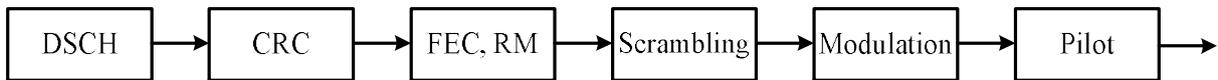


(그림 5-32) 하향 링크 CCH 구조

파일럿 신호는 (수식 5-15)에 의해 정의된 골드 수열을 이용하며 생성하며 이때 초기값은 게이트웨이 ID 가 사용되고 $c[0], c[1] \dots c[20 \cdot N_{sc}-1]$ 로 이루어진 $20 \cdot N_{sc}$ 비트인 수열이 QPSK 변조되어 $10 \cdot N_{sc}$ 심볼의 길이를 갖는다. 파일럿 신호 삽입 이후 신호의 총 길이는 9.9 ms의 시간 길이를 가지며 하향 링크 CCH의 삽입 위치는 하향 링크의 모든 슬롯의 CCH 영역에 삽입된다.

5.7.4 DL-SCH

DL-SCH는 트래픽 채널로 아래의 과정을 거쳐 신호를 생성한다.



(그림 5-33) DL-SCH 전송 과정

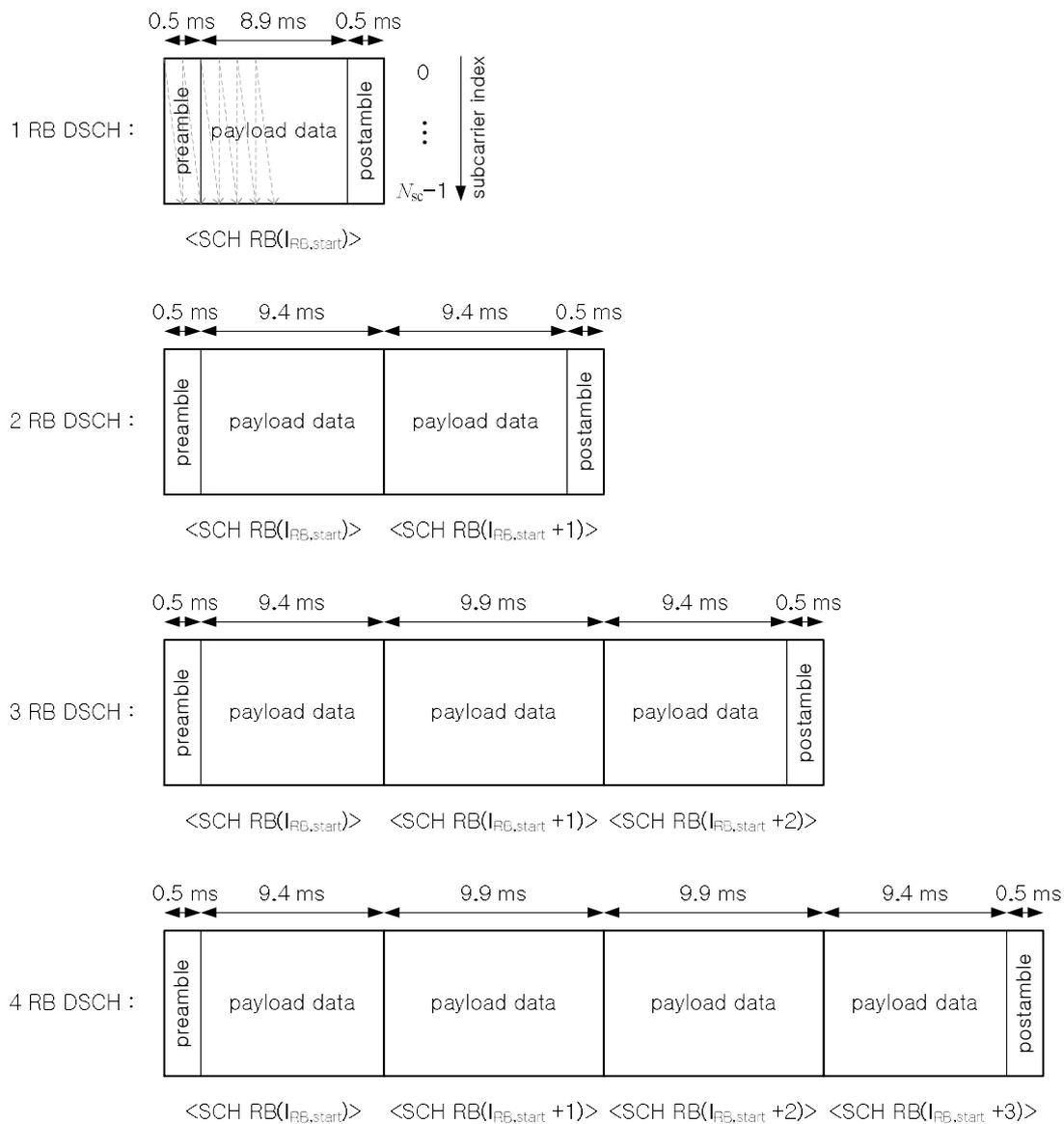
CRC는 CRC-24, 채널 부호는 부호율이 0.25~0.95인 터보 또는 길쌈 부호, 변조는 QPSK / 16-QAM / 64-QAM이 사용되며 순방향 오류 정정은 CRC를 포함한 입력 비트 시퀀스 길이가 80보다 클 경우 터보 부호가 사용되며 그렇지 않을 경우 길쌈 부호가 사용된다. 이때 채널 부호, 부호율 및 변조 기법은 아래 표와 같이 MCS 레벨에 따라 결정된다.

<표 5-11> MCS 레벨에 따른 채널 부호, 부호율 및 변조 기법

MCS Index	변조	부호율
0	QPSK	0.250
1	QPSK	0.425
2	QPSK	0.600
3	QPSK	0.775
4	QPSK	0.950
5	16-QAM	0.625
6	16-QAM	0.750
7	16-QAM	0.850
8	16-QAM	0.950

9	64-QAM	0.750
10	64-QAM	0.825
11	64-QAM	0.900
12	64-QAM	0.950

RM 과정 이후 스크램블 과정에서는 (수식 5-15)로 정의되는 골드 수열의 초기값으로 게이트웨이 ID 가 사용된다. DL-SCH 는 (그림 5-34)와 같이 자원 블록 1 개부터 최대 4 개의 연속된 SCH 자원을 사용가능하며 이때의 변조 심볼 길이는 각각 $178 \cdot N_{sc}$, $376 \cdot N_{sc}$, $574 \cdot N_{sc}$, $772 \cdot N_{sc}$ 로 구성된다. 다중 반송파를 사용할 경우 변조 신호는 (그림 5-32)와 같이 부반송파 인덱스 방향으로 신호가 삽입되어 전송된다. 변조 이후 파일럿이 (그림 5-34)와 같이 신호의 앞과 뒤에 각각 10 심볼이 삽입되며 파일럿은 DCCH 에 삽입되는 파일럿과 동일하다.



(그림 5-34) DL-SCH 구조

DL-SCH 의 최종 시간 길이는 9.9~39.6 ms 의 길이를 가지며 SCH 영역에 삽입되어 전송된다.

5.8 상향 링크 채널

5.8.1 RACH

5.8.1.1 CAZAC 수열

본 표준에서는 RACH, UL-CCH 및 R-SYNC 등의 신호 생성에 CAZAC이 사용된다. CAZAC 중 ZC 시퀀스가 사용되며 아래와 같이 정의된다

$$c^u(k) = \exp(-j\pi uk(k+1)/N), k=0,1,2,\dots,N-1 \quad (\text{수식 5-18})$$

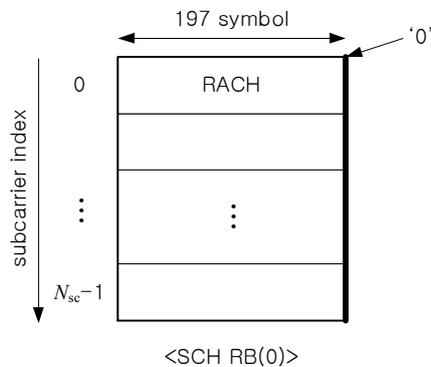
여기에서 u 는 시퀀스의 근 (root), N 은 수열의 길이를 나타낸다.

5.8.1.2 RACH 신호 생성

RACH 는 길이가 197 심볼인 ZC 수열을 이용하여 신호를 생성하며 시퀀스의 근은 아래와 같이 주어진다.

- Sequence root = mod(Gateway ID,196) + 1

위의 과정으로 생성된 ZC 수열은 순환 이동 (cyclic shift)하여 전송하고 순환 이동 인덱스는 0~196 범위의 짝수를 사용하며 순환 이동 인덱스는 상위 계층에서 설정된다. RACH 는 (그림 5-35)와 같이 매 프레임의 서브프레임 0, 슬롯 0, 부반송파 인덱스 0 자원 블록에 할당되어 전송되며 자원 블록의 198 번째 심볼은 '0'이 삽입된다.



(그림 5-35) RACH 구조

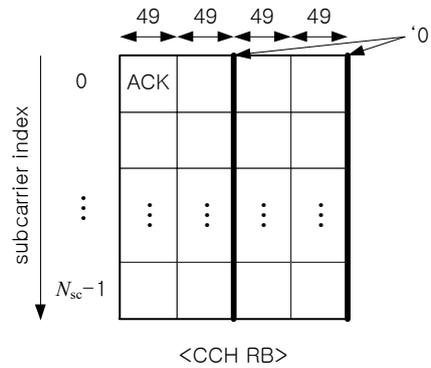
5.8.2 UL-CCH

5.8.2.1 ACK

UL-CCH 의 ACK 는 DL-SCH 에 대한 ACK/NACK 정보를 전달하며 ACK 또는 NACK 에 따라 아래의 수열을 전송한다.

- NACK : 00000000000000000000...00000000000000000000
- ACK : 01010101010101010101...01010101010101010101

위의 수열은 98 비트 길이를 가지며 수열은 스크램블 과정을 거쳐 전송되며 이때 스크램블링 과정에서는 (수식 5-15)로 정의되는 골드 수열의 초기값으로 게이트웨이 ID 가 사용된다. 스크램블 과정 이후 QPSK 변조되므로 49 심볼의 신호에 하나의 ACK/NACK 정보가 전송된다.



(그림 5-36) ACK/NACK 전송 구조

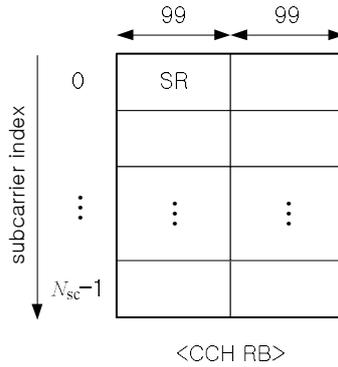
(그림 5-36)은 UL-CCH 하나의 자원 블록에 ACK 가 전송되는 예시를 나타낸 것으로 49 심볼 길이를 갖는 ACK/NACK 정보가 최대 $4 \cdot N_{sc}$ 개 전송 가능하며 전송 개수는 상위 계층에서 설정된다. 또한 ACK/NACK 정보가 전송될 경우 UL-CCH 자원 블록의 99 번째, 198 번째 심볼은 '0'이 삽입된다.

5.8.2.2 SR

SR 은 1 비트에 대한 정보를 OOK 방식으로 전송한다. 즉, 스케줄링 요청을 할 경우 신호를 전송하고 그렇지 않을 경우 신호를 전송하지 않는다. 정보는 (수식 5-18)에 나타낸 ZC 수열을 이용하여 생성하고 이때 수열의 길이는 99 심볼, 수열의 근은 아래와 같이 주어지며

- Sequence root = mod(Gateway ID,98) + 1

위의 과정으로 생성된 ZC 수열은 순환 이동하여 전송하며 순환 이동 인덱스는 0~98 범위의 짝수를 사용하며 순환 이동 인덱스는 상위 계층에서 설정된다.

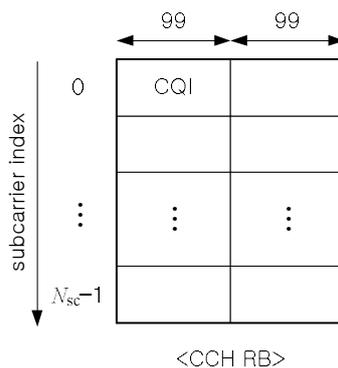


(그림 5-37) SR 전송 구조

(그림 5-37)은 UL-CCH 하나의 자원 블록에 SR 이 전송되는 예시를 나타낸 것으로 99 심볼 길이를 갖는 SR 정보가 최대 $2 \cdot N_{sc}$ 개 전송 가능하며 전송 개수는 상위 계층에서 설정된다.

5.8.2.3 CQI

CQI 는 6 비트로 구성된 채널 정보를 전송하며 정보는 0, 1, 2, ..., 63 dB 의 SNR 값이다. CQI 정보는 (수식 5-15)에 정의된 골드 수열을 이용하여 전송하며 수열의 초기값으로 (게이트웨이 ID+4096)이 사용된다. CQI 에 사용되는 수열의 길이는 198 비트이고 QPSK 변조된다. 변조된 신호는 99 심볼의 길이를 가지며 신호를 순환 이동하여 전송한다. 순환 이동 인덱스는 0~63의 값을 가지며 SNR 정보로 결정된다.

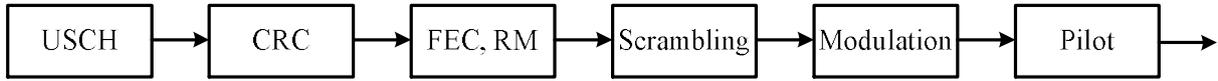


(그림 5-38) SR 전송 구조

(그림 5-38)은 UL-CCH 하나의 자원 블록에 CQI 가 전송되는 예시를 나타낸 것으로 99 심볼 길이를 갖는 CQI 정보가 최대 $2 \cdot N_{sc}$ 개 전송 가능하며 전송 개수는 상위 계층에서 설정된다.

5.8.3 UL-SCH

UL-SCH 는 트래픽으로 (그림 5-39)의 과정을 거쳐 신호를 생성한다.

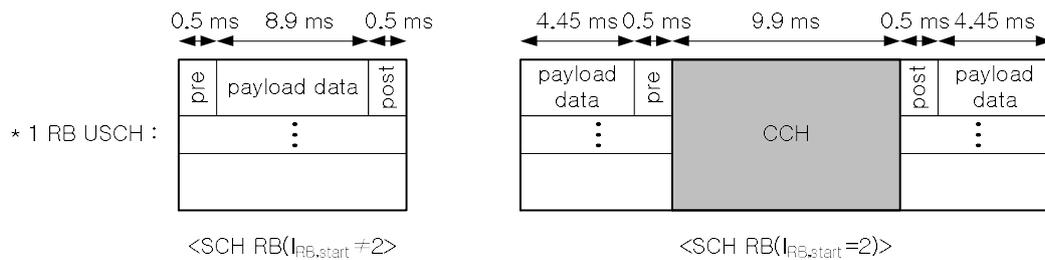


(그림 5-39) UL-SCH 전송 과정

CRC 는 CRC-24, 채널 부호는 부호율이 0.25~0.95 인 터보 부호 또는 길쌈 부호, 변조는 QPSK / 16-QAM / 64-QAM 이 사용되며 순방향 오류 정정은 CRC 를 포함한 입력 비트 시퀀스 길이가 80 보다 클 경우 터보 부호가 사용되며 그렇지 않을 경우 길쌈 부호가 사용된다. 이때 채널 부호, 부호율 및 변조 기법은 MCS 레벨에 따라 결정되며 MCS 레벨은 <표 5-11>과 같다.

RM 과정 이후 스크램블 과정에서는 (수식 5-15)로 정의되는 골드 수열의 초기값으로 게이트웨이 ID 가 사용된다. UL-SCH 는 (그림 5-40)~(그림 5-43)과 같이 자원 블록 1 개부터 최대 4 개의 연속된 SCH 자원을 사용가능하며 이때의 변조 심볼 길이는 각각 178, 376, 574, 772 로 구성된다. 변조 이후 파일럿은 신호의 앞과 뒤에 또는 중간에 각각 10 심볼이 삽입되며 파일럿은 DCCH 에 삽입되는 파일럿과 동일하게 생성된다.

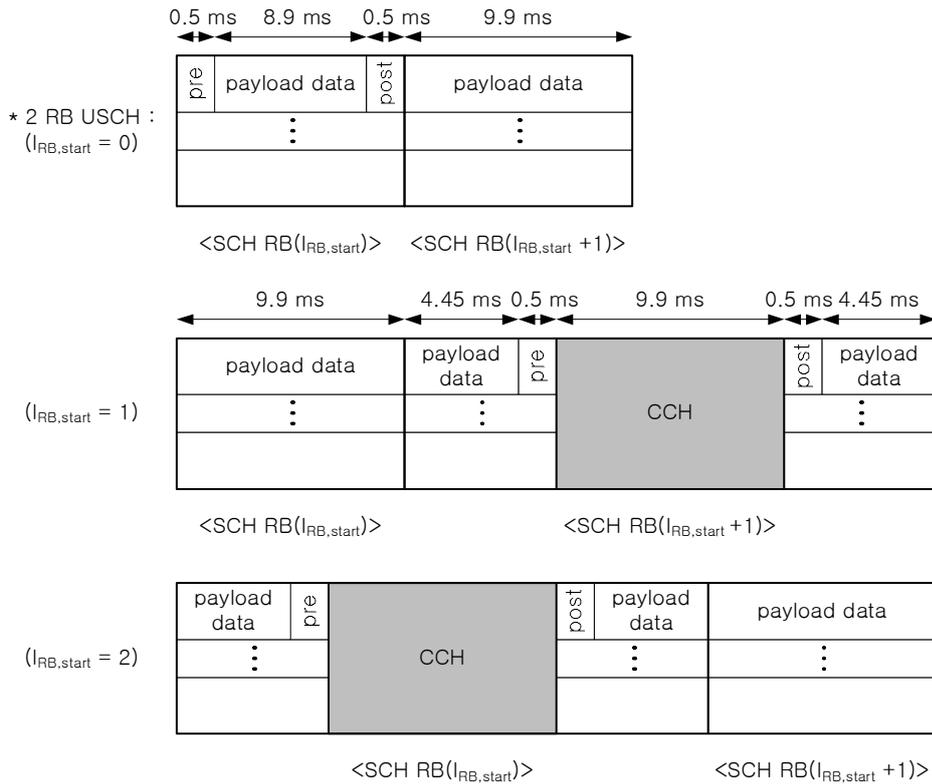
(그림 5-40)은 SCH 자원 블록 1 개를 사용하는 경우의 UL-SCH 의 전송 구조를 나타내며 (그림 5-40)의 왼쪽 그림과 같이 SCH 자원 블록 2 번이 아닌 경우 변조 신호의 앞과 뒤에 파일럿이 삽입된다. (그림 5-40)의 오른쪽 그림과 같이 SCH 자원 블록 2 번을 이용하여 신호를 전송하는 경우에는 변조 신호의 중간, 즉 CCH 영역의 양끝에 파일럿이 삽입된다.



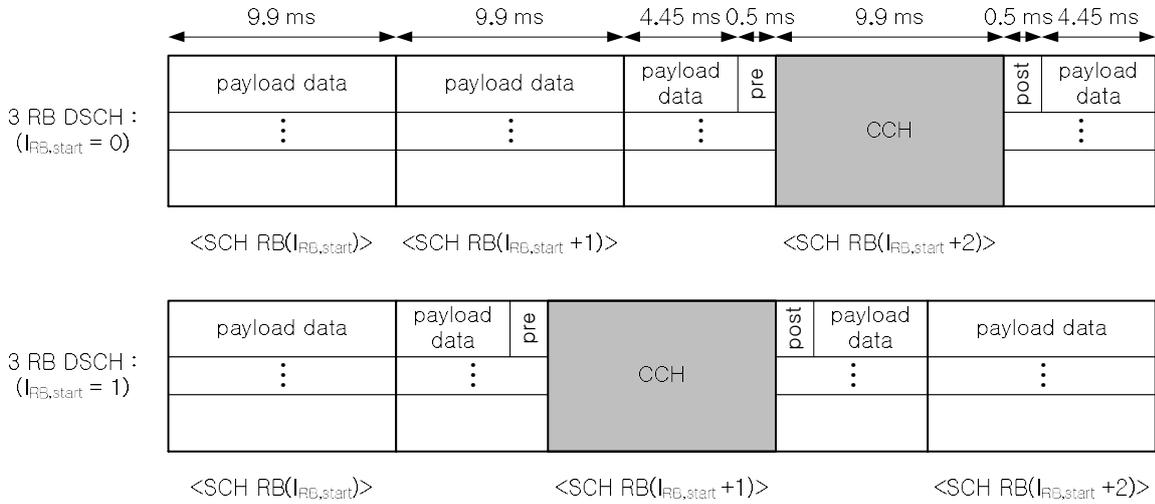
(그림 5-40) UL-SCH 전송 구조 (자원 블록 1개)

(그림 5-41)은 SCH 자원 블록 2 개를 사용하는 경우의 UL-SCH 의 전송 구조를 나타내며 (그림 5-41)의 첫 번째 그림과 같이 SCH 자원 블록 2 번을 사용하지 않은 경우에 파일럿은 첫 번째 자원 블록의 변조 신호 양끝에 삽입된다. (그림 5-41)의 두 번째, 세 번째 그림과 같이 SCH 자원 블록 2 번을 이용하여 신호를 전송하는 경우에는 변조 신호의 중간, 즉 CCH 영역의 양끝에 파일럿이 삽입된다.

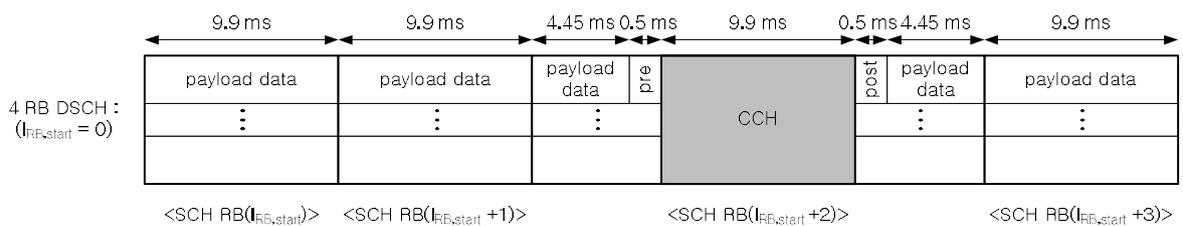
(그림 5-42)와 (그림 5-43)은 각각 SCH 자원 블록 3 개와 4 개를 사용하는 경우의 UL-SCH 의 전송 구조를 나타내며 파일럿은 변조 신호의 중간, 즉 CCH 영역의 양끝에 삽입된다.



(그림 5-41) UL-SCH 전송 구조 (자원 블록 2개)



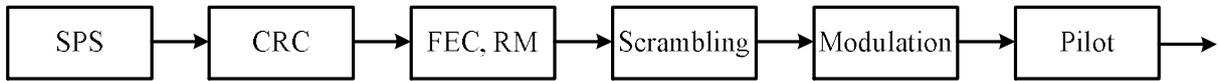
(그림 5-42) UL-SCH 전송 구조 (자원 블록 3개)



(그림 5-43) UL-SCH 전송 구조 (자원 블록 4개)

5.8.4 SPS

SPS 는 주기적으로 트래픽을 전송하기 위한 자원이며 (그림 5-44)의 과정을 거쳐 신호를 전송한다.

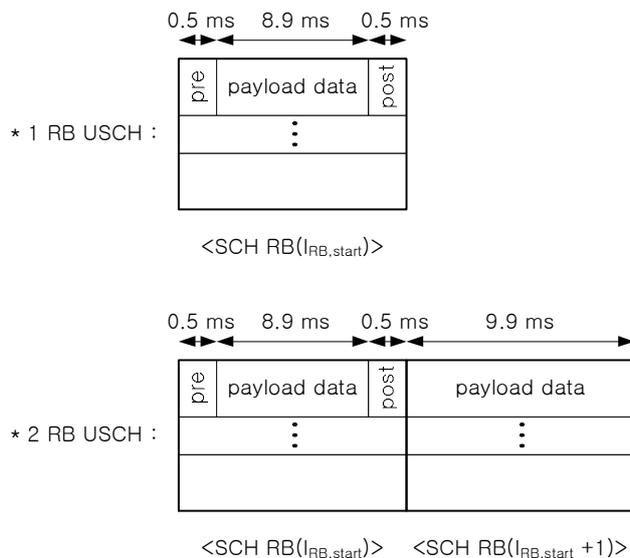


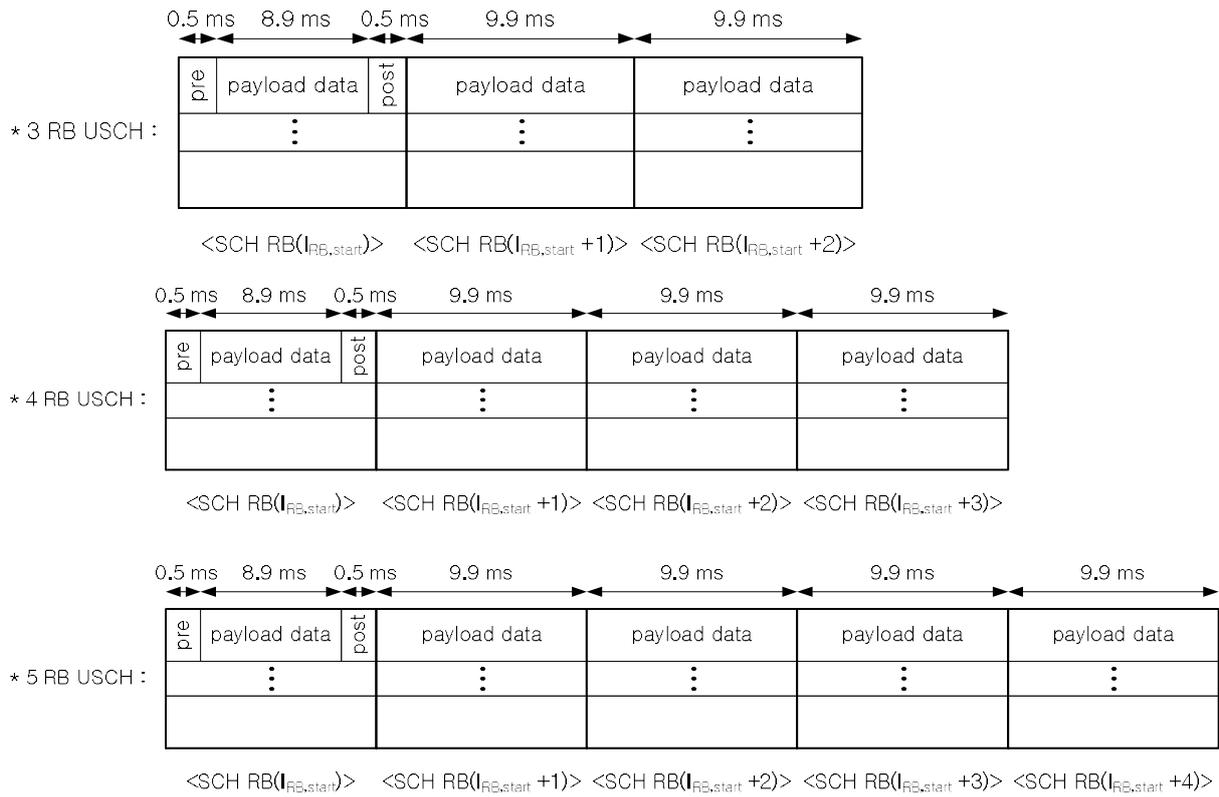
(그림 5-44) UL-SCH 전송 과정

CRC 는 CRC-24, 채널 부호는 부호율이 0.25~0.95 인 터보 부호 또는 길쌈 부호, 변조는 QPSK / 16-QAM / 64-QAM 이 사용되며 순방향 오류 정정은 CRC 를 포함한 입력 비트 시퀀스 길이가 80 보다 클 경우 터보 부호가 사용되며 그렇지 않을 경우 길쌈 부호가 사용된다. 이때 채널 부호, 부호율 및 변조 기법은 MCS 레벨에 따라 결정되며 MCS 레벨은 <표 5-11>과 같다.

RM 과정 이후 스크램블 과정에서는 (수식 5-15)로 정의되는 골드 수열의 초기값으로 게이트웨이 ID 가 사용된다. UL-SCH 는 (그림 5-45)와 같이 자원 블록 1 개부터 최대 5 개의 연속된 SCH 자원 블록을 사용가능하며 이때의 변조 심볼 길이는 각각 178, 376, 574, 772, 970 으로 구성된다. 변조 이후 파일럿은 신호의 앞과 뒤에 또는 중간에 각각 10 심볼이 삽입되며 파일럿은 DCCH 에 삽입되는 파일럿과 동일하게 생성된다.

(그림 5-45)와 같이 SCH 자원 블록 1 개~5 개를 사용하는 경우 모두 파일럿은 첫 번째 자원 블록의 양끝에 삽입된다.





(그림 5-45) SPS 전송 구조

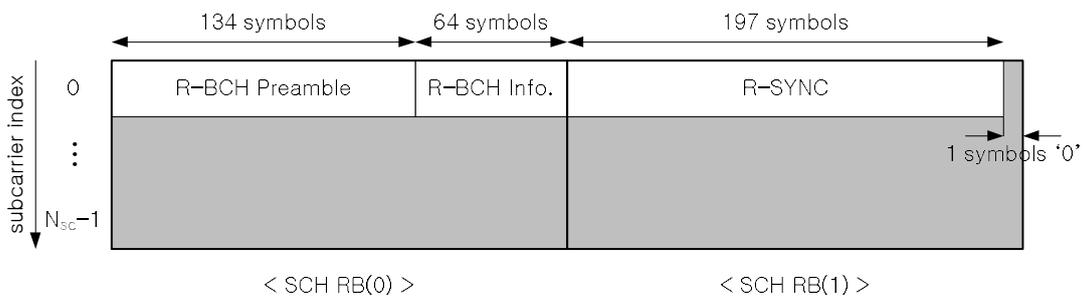
5.9 릴레이 하향 링크 채널

5.9.1 R-BCH & R-SYNC

R-BCH 는 6 비트의 정보를 전송하며 아래의 과정을 거쳐 신호를 생성한다.

- R-BCH Preamble Generation
- R-BCH Information Generation

R-BCH 와 R-SYNC 는 (그림 5-46)과 같은 구조를 갖는다.



(그림 5-46) R-BCH & R-SYNC 구조

R-BCH 프리앰블과 R-BCH 정보는 (수식 5-15)로 정의되는 골드 수열을 이용하여 생성한다. R-BCH 프리앰블과 R-BCH 정보는 골드 수열 생성 시 초기값으로 게이트웨이 ID 가 사용되고 각각 앞쪽 268 비트와 128 비트가 사용된다. R-BCH 시퀀스와 R-BCH 정보는 198 개의 QPSK 심볼로 변환되어 전송되며 R-BCH 정보는 심볼 단위의 순환 이동을 통해 총 6 비트의 정보를 전송한다. R-BCH 는 매 프레임의 릴레이 첫 번째 서브프레임, 슬롯 0, SCH 자원 블록 0, 부반송파 인덱스 0 에 삽입되어 전송된다.

R-SYNC 는 길이가 197 심볼인 ZC 시퀀스를 이용하여 생성한다. 시퀀스의 근은 아래와 같이 결정되며

$$- \text{Sequence index} = \text{mod}(\text{Master_ID}, 16) + 1$$

여기에서 Master_ID 는 릴레이 링크에서 주체 단말의 ID 를 나타낸다. 위의 과정으로 생성된 ZC 수열은 순환 이동하여 전송하며 순환 이동 인덱스는 아래와 같다.

$$- \text{Cyclic shift index} = (\text{Master_ID}/16)*2$$

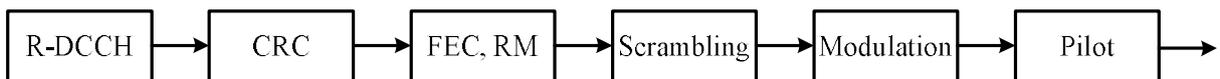
자원은 (그림 5-46)과 같이 R-BCH 에 연이어 배치되며 정확한 위치는 매 프레임의 릴레이 첫 번째 서브프레임, 슬롯 0, SCH 자원 블록 1, 부반송파 인덱스 0 이다.

5.9.2 R-DCCH

R-하향 링크 CCH 는 아래 항목에 대한 정보를 전송한다.

- ACK(1 비트)
- DCI-0 (24 비트)
- DCI-1 (24 비트)
- L1Cmd (24 비트)

ACK 는 주 링크 하향 링크 CCH 의 ACK 신호 생성 과정과 동일하다. DCI-0 는 R-UL-SCH 의 정보, DCI-1 는 R-DL-SCH 의 정보, L1Cmd 는 임의의 단말에 대한 제어 명령이 할당되며 모두 24 비트로 구성되고 할당되는 정보의 종류는 상위 계층에서 설정된다. R-DL-CCH 는 (그림 5-47)의 과정을 거쳐 신호를 생성한다.



(그림 5-47) R-DL-CCH 전송 과정

CRC 는 CRC-16, 채널 부호는 부호율이 1/4 인 길쌈 부호, 변조는 QPSK 가 사용된다. 스크램블 과정에서는 (수식 5-15)로 정의되는 골드 수열을 이용하여 수열의 초기값으로

Master_ID 가 사용된다. 변조 이후 신호의 길이는 178 심볼이며 신호의 앞과 뒤에 각각 10 심볼 길이의 파일럿이 삽입된다. 파일럿은 (수식 5-15)에 의해 정의된 골드 시퀀스를 이용하여 생성하며 초기값으로 Master_ID 가 사용된다. 파일럿 신호 삽입 이후 신호의 총 길이는 198 심볼이며 R-DL-CCH 의 삽입 위치는 릴레이 링크의 모든 슬롯 0 의 CCH 영역이다.

5.9.3 R-DL-SCH

(5.7.4 절) 주 링크의 DL-SCH 와 동일, 단 스크램블과 파일럿 생성에 필요한 (수식 5-15)로 정의되는 골드 수열의 초기값으로 Master_ID 가 사용

5.10 릴레이 상향 링크 채널

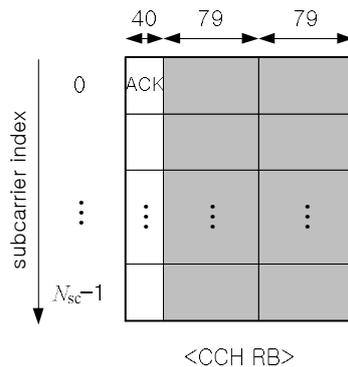
5.10.1 R-RACH

(5.8.1 절) 주 링크의 RACH 와 동일

5.10.2 R-UL-CCH

5.10.2.1 ACK

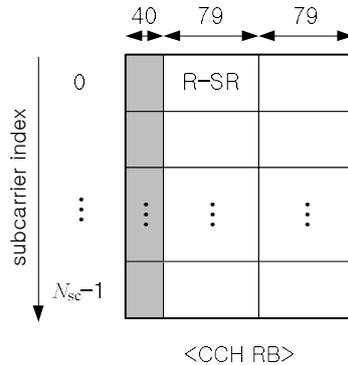
(5.8.2.1 절) 주 링크의 하향 링크 CCH ACK 와 동일한 과정으로 생성, 단 R-UL-CCH ACK 는 40 심볼의 길이를 가지며 스크램블 과정에 필요한 (수식 5-15)로 정의되는 골드 수열의 초기값으로 Master_ID 가 사용, 신호의 삽입 위치는 (그림 5-48)과 같이 R-UL-CCH 영역 앞쪽에 삽입된다.



(그림 5-48) R-DL-CCH ACK 전송 과정

5.10.2.2 SR

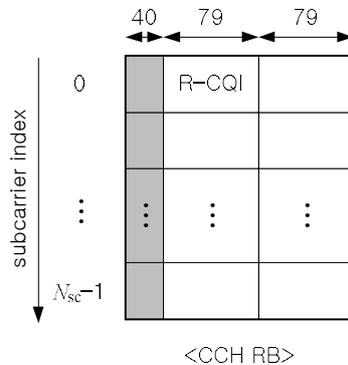
주 링크의 UL-CCH SR 과 동일한 과정을 거쳐 생성된다. 단 R-UL-CCH 의 SR 은 길이가 79 심볼인 ZC 시퀀스를 이용하여 생성, 신호의 삽입 위치는 (그림 5-49)와 같이 R-UL-CCH ACK 의 뒤에 삽입되며, 삽입 개수는 상위 계층에서 설정된다.



(그림 5-49) R-UL-CCH SR 전송 과정

5.10.2.3 CQI

주 링크의 UL-CCH CQI 와 동일한 과정을 거쳐 생성된다. 단 R-UL-CCH 의 CQI 는 (수식 5-15)로 정의되는 골드 수열의 초기값으로 Master_ID+4096 이 사용되고 생성된 신호의 길이가 79 심볼, 신호의 삽입 위치는 (그림 5-50)과 같이 R-UL-CCH ACK 의 뒤에 삽입되며, 삽입 개수는 상위 계층에서 설정된다.



(그림 5-50) R-UL-CCH CQI 전송 과정

5.10.2.4 R-UL-SCH

(5.8.3 절) 주 링크의 UL-SCH 와 동일

5.10.2.5 R-SPS

(5.8.4 절) 주 링크의 SPS 와 동일

6 매체접근제어 규격

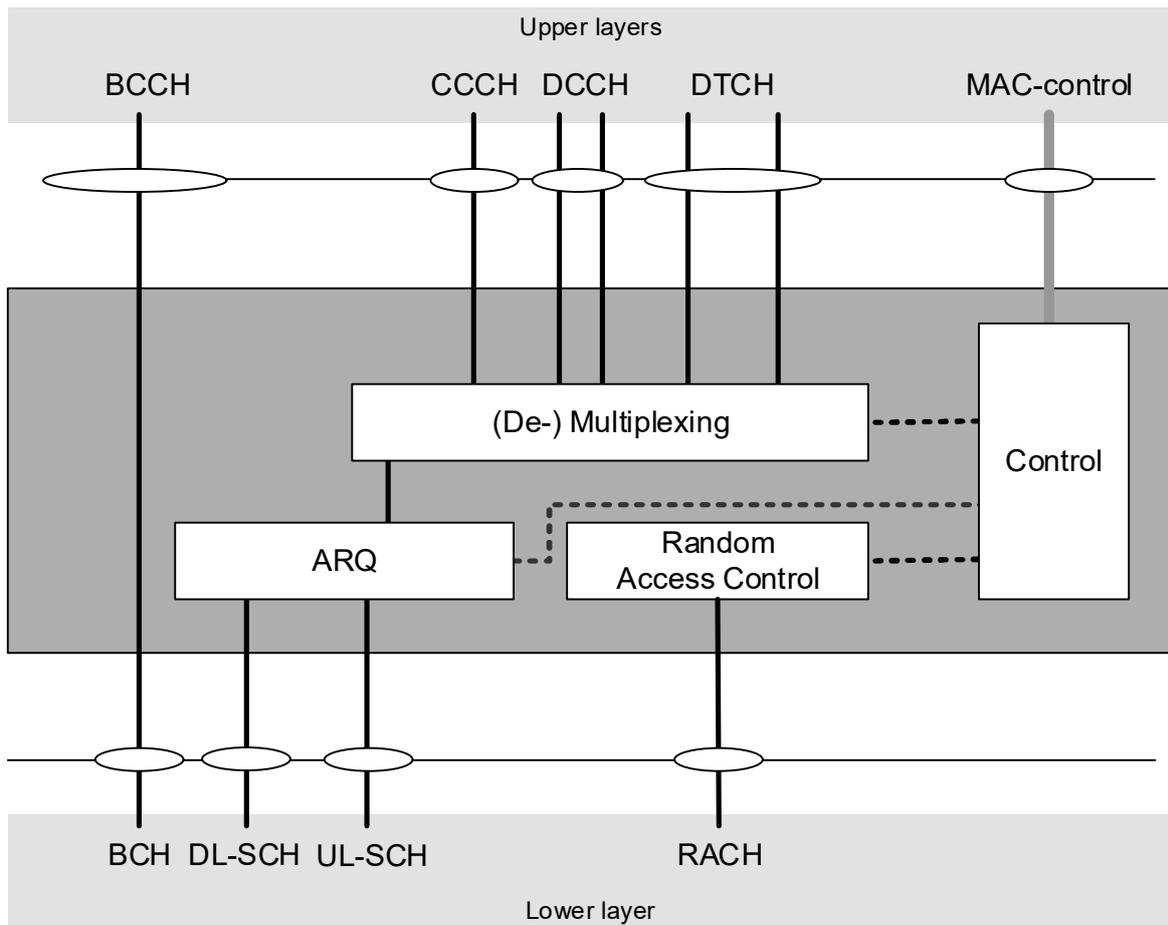
6.1 개요

6.1.1 매체 접근 제어 엔티티

매체 접근 제어에서는 단말과 게이트웨이 각각의 매체 접근 제어 엔티티를 정의하고 있다. 이 두 매체 접근 제어 엔티티는 다음과 같은 전송 채널을 담당한다.

- BCH (Broadcast Channel)
- DL-SCH (Downlink Shared Channel)
- UL-SCH (Uplink Shared Channel)
- RACH (Random Access Channel)

매체 접근 제어 엔티티에 의해 수행되는 기능은 단말과 게이트웨이가 서로 다르다. 다음 (그림 6-1)은 단말 측 매체 접근 제어 엔티티의 구조 예시를 나타내며 구현 시 반드시 따라야 하는 것은 아니다.



(그림 6-1) 단말 측의 매체 접근 제어 구조

6.1.2 서비스

6.1.2.1 상위 계층에 제공되는 서비스

매체 접근 제어 계층에 의해 상위 계층에 제공되는 서비스는 다음과 같다.

- 데이터 전달
- 무선 자원 할당

6.1.2.2 물리 계층에 요구하는 서비스

물리 계층은 매체 접근 제어에 다음과 같은 서비스들을 제공한다.

- 데이터 전달 서비스
- ARQ 피드백 신호 전달
- SR 신호 전달
- CQI 전달

데이터 전달 서비스는 전송 채널을 통해 제공된다. 전송 채널의 특성은 전송 형식(또는 전송 형식 셋)에 의해 정의되며, 물리 계층이 해당 전송 채널에 대해 채널 코딩이나 인터리빙 그리고 필요에 따라 레이트 매칭 등의 과정을 적용한다.

6.1.3 주요 으.기능

매체 접근 제어 계층에서 수행되는 기능은 다음과 같다.

- 논리 채널과 전송 채널 매핑
- 하나 또는 여러 개의 논리 채널에서 내려오는 SDU를 특정 전송 채널의 물리 계층에 전달할 전송 블록 (TB)으로 다중화
- 물리 계층에서 특정 전송 채널로 전달된 전송 블록을 하나나 여러 개의 논리 채널 SDU로 역다중화
- 스케줄링 요청 정보 보고
- ARQ를 통한 에러 제어
- 전송 형식 선택

다음 <표 6-1>은 단말과 게이트웨이 및 하향과 상향 링크의 기능 분배를 보여준다.

<표 6-1> 매체 접근 제어 기능 위치 및 링크 방향과 관계

매체 접근 제어 기능	단말	게이트웨이	하향 링크	상향 링크
논리 채널과 전송 채널 매핑	○	○	○	○

다중화	○	○	○	○
역다중화	○	○	○	○
ARQ 를 이용한 에러 제어	○	○	○	○
전송 형식 선택		○	○	○
SR 정보 보고	○			○

6.1.4 채널 구조

6.1.4.1 전송 채널

매체 접근 제어에서 사용되는 전송 채널은 아래의 <표 6-2>와 같다.

<표 6-2> 전송 채널의 종류

전송 채널	약어	하향 링크	상향링크
Broadcast Channel	BCH	○	
Downlink Shared Channel	DL-SCH	○	
Uplink Shared Channel	UL-SCH		○
Random Access Channel	RACH		○

6.1.4.2 논리 채널

매체 접근 제어 계층은 논리 채널별로 데이터 전달 서비스를 제공한다. 매체 접근 제어에 의해 제공되는 여러가지 형태의 데이터 전달 서비스를 위해 다양한 논리 채널을 정의한다. 각 논리 채널은 전송하는 정보의 종류에 따라 구분된다. 매체 접근 제어는 아래 <표 6-3>에 나열된 제어 및 트래픽 채널을 정의한다.

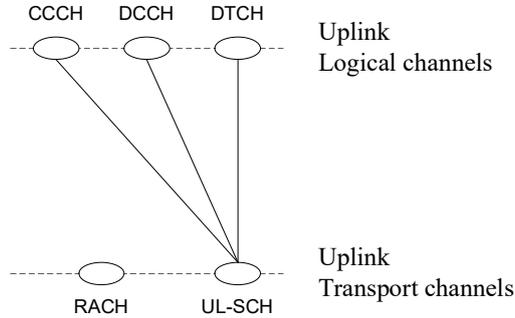
<표 6-3> 전송 채널의 종류

논리채널	약어	제어채널	트래픽채널
Broadcast Control Channel	BCCH	○	
Common Control Channel	CCCH	○	
Dedicated Control Channel	DCCH	○	
Dedicated Traffic Channel	DTCH		○

6.1.5 전송 채널과 논리 채널의 매핑

6.1.5.1 상향 링크 매핑

매체 접근 제어 엔티티는 상향 링크에 대한 논리 채널과 전송 채널을 매핑하는 역할을 한다. 상향 링크 논리 채널은 아래 (그림 6-2) 및 <표 6-4>와 같이 매핑할 수 있다.



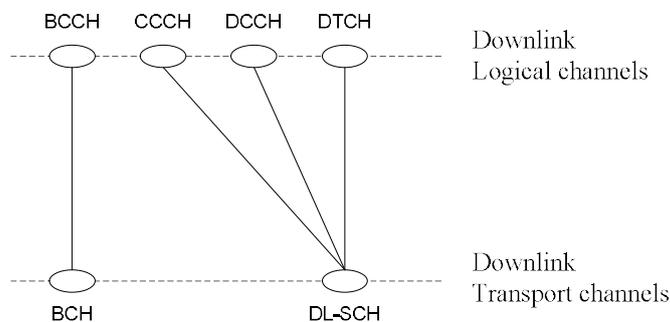
(그림 6-2) 상향 링크 채널 매핑

<표 6-4> 상향 링크 채널 매핑

논리 채널 \ 전송 채널	UL-SCH	RACH
CCCH	O	
DCCH	O	
DTCH	O	

6.1.5.2 하향 링크 매핑

매체 접근 제어 엔티티는 하향 링크에 대한 논리 채널과 전송 채널을 매핑하는 역할을 한다. 하향 링크 논리 채널은 (그림 6-3) 및 <표 6-5>와 같이 매핑할 수 있다.



(그림 6-3) 하향 링크 채널 매핑

<표 6-5> 하향 링크 채널 매핑

논리 채널 \ 전송 채널	BCH	UL-SCH
BCCH	O	
CCCH		O
DCCH		O
DTCH		O

6.2 임의 접근 절차

6.2.1 임의 접근 절차 초기 설정

임의 접근은 매체 접근 제어 계층 자체에 의해 시작되며 RACH을 이용한다. 절차가 시작되기 전에 아래의 매개변수들이 사전에 설정되었다고 가정한다.

- 임의 접근 동작 모드 : *randomAccessOpMode*를 이용하여 임의 접근 동작 모드를 알 수 있으며, 현재는 1만 사용한다.
- 가용 가능한 임의 접근 프리앰블 : *numberOfRA-Preambles*를 이용하여 임의 접근 프리앰블들을 알 수 있다.
- 파워 램핑 팩터: *powerRampingStep*
- 최대 프리앰블 전송 횟수: *preambleTransMax*
- 초기 프리앰블 파워: *preambleInitialReceivedTargetPower*

참고 : 위의 매개 변수는 각 임의 접근 절차가 시작되기 전에 상위 계층에서 업데이트 될 수 있다.

임의 접근 절차는 다음과 같이 수행된다.

- PREAMBLE_TRANSMISSION_COUNTER를 1로 세팅하고,
- 임의 접근 자원 선택 절차를 시작한다.

6.2.2 임의 접근 프리앰블 선택

임의 접근 자원 선택 절차는 다음과 같다.

- 임의 접근 프리앰블 선택 : 단말에서는 임의로 임의 접근 프리앰블을 선택하고, 이때 사용되는 랜덤함수는 각 선택이 동일한 빈도로 선택되도록 설정되어야 한다. *randomAccessOpMode*에 의해 PRACH가 가용한 다음 프레임을 선택한다.

- 선택된 프레임에서 임의 접근 프리엠블 송신 절차를 진행한다.

6.2.3 임의 접근 프리엠블 전송

임의 접근 절차는 다음과 같다.

- 프리엠블 수신 타겟 전력 P_{tar} 은 아래 수식과 같이 설정된다.

$$P_{tar} = P_{ini} + (N - 1) \times R \quad (\text{수식 6-1})$$

P_{tar} : PPREAMBLE_RECEIVED_TARGET_POWER

P_{ini} : 프리엠블 초기 수신 타겟 전력

N : PREAMBLE_TRANSMISSION_COUNTER

R : *powerRampingStep*

- 선택된 프리엠블 순환 이동 인덱스 및 프리엠블 수신 타겟 전력을 물리 계층에 전달하고 프리엠블을 전송하도록 지시한다.

6.2.4 RAR 수신

임의 접근 프리엠블이 전송되면, 단말 기기는 B-RNTI로 식별되는 RAR을 수신하기 위해서 PDCCH을 감시한다.

- 만약 하향 링크 자원 배치가 B-RNTI로 PDCCH에서 수신하고, 수신된 TB가 성공적으로 디코딩되면,

단말은:

- 만약 RAR에 포함된 임의 접근 프리엠블 식별자가 단말 기기가 송신한 임의 접근 프리엠블과 동일하면,

단말은:

- Msg3 전송을 위한 자원 인덱스를 확보하고
- RAR 수신을 성공한 것으로 간주한다.

만약 RAR을 받지 못하거나, 만약 RAR을 수신했다라도 임의 접근 프리엠블 식별자가 자신이 보낸 것과 일치하는 것이 없으면, RAR 수신이 실패한 것으로 간주하고

단말은:

- PREAMBLE_TRANSMISSION_COUNTER를 1 증가시키고,

- 만약 $PREAMBLE_TRANSMISSION_COUNTER = preambleTransMax + 1$ 이면:
- 상위 계층에 임의 접근 문제를 발생을 통보한다.

6.2.5 경쟁 해소

DL-SCH의 단말 경쟁 해소 식별자에 기반하여 경쟁을 해소한다.

Msg3을 송신하고 단말 기기는:

- B-RNTI로 PDCCH 전송을 수신하면:
 - 만약 매체 접근 제어 PDU가 성공적으로 디코딩되면:
 - 만약 매체 접근 제어 PDU의 역다중화 결과 단말 경쟁 해소 식별자가 Msg3로 송신된 값과 일치하면:
 - Msg5 전송을 위한 자원 인덱스를 확보하고
 - 이번 경쟁해소가 성공한 것으로 간주하고,
 - 임의 접근 절차가 성공적으로 완료된 것으로 간주한다.
 - 그렇지 않으면
 - 이번 경쟁해소는 실패한 것으로 간주하고, 디코딩된 매체 접근 제어 PDU를 버린다.
 - 그렇지 않으면:
 - 이번 경쟁해소는 실패한 것으로 간주한다.
- 경쟁해소가 실패하면, 단말 기기는:
 - $PREAMBLE_TRANSMISSION_COUNTER$ 를 1 증가시키고,
 - 만약 $PREAMBLE_TRANSMISSION_COUNTER = preambleTransMax + 1$ 이면:
 - 상위 계층에 임의 접근 문제를 발생을 통보한다.
 - 임의 접근 동작 모드에 기반하여 임의 접근 프레임을 선택하고,
 - 임의 접근 프레임에 임의 접근 전송을 다시 준비하여,
 - 임의 접근 자원 선택 절차를 시작한다.

6.2.6 임의 접근 절차의 완료

임의 접근 절차가 성공적으로 완료했을 때

단말은:

- 상위계층으로부터 수신한 Msg5를 송신한다.

6.3 상향 링크 시간 정렬

단말의 상향링크 시간 정렬 정보를 PDCCH로 전송한다

단말은:

- PDCCH의 상향 링크 시간 정렬 정보를 물리계층에 전달한다.

6.4 DL-SCH 데이터 전송

6.4.1 하향 링크 자원 배치 수신

DL-SCH로 특정 단말에 대한 전송이 있음을 알려주는 하향 링크 자원 배치를 PDCCH로 전송한다. 하향 링크 자원 배치에는 ARQ 정보도 같이 포함되어 있다.

단말이 C-RNTI나 TC-RNTI를 갖고 있으면 단말은 매 TTI마다 PDCCH를 모니터링해야 한다:

- 만약 어떤 TTI에 C-RNTI나 TC-RNTI로 PDCCH에 하향 링크 자원 배치를 수신하면:
 - 만약 이것이 TC-RNTI로 받은 첫 하향 링크 자원 할당이면:
 - NDI가 토글된 것으로 간주한다.
 - 동일한 TTI에 하향 링크 자원 배치가 있었다는 것을 표시하고 ARQ 엔티티에 ARQ 정보를 전달한다.

6.4.2 ARQ 동작

6.4.2.1 ARQ 엔티티

하나의 단말에는 하나의 ARQ 엔티티가 있으며 다수의 병렬 ARQ 프로세스를 운용한다. 각 ARQ 프로세스는 ARQ 프로세스 식별자로 구별된다. ARQ 엔티티는 ARQ 엔티티와 DL-SCH 채널로 수신한 TB를 해당 TTI에 연관된 ARQ 프로세스에 배당한다. 하향 링크 ARQ 프로세스 수는 규격에 따른다.

단말은:

- 만약 이번 TTI에 하향 링크 자원배치가 표시되어 있으면:
 - ARQ 프로세스에게 물리계층에서 받은 TB와 관련된 ARQ 정보를 전달한다.

6.4.2.2 ARQ 프로세스

매 슬롯마다 통신을 수행하는 ARQ 프로세스는 ARQ 엔티티로부터 전송할 TB와 적용할 ARQ 정보를 전달받는다.

수신 측 ARQ 프로세스가 수신된 TB와 관련 ARQ 정보를 받으면:

- 만약 ARQ 정보에 토글된 NDI이면:
 - 새로운 통신으로 간주한다.
- 그렇지 않으면:
 - 이번 통신을 재전송으로 간주한다.

단말은:

- 만약 이번 통신이 새전송이면:
 - 수신한 데이터로 이번 TB에 할당된 소프트버퍼를 교체한다.
- 그렇지 않고, 만약 이번 통신이 재전송이면:

- 만약 TB 사이즈가 이전의 유효한 TB에 대해 알려준 TB 사이즈와 다르면:
 - 단말은 소프트웨어퍼의 데이터를 수신한 데이터로 교체한다.
- 그렇지 않으면
 - 수신한 데이터로 이번 TB에 할당된 소프트웨어퍼를 교체한다.
- 만약 소프트웨어퍼에 있는 데이터에 대한 디코딩 성공이면:
 - 디코딩된 매체 접근 제어 PDU를 "분해 및 역다중화" 엔티티에게 전달한다.
 - 이 데이터에 대한 긍정적 응답인 ACK를 생성한다.
- 그렇지 않으면:
 - 이 데이터에 대한 부정적 응답인 NACK를 생성한다.
- 물리계층에게 생성된 긍정 응답이나 부정 응답을 표시한다.
-

단말은 TC-RNTI로 PDCCH에서 받은 하향 링크 자원 배치에 있는 NDI는 무시하고, C-RNTI로 PDCCH에서 받은 하향 링크 자원배치의 NDI는 이전 전송의 NDI 값의 토글링 유무로 재전송인지 새전송인지를 구분한다.

6.4.3 재조립 및 재분할

단말은 (6.11 절)에 정의된 대로 매체 접근 제어 PDU의 분해 및 역다중화한다.

6.5 UL-SCH 데이터 전달

6.5.1 상향 링크 자원 할당 수신

단말이 UL-SCH 채널로 데이터를 전송하기 위해서는 먼저 상향 링크 자원할당을 확보해야 한다. 필요한 상향 링크 자원할당은 PDCCH로 받을 수도 있고, RAR로 받을 수도 있다. 매체 접근 제어 계층이 요청 받은 데이터를 전송하기 위해서는 하위 계층으로부터 ARQ 정보를 받아야 한다.

단말은 매 TTI마다:

- 단말이 C-RNTI를 가지고 있으면,
 - 만약 이번 TTI에서 사용할 상향 링크 자원할당을 C-RNTI로 PDCCH로 받았으면:
 - 이번 TTI에 할당 받은 상향 링크 자원과 관련 ARQ 정보를 ARQ 엔티티에 전달한다.
- 그렇지 않으면
 - 만약 이번 TTI에서 사용할 상향 링크 자원할당을 RAR로 받았으면:
 - 이번 TTI에 할당 받은 상향 링크 자원 정보를 매체 접근 제어 엔티티에 전달한다.

6.5.2 ARQ 동작

6.5.2.1 ARQ 엔티티

단말에는 하나의 ARQ 엔티티가 있으며, 복수의 병렬 ARQ 프로세스를 두어 어떤 ARQ 프로세스는 송신된 데이터의 응답을 기다리는 중에도 다른 ARQ 프로세스가 데이터를 송신하는 것이 가능하다. 병렬 ARQ 프로세스의 수는 규격에 따른다. 만약 특정 TTI에 상향 링크 자원이 할당되어 있으면 ARQ 엔티티는 전송에 사용할 ARQ 프로세스를 찾아서 전송을 지시한다. 또한 ARQ 엔티티는 이미 전송한 데이터 대해서는 ARQ 응답을 받아서 ARQ 프로세스에 전달하고, 전송에 사용할 MCS와 자원도 ARQ 프로세스에 전달한다.

매 TTI마다 ARQ 엔티티는:

- 이번 TTI에 연관된 ARQ 프로세스를 결정하고,
- 만약 이번 TTI에 사용할 상향 링크 자원이 할당되어 있으면:
 - 관련 ARQ 정보에 있는 NDI가 동일한 ARQ 프로세스의 이전 전송에 사용된 NDI에 대해 토글이 되었다면, 또는
 - 만약 해당 ARQ 프로세스의 ARQ 버퍼가 비었다면:
 - "다중화 및 조합" 엔티티로부터 매체 접근 제어 PDU를 가지고 온다.
 - 매체 접근 제어 PDU와 상향 링크 자원할당 및 ARQ 정보를 선택한 ARQ 프로세스에 전달하고:
 - 선택된 ARQ 프로세스에게 새로운 전송을 트리거링하라고 지시한다.
 - 그렇지 않으면:
 - 상향 링크 자원할당과 ARQ 정보를 선택된 ARQ 프로세스에 전달하고,
 - 선택된 ARQ 프로세스에 재전송을 생성하라고 지시한다.

6.5.2.2 ARQ 프로세스

각 ARQ 프로세스에는 ARQ 버퍼가 하나씩 있으며 현재 버퍼에 저장한 데이터가 몇번째 전송인지를 표시하는 CURRENT_TX_NB 상태변수를 유지하고, 현재 버퍼에 있는 데이터에 대한 수신 측 응답을 표시하는 ARQ_FEEDBACK 상태변수를 유지한다. ARQ 프로세스가 시작할 때 CURRENT_TX_NB는 0이다.

새전송은 PDCCH에 표시된 MCS와 자원으로 수행된다. 재전송은 PDCCH에 표시된 MCS를 적용하고, 만약 PDCCH에 할당된 자원이 있으면 이를 이용하여 수행된다. 단말은 RRC($maxARQ-Tx$)에 의해 최대 ARQ 전송 횟수가 설정된다. 모든 ARQ 프로세스 버퍼에 저장된 매체 접근 제어 PDU의 전송은 $maxARQ-Tx$ 에 의해 최대 재전송이 제한된다.

특정 TB에 대한 ARQ 응답을 받으면 ARQ 프로세스는:

- ARQ_FEEDBACK을 받은 값으로 설정한다.

만약 ARQ 엔티티가 새 전송을 요청받으면, ARQ 프로세스는:

- CURRENT_TX_NB를 0으로 설정하고,

- 매체 접근 제어 PDU를 해당 ARQ 버퍼에 저장하고,
- ARQ 엔티티로부터 받은 상향 링크 자원할당을 저장하고,
- ARQ_FEEDBACK를 NACK로 세팅하고,
- 아래 절차에 따라 전송을 생성한다..

만약 ARQ 엔티티가 재전송을 요청받으면, ARQ 프로세스는:

- CURRENT_TX_NB를 1 증가시킨다.
- ARQ 엔티티로부터 받은 상향 링크 자원할당을 저장하고:
- ARQ_FEEDBACK를 NACK로 세팅하고,
- 아래 절차에 따라 전송을 생성한다.

전송을 생성하기 위해 ARQ 프로세스는:

- 물리 계층에 저장된 상향 링크 자원 할당에 전송을 생성하라고 지시한다.
- 이 전송에 대한 피드백을 받으면, ARQ_FEEDBACK을 ACK로 세팅한다.

위의 동작을 수행한 다음, ARQ 프로세스는:

- 만약 $CURRENT_TX_NB = \text{최대 전송 회수} - 1$ 이면:
 - ARQ 버퍼를 비운다.

6.5.3 다중화 및 조합

단말은 매체 접근 제어 제어 요소와 매체 접근 제어 SDU를 하나의 매체 접근 제어 PDU로 다중화한다.

6.5.4 SR (Scheduling Request)

SR은 새로운 전송을 위한 UL-SCH 자원을 요청하는데 사용한다. 하나의 SR이 트리거되면 취소될 때까지 대기하고 있다고 간주한다. 만약 하나의 SR이 트리거되거나 대기 중인 다른 SR이 없다면, 단말은 SR_COUNTER를 0으로 세팅한다.

하나의 SR이라도 대기 중이면, 단말은 매TTI마다:

- 만약 이 TTI에 전송할 UL-SCH 자원을 할당받지 못했다면:
 - 만약 단말이 SR을 보낼 PUCCH 자원을 갖고 있다면:
 - 만약 $SR_COUNTER < dsr-TransMax$ 이면:
 - SR_COUNTER를 1 증가시키고,
 - 물리 계층에 PUCCH로 SR을 보내라고 지시하고,
 - 그렇지 않으면:
 - RRC에 SR 실패를 알린다.

6.5.5 BSR (Buffer Status Reporting)

BSR 절차는 게이트웨이에 단말의 상향 링크 버퍼에 송신할 데이터의 양을 알려주기 위해 사용한다. RRC는 *retxBSR-Timer* 타이머를 설정하여 BSR을 제어한다. BSR 절차를

위해서 단말은 모든 무선 베어러가 중단 상태가 아니라고 간주할 수도 있고, 잠시 중단 상태라고 간주할 수도 있다. 다음과 같은 이벤트가 발생하면 BSR 절차가 트리거링된다:

- RLC 엔티티나 PDCP 엔티티에 전송할 상향 링크 데이터가 있는 경우
- *retxBSR-Timer* 타이머가 타임아웃되고 단말에 전송할 데이터가 있는 경우

BSR 트리거링 된 경우:

- BSR을 보낸다.

만약 BSR 절차가 적어도 하나의 BSR을 트리거해야 한다고 결정하고 이를 취소하지 않으면:

- 만약 단말이 이 TTI에 새로운 전송을 위해 할당된 상향 링크 자원을 가지고 있다면:
 - 다중화와 조합 절차에 BSR 매체 접근 제어 제어 요소를 생성하라고 지시하고,
 - *retxBSR-Timer* 타이머를 시작하거나 재시작한다.

단말은 UL-SCH에 새 전송을 위한 자원 할당이 있으면 *retxBSR-Timer* 타이머를 재시작한다. 상향 링크 자원 할당이 전송할 데이터만 수용할 수 있고, 추가적인 BSR과 해당 서브 헤더를 수용할 수 없으면 트리거링된 BSR은 모두 취소한다. 또한 전송할 매체 접근 제어 PDU에 이미 BSR이 있으면 모든 BSR 트리거는 취소된다.

6.6 BCH 수신

단말이 BCH를 수신할 필요가 있을 때는:

- BCH를 수신하고 디코딩한다.
- 만약 BCH에서 받은 TB를 성공적으로 디코딩하면:
 - 디코딩된 매체 접근 제어 PDU를 상위 계층으로 올린다.

6.7 매체 접근 제어 재설정

매체 접근 제어 엔티티가 상위 계층에 의해 리셋 요청을 받으면, 단말은:

- 타이머가 시작되거나 재시작되면 새로운 값을 적용한다.
- 카운터가 초기화될 때는 새로운 최대 파라미터 값을 적용한다.
- 다른 파라미터에 대해서도 즉각 상위 계층에서 받은 설정 값을 적용한다.

6.8 매체 접근 제어 리셋

만약 상위 계층에 의해 매체 접근 제어 엔티티에 리셋이 요청되면, 단말은:

- 동작 중인 모든 타이머를 중지시킨다.
- 모든 상향 링크 ARQ 프로세스에 대한 NDI를 0으로 설정한다.
- 진행 중인 모든 RACH 절차를 중단한다.

- 시작한 모든 SR 절차를 취소한다.
- 시작한 모든 BSR 절차를 취소한다.
- 모든 하향 링크 ARQ 프로세스에 대한 소프트 버퍼를 비운다.
- 하향 링크 ARQ 프로세스 각각에 대해서 다음에 수신된 TB 전송이 첫 전송으로 간주한다.
- 저장된 TC-RNTI를 버린다.

6.9 SPS 자원 할당

RRC가 SPS를 설정시,

- 매 TTI 마다 SPS 상향 링크 자원 할당 정보를 획득한다.
- SPS 상향 링크 자원 할당을 획득한 경우
 - 상향 링크 자원이 할당된 것으로 간주한다.
 - "다중화 및 조합" 엔티티로부터 매체 접근 제어 PDU를 가지고 온다.

6.10 에러 프로토콜 데이터 처리

단말의 매체 접근 제어 엔티티가 C-RNTI로 받은 매체 접근 제어 PDU에 예비 값이나 잘못된 값이 포함되어 있다면:

- 받은 PDU를 폐기한다.

6.11 PDU 형식 및 파라미터

6.11.1 PDU

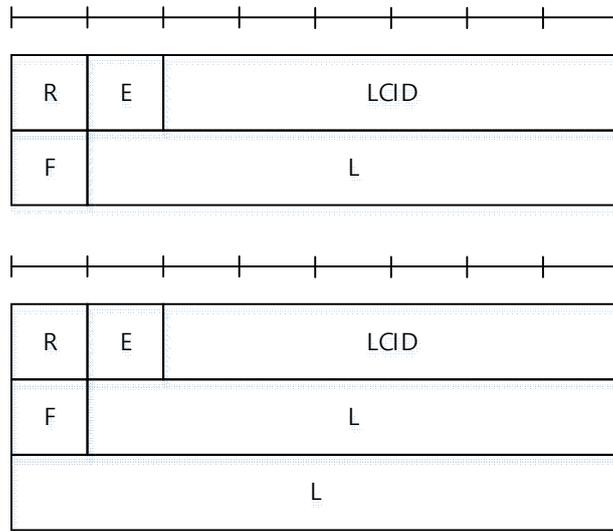
6.11.1.1 일반 사항

매체 접근 제어 PDU는 기본적으로 바이트 정렬된 비트열이다. (그림 6-4), (그림 6-5)에서 보는 바와 같이 비트열은 테이블 형태로 표현되며 첫줄 왼쪽 끝이 MSB이고, 마지막 줄 오른쪽 끝이 LSB이다. 따라서 비트열은 좌에서 우로 읽고, 줄은 위에서 아래로 읽는다. 매체 접근 제어 PDU 내에 있는 각 필드의 비트 순서도 왼쪽에 가중치가 큰 비트가 순서대로 온다. 매체 접근 제어 SDU 역시 바이트 정렬된 비트열이며, SDU는 PDU에 첫 비트부터 매핑된다. 단말은 다운링크 매체 접근 제어 PDU의 예비 비트 값은 무시한다.

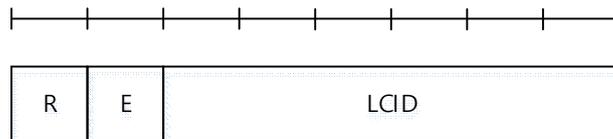
6.11.1.2 매체 접근 제어 PDU

매체 접근 제어 PDU는 DL-SCH와 UL-SCH에 대한 포맷이며, transparent 매체 접근 제어 PDU, RAR, 경합 해결 요청, 경합 해결 응답, 연결 재설정 요청, 연결 재설정 매체

접근 제어 PDU는 제외된다. 매체 접근 제어 PDU는 매체 접근 제어 헤더와 0개 이상의 매체 접근 제어 SDU, 0개 이상의 매체 접근 제어 제어 요소, 선택적인 패딩 비트로 구성된다. 매체 접근 제어 헤더와 매체 접근 제어 SDU의 길이는 모두 가변이다. 매체 접근 제어 헤더, 즉 매체 접근 제어 PDU 헤더는 다시 하나 이상의 매체 접근 제어 PDU 서브 헤더로 구성되어 있으며, 각 서브 헤더는 매체 접근 제어 SDU나 매체 접근 제어 제어 요소 또는 패딩에 매칭된다. 매체 접근 제어 PDU 서브 헤더는 기본적으로 R/E/LCID/F/L 의 5개의 헤더 필드로 구성되어 있다. 매체 접근 제어 PDU의 마지막 서브 헤더와 길이가 정해진 매체 접근 제어 제어 요소는 길이 정보가 불필요하므로 R/E/LCID로 3개의 헤더 필드로 구성된다. 또한 항상 마지막에 오는 패딩도 길이 정보가 없으므로 패딩 매체 접근 제어 PDU 서브 헤더 역시 R/E/LCID로 3개의 헤더 필드로 구성되어 있다.



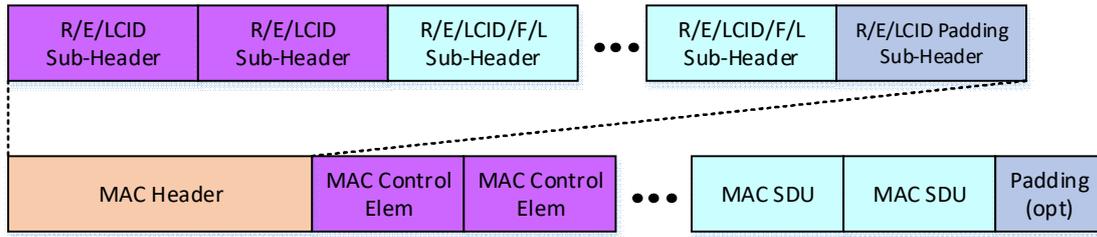
(그림 6-4) R/E/LCID/F/L 매체 접근 제어 서브 헤더



(그림 6-5) R/E/LCID 매체 접근 제어 서브 헤더

매체 접근 제어 PDU 서브 헤더가 오는 순서는 매체 접근 제어 제어 요소의 순서와 같아야 하며, 매체 접근 제어 SDU의 순서와 같아야 하고, 매체 접근 제어 제어 요소는 항상 매체 접근 제어 SDU보다 먼저 와야 한다. 패딩은 한 바이트 또는 두 바이트 패딩이 필요한 경우를 제외하고 항상 매체 접근 제어 PDU의 마지막에 와야 한다. 패딩 필드에는 어떤 값이 와도 좋으며, 단말은 값을 무시한다. 패딩이 매체 접근 제어 PDU 마지막에서 수행되면 없을 수도 있고 여러 바이트가 추가될 수도 있다. 단 한 바이트나 두 바이트 패딩이 필요한 경우는 패딩에 매칭되는 매체 접근 제어 PDU 서브 헤더를 다른 매

체 접근 제어 PDU 서브 헤더보다 먼저, 즉 매체 접근 제어 PDU의 가장 앞에 둔다. 한 매체 접근 제어 PDU 최대값이 한 단말의 TB에 송신될 수 있다.



(그림 6-6) 매체 접근 제어 PDU 예(헤더, 제어 요소, SDU 및 패딩)

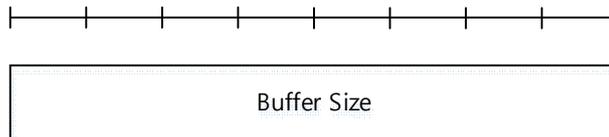
6.11.1.3 매체 접근 제어 요소

6.11.1.3.1 BSR 매체 접근 제어 요소

BSR 형식은 매체 접근 제어 PDU 서브 헤더의 LCID로 구분한다.

버퍼 사이즈 필드는 다음과 같다.

- 버퍼 사이즈: 버퍼 사이즈 필드는 매체 접근 제어 PDU를 만들어 송신한 다음 송신을 대기하고 있는 버퍼의 총 데이터 양을 알려 준다. 총 데이터 양은 상위 계층에서 대기하고 있는 모든 데이터를 포함한다. 이 필드의 크기는 8 비트이지만 <표 6-6> 을 이용하면 실제 데이터 양을 알 수 있다.



(그림 6-7) BSR 매체 접근 제어 요소

<표 6-6> BSR용 버퍼 사이즈 레벨

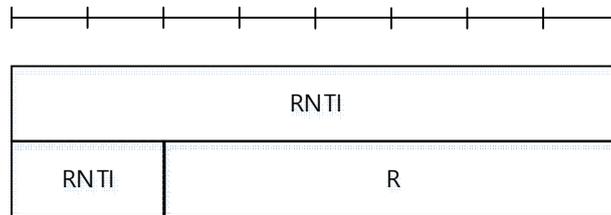
Index	Buffer Size (BS) value [bytes]	Index	Buffer Size (BS) value [bytes]
0	BS = 0	32	1132 < BS ≤ 1326
1	0 < BS ≤ 10	33	1326 < BS ≤ 1552
2	10 < BS ≤ 12	34	1552 < BS ≤ 1817
3	12 < BS ≤ 14	35	1817 < BS ≤ 2127
4	14 < BS ≤ 17	36	2127 < BS ≤ 2490
5	17 < BS ≤ 19	37	2490 < BS ≤ 2915
6	19 < BS ≤ 22	38	2915 < BS ≤ 3413
7	22 < BS ≤ 26	39	3413 < BS ≤ 3995
8	26 < BS ≤ 31	40	3995 < BS ≤ 4677
9	31 < BS ≤ 36	41	4677 < BS ≤ 5476
10	36 < BS ≤ 42	42	5476 < BS ≤ 6411
11	42 < BS ≤ 49	43	6411 < BS ≤ 7505
12	49 < BS ≤ 57	44	7505 < BS ≤ 8787
13	57 < BS ≤ 67	45	8787 < BS ≤ 10287
14	67 < BS ≤ 78	46	10287 < BS ≤ 12043
15	78 < BS ≤ 91	47	12043 < BS ≤ 14099
16	91 < BS ≤ 107	48	14099 < BS ≤ 16507
17	107 < BS ≤ 125	49	16507 < BS ≤ 19325
18	125 < BS ≤ 146	50	19325 < BS ≤ 22624
19	146 < BS ≤ 171	51	22624 < BS ≤ 26487
20	171 < BS ≤ 200	52	26487 < BS ≤ 31009
21	200 < BS ≤ 234	53	31009 < BS ≤ 36304
22	234 < BS ≤ 274	54	36304 < BS ≤ 42502
23	274 < BS ≤ 321	55	42502 < BS ≤ 49759
24	321 < BS ≤ 376	56	49759 < BS ≤ 58255
25	376 < BS ≤ 440	57	58255 < BS ≤ 68201
26	440 < BS ≤ 515	58	68201 < BS ≤ 79846

27	515 < BS <= 603	59	79846 < BS <= 93479
28	603 < BS <= 706	60	93479 < BS <= 109439
29	706 < BS <= 826	61	109439 < BS <= 128125
30	826 < BS <= 967	62	128125 < BS <= 150000
31	967 < BS <=1132	63	BS > 150000

6.11.1.3.2 RNTI-SR 매체 접근 제어 요소

RNTI-SR 매체 접근 제어 요소는 매체 접근 제어 PDU 서브 헤더의 LCID로 알 수 있다. 이 제어 요소는 10 비트 길이로 고정되어 있으며, 단 하나의 필드만 포함된다:

- RNTI: 이 필드는 단말의 C-RNTI를 가진다.

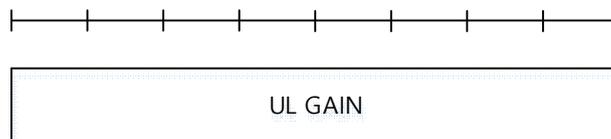


(그림 6-8) RNTI-SR 매체 접근 제어 요소

6.11.1.3.3 PHR 매체 접근 제어 요소

PHR 매체 접근 제어 요소는 매체 접근 제어 PDU 서브 헤더의 LCID로 알 수 있다. 이 제어 요소는 8 비트 길이로 고정되어 있으며, 단 하나의 필드만 포함된다:

- PHR: 이 필드는 단말의 PHR을 가진다.

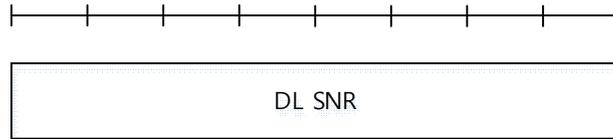


(그림 6-9) PHR 매체 접근 제어 요소

6.11.1.3.4 하향 링크 SNR 매체 접근 제어 요소

하향 링크 SNR 매체 접근 제어 요소는 매체 접근 제어 PDU 서브 헤더의 LCID로 알 수 있다. 이 제어 요소는 8 비트 길이로 고정되어 있으며, 단 하나의 필드만 포함된다:

- 하향 링크 SNR: 이 필드는 단말의 하향 링크 SNR을 가진다.

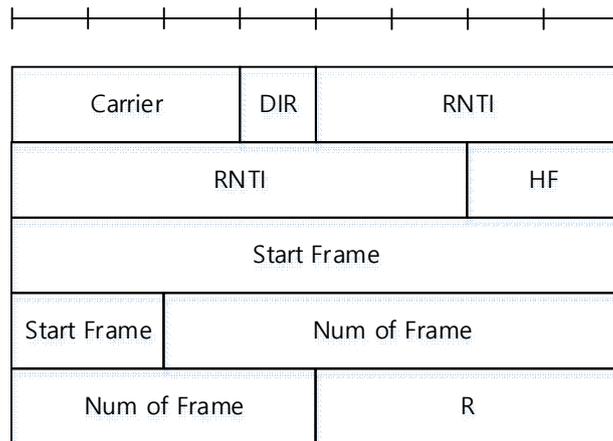


(그림 6-10) 하향 링크 SNR 매체 접근 제어 요소

6.11.1.3.5 RLR Cmd 매체 접근 제어 요소

RLR Cmd 매체 접근 제어 요소는 매체 접근 제어 PDU 서브 헤더의 LCID로 알 수 있다.

- Carrier: 이 필드는 반송파 인덱스를 가짐, 범위: 0~5
- DIR: 상/하향 링크를 구분한다. 0:상향 링크, 1:하향 링크
- RNTI: 단말의 RNTI를 가진다.
- HF: 하이퍼 프레임을 가진다. 범위: 0~3
- Start Frame: 시작 프레임 번호를 가진다. 범위: 0 ~ 899
- Num of Frame: 프레임 개수를 가진다.

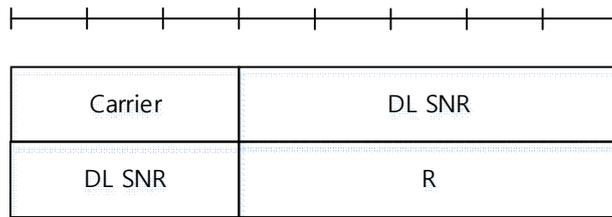


(그림 6-11) RLR Cmd 매체 접근 제어 요소

6.11.1.3.6 RLR Cmd Ack 매체 접근 제어 요소

RLR Cmd Ack 매체 접근 제어 요소는 매체 접근 제어 PDU 서브 헤더의 LCID로 알 수 있다.

- Carrier: 이 필드는 반송파 인덱스를 가짐, 범위: 0~5
- DL SNR: 이 필드는 하향 링크 SNR을 가진다.

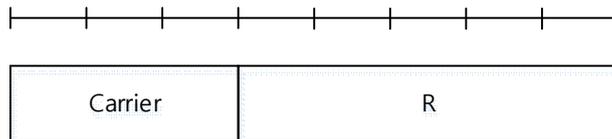


(그림 6-12) RLR Cmd Ack 매체 접근 제어 제어 요소

6.11.1.3.7 RLR CPLT 매체 접근 제어 요소

RLR CPLT 매체 접근 제어 요소는 매체 접근 제어 PDU 서브 헤더의 LCID로 알 수 있다.

- Carrier: 이 필드는 반송파 인덱스를 가짐, 범위: 0~5

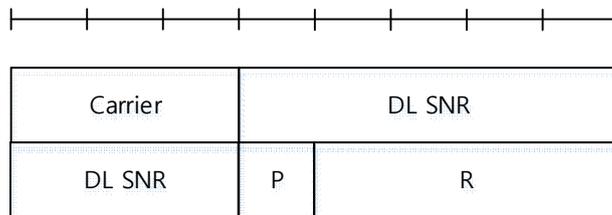


(그림 6-13) RLR CPLT 매체 접근 제어 요소

6.11.1.3.8 RLR End 매체 접근 제어 요소

RLR End 매체 접근 제어 요소는 매체 접근 제어 PDU 서브 헤더의 LCID로 알 수 있다. RLR End Ack 매체 접근 제어 요소는 매체 접근 제어 PDU 서브 헤더의 LCID로 알 수 있다.

- Carrier: 이 필드는 반송파 인덱스를 가짐, 범위: 0~5
- DL SNR: 이 필드는 하향 링크 SNR을 가진다.
- P: 상향 링크 버퍼 사이즈의 상태를 표시, 1: present, 0: not present

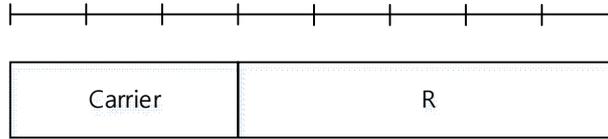


(그림 6-14) RLR End 매체 접근 제어 요소

6.11.1.3.9 RLR End Ack 매체 접근 제어 요소

RLR End Ack 매체 접근 제어 요소는 매체 접근 제어 PDU 서브 헤더의 LCID로 알 수 있다.

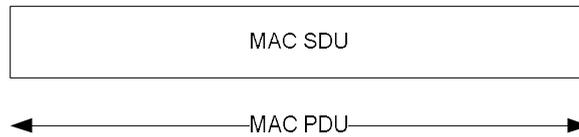
- Carrier: 이 필드는 반송파 인덱스를 가짐, 범위: 0~5



(그림 6-15) RLR CPLT 매체 접근 제어 요소

6.11.1.4 매체 접근 제어 PDU (transparent 매체 접근 제어)

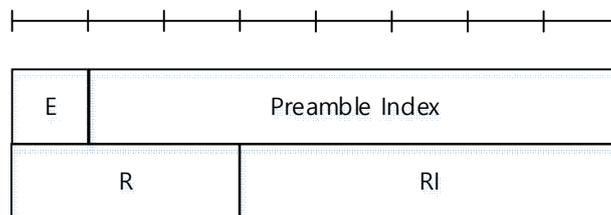
매체 접근 제어 PDU는 매체 접근 제어 SDU로만 구성된다.



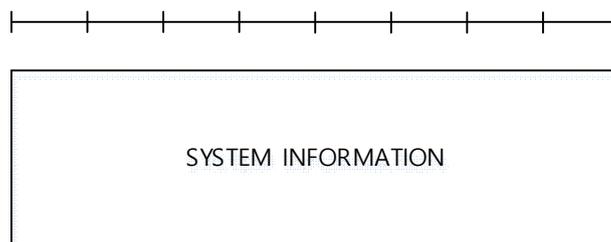
(그림 6-16) 매체 접근 제어 PDU 예(transparent 매체 접근 제어)

6.11.1.5 매체 접근 제어 PDU (RAR)

매체 접근 제어 RAR은 주 링크와 릴레이 링크로 구분된다. 주 링크의 매체 접근 제어 RAR은 E (Extension), Preamble Index, R (Reserved), RI (Resource Index)의 필드로 구성된 블록이 DL-SCH에 다중화되고 릴레이 링크의 매체 접근 제어 RAR은 상위 계층의 시스템 정보이다.



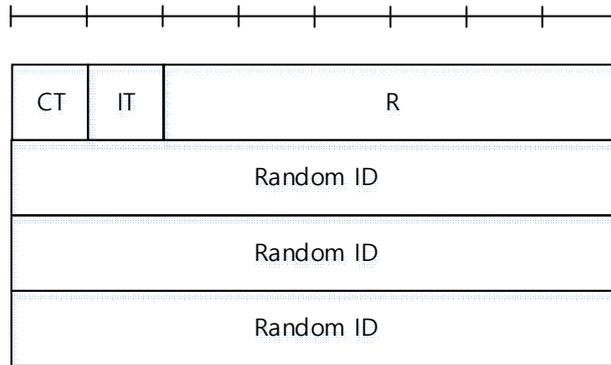
(그림 6-17) 매체 접근 제어 (RAR, 주 링크)



(그림 6-18) 매체 접근 제어 (RAR, 릴레이 링크)

6.11.1.6 매체 접근 제어 PDU (경합 해결 요청)

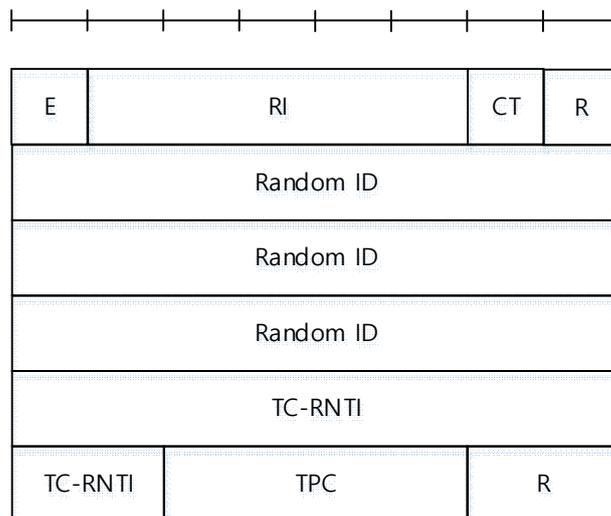
매체 접근 제어 경합 해결 요청은 CT (Connection Type), IT (ID Type), R (Reserved), Random ID의 필드로 구성된다.



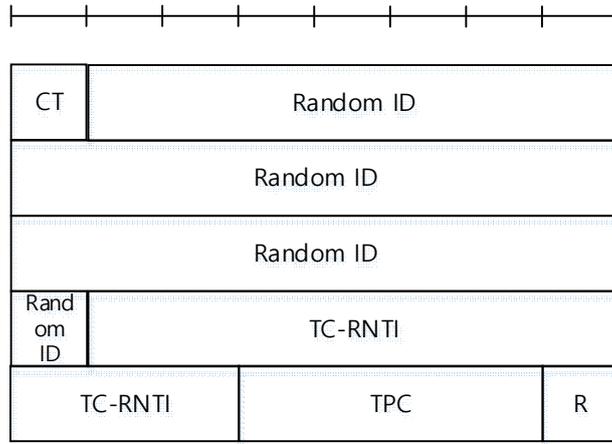
(그림 6-19) 매체 접근 제어 (경합 해결 요청)

6.11.1.7 매체 접근 제어 PDU (경합 해결 응답)

매체 접근 제어 경합 해결 응답은 주 링크와 릴레이 링크로 구분된다. 주 링크의 매체 접근 제어 경합 해결 응답은 E (Extension), RI (Resource Index), CT (Connection Type), R (Reserved), Random ID, TC-RNTI, TPC (Transmission Power Control), R (Reserved)의 필드로 구성된다. 릴레이 링크의 매체 접근 제어 경합 해결 응답은 CT (Connection Type), R (Reserved), Random ID, TC-RNTI, TPC (Transmission Power Control), R (Reserved)의 필드로 구성된다.



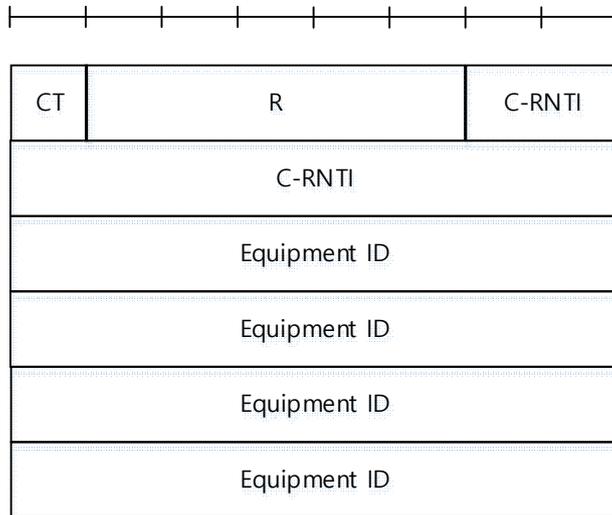
(그림 6-20) 매체 접근 제어 (경합 해결 응답, 주 링크)



(그림 6-21) 매체 접근 제어 (경합 해결 응답, 릴레이 링크)

6.11.1.8 매체 접근 제어 PDU (연결 재설정 요청)

매체 접근 제어 재설정 요청은 CT (Connection Type), R (Reserved), C-RNTI, Equipment ID의 필드로 구성된다.

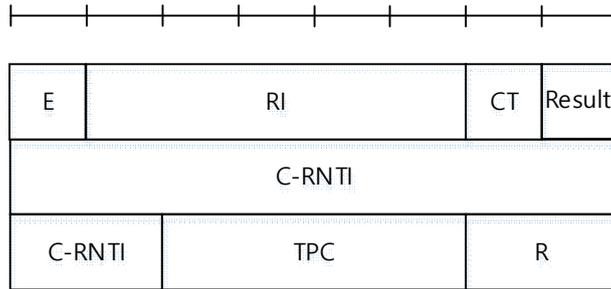


(그림 6-22) 매체 접근 제어 (연결 재설정 요청)

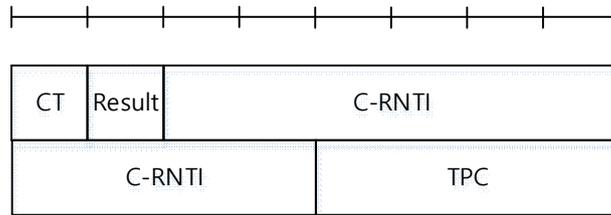
6.11.1.9 매체 접근 제어 PDU(연결 재설정)

매체 접근 제어 연결 재설정은 주 링크와 릴레이 링크로 구분된다. 주 링크의 매체 접근 제어 연결 재설정은 E (Extension), RI (Resource Index), CT (Connection Type), Result,

C-RNTI, TPC (Transmission Power Control), R (Reserved)의 필드로 구성된다. 릴레이 링크의 매체 접근 제어 연결 재설정은 CT (Connection Type), Result, C-RNTI, TPC (Transmission Power Control) 의 필드로 구성된다.



(그림 6-23) 매체 접근 제어 (연결 재설정, 주 링크)



(그림 6-24) 매체 접근 제어 (연결 재설정, 릴레이 링크)

6.11.2 형식 및 파라미터

6.11.2.1 DL-SCH, UL-SCH의 매체 접근 제어 헤더

매체 접근 제어 헤더는 길이가 가변이며 다음과 같은 필드들로 구성되어 있다.

- LCID: 논리 채널 ID 필드는 매체 접근 제어 SDU인 경우는 해당 매체 접근 제어 SDU가 어떤 논리 채널로 온 것인지 알려 주고, 매체 접근 제어 제어 요소의 경우는 어떤 종류의 매체 접근 제어 제어 요소인지를 알려 주고, 그외에도 패딩이라는 것도 알려 준다. 매체 접근 제어 SDU별로 하나씩의 LCID가 있고, 매체 접근 제어 제어 요소와 패딩에 대해서도 각각 하나의 LCID가 있다. 한 바이트 또는 두 바이트 패딩의 경우에는 하나나 두 개의 추가 LCID가 포함된다. LCID 필드는 6비트로 구성된다.
- L (길이): 길이 필드는 해당 매체 접근 제어 SDU나 가변 길이 매체 접근 제어 제어 요소의 바이트 수를 나타낸다. 마지막 매체 접근 제어 SDU와 고정 길이 매체 접근 제어 제어 필드를 제외하고 매체 접근 제어 SDU별로 각각 하나의 길이 필드가 있다. 길이 필드는 7 비트 길이와 15 비트 길이 두 가지가 있으며, 형식 (F) 필드를 보고 구분한다.
- F (형식): 형식 필드는 길이 필드의 크기를 알려 준다. 마지막에 오는 매체 접근

제어 SDU와 고정 길이 매체 접근 제어 제어 요소에 대한 서브 헤더를 제외하고 모든 매체 접근 제어 PDU 서브 헤더마다 F 필드가 하나씩 있다. F 필드의 길이는 1 비트이다. 만약 매체 접근 제어 SDU나 가변 길이 매체 접근 제어 제어 요소가 128 바이트보다 작으면, F 필드는 0이고, 128 바이트보다 같거나 크면 1로 설정한다.

- E (확장): 확장 필드는 매체 접근 제어 헤더에 추가적인 필드가 있는지 표시한다. R/E/LCID 필드에 추가되는 필드가 있으면 1로 세팅하고, 추가 필드 없이 바로 매체 접근 제어 SDU, 매체 접근 제어 제어 요소, 또는 페딩이 시작되면 0으로 설정한다.
 - R (예비): 예비 비트로 0으로 설정한다.
- 매체 접근 제어 헤더와 서브 헤더는 바이트 정렬되어 있다.

<표 6-7> DL-SCH의 LCID 값

Index	LCID values
000000	CCCH
000001- 110100	Identity of the logical channel
110101- 110110	Reserved
110111	RLR Cmd
111000	RLR CPLT
111001	RLC End Ack
111010- 111110	Reserved
111111	Padding

<표 6-8> UL-SCH의 LCID 값

Index	LCID values
000000	CCCH
000001-110100	Identity of the logical channel
110101-110110	Reserved
110101	PHR
110110	DL SNR
110111	RLR Cmd Ack
111000	RLR End
111001	RNTI SR
111010~111100	Reserved
111101	BSR
111110	Reserved
111111	Padding

<표 6-9> F 필드 값

Index	Size of Length field (in bits)
0	7
1	15

6.11.2.2 RAR의 매체 접근 제어 헤더

매체 접근 제어 헤더는 가변 길이이고 다음과 같은 필드로 구성되어 있다.

- E (확장): 확장 필드는 추가적인 RAR이 있는지 여부를 보여 준다. 이 필드가 1이면 추가적인 RAR이 따라온다. 확장 필드가 0이면 추가적인 RAR은 없다.
- Preamble Index (프리앰블 인덱스): 프리앰블 인덱스는 단말이 전송한 임의 접근 프리앰블 인덱스를 보여준다. 크기는 7비트이다.
- R (예비): 예비 비트로 0으로 세팅한다.
- RI (Resource Index): RI 필드는 상향 링크 데이터 전송에 사용할 자원을 표시한다. 크기는 5 비트이다.

매체 접근 제어 RAR은 바이트 정렬되어 있다.

6.11.2.3 경합 해결 요청의 매체 접근 제어 헤더

매체 접근 제어 경합 해결 요청은 고정 길이이며 다음과 같은 필드로 구성되어 있다.

- CT (Connection Type): CT 필드는 임의 접근 절차 타입을 구별하기 위한 구별자를 나타낸다. 0이면 연결 해결 요청, 1이면 연결 재설정 요청이다. 크기는 1비트이다.
- IT (ID Type): IT 필드는 임의 접근 절차의 경쟁 해소 ID 타입을 나타낸다. 0이면

Random ID, 1이면 Equipment ID를 나타낸다. 크기는 1비트이다.

- R (예비): 예비 비트로 0으로 세팅한다.
- Random ID: 경쟁 해소를 위한 랜덤 ID 나타낸다. 크기는 24비트이다.

매체 접근 제어 경합 해결 요청 바이트 정렬되어 있다.

6.11.2.4 경합 해결 응답의 매체 접근 제어 헤더

매체 접근 제어 경합 해결 응답은 길이가 가변이며 다음과 같은 필드로 구성되어 있다.

- E (확장): 확장 필드는 추가적인 경합 해결 응답이 있는지 여부를 보여 준다. 이 필드가 1이면 추가적인 경합 해결 응답이 따라 온다. 확장 필드가 0이면 추가적인 경합 해결 응답은 없다.
- RI (Resource Index): “RI 필드” 참조.
- CT (Connection Type): “CT 필드” 참조
- R (예비): 예비 비트로 0으로 세팅한다
- Random ID: “Random ID 필드” 참조
- TC-RNTI: 임시 RNTI인 TC-RNTI 필드는 단말이 임의 접근 절차 동안에 사용할 임시 RNTI를 전달하는데 사용된다. 이 필드의 길이는 10 비트이다.
- TPC: TPC 필드는 상향 링크 전송에 사용할 출력 파워 제어를 단말에 전달하기 위해 사용된다. 이 필드의 길이는 4 비트이다.

매체 접근 제어 경합 해결 응답은 바이트 정렬되어 있다.

6.11.2.5 경합 재설정 요청의 매체 접근 제어 헤더

매체 접근 제어 경합 재설정 요청은 길이가 고정이며 다음과 같은 필드로 구성되어 있다.

- CT (Connection Type): “CT 필드” 참조
- R (예비): 예비 비트로 0으로 세팅한다
- C-RNTI: 단말에 할당된 C-RNTI 필드는 Gateway가 단말을 구별하기 위한 구별자로 사용된다. 이 필드의 길이는 10 비트이다.
- Equipment ID: 단말에 고유하게 할당된 장비 ID이며 Gateway가 단말을 구별하기 위한 구별자로 사용된다. 이 필드의 길이는 32 비트이다.

매체 접근 제어 경합 재설정 요청은 바이트 정렬되어 있다.

6.11.2.6 경합 재설정의 매체 접근 제어 헤더

매체 접근 제어 경합 재설정은 길이가 가변이며 다음과 같은 필드로 구성되어 있다.

- E (확장): 확장 필드는 추가적인 경합 재설정이 있는지 여부를 보여 준다. 이 필드가 1이면 추가적인 경합 재설정이 따라 온다. 확장 필드가 0이면 추가적인 경합 재설정은 없다.

- RI (Resource Index): “RI 필드”참조
- CT (Connection Type): “CT필드” 참조
- Result: Result 필드는 경합 재설정의 성공/실패를 나타낸다. 0이면 성공, 1이면 실패, 크기는 1비트이다.
- C-RNTI: “C-RNTI” 필드 참조
- TPC: “TPC필드”참조
- R (예비): 예비 비트로 0으로 세팅한다

매체 접근 제어 경합 재설정은 바이트 정렬되어 있다.

6.12 변수 및 상수

6.12.1 RNTI 값

RNTI 값과 용도는 <표 6-10>, <표 6-11>과 같다. 또한 이 표를 보면 각 RNTI별로 사용되는 전송 채널과 논리 채널을 알 수 있다.

<표 6-10> RNTI 값

Value (hexa-decimal)	RNTI
000	N/A
001-3E9	C-RNTI, Temporary C-RNTI
3EA~3FE	Temporary C-RNTI
3FF	B-RNTI

<표 6-11> RNTI 용도

RNTI	Usage	Transport Channel	Logical Channel
SI-RNTI	Broadcast	DL-SCH	BCCH
Temporary C-RNTI	Contention Resolution (when no valid C-RNTI is available)	DL-SCH	CCCH
C-RNTI	Dynamically scheduled unicast transmission	UL-SCH	DCCH, DTCH
C-RNTI	Dynamically scheduled unicast transmission	DL-SCH	CCCH, DCCH, DTCH

6.12.2 임의 접근 동작모드 값

임의 접근 동작모드 값은 <표 6-12>와 같다.

<표 6-12> 임의 접근 동작 모드 값

Index	frame period (s)
0	not used
1	2
2~3	Reserved

부 록 1-1

(본 부록은 표준을 보충하기 위한 내용으로 표준의 일부는 아님)

지식재산권 협약서 정보

해당 사항 없음

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

부 록 1-2

(본 부록은 표준을 보충하기 위한 내용으로 표준의 일부는 아님)

시험인증 관련 사항

해당 사항 없음

부 록 1-3

(본 부록은 표준을 보충하기 위한 내용으로 표준의 일부는 아님)

해당 사항 없음

부 록 1-4

(본 부록은 표준을 보충하기 위한 내용으로 표준의 일부는 아님)

참고 문헌

- [1] “Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Multiplexing and channel coding”, 3GPP TS 36.212 V8.6.0, Mar. 2009.
- [2] H. J. Zepernick and A. Finger, Pseudo Random Signal Processing: Theory and Application. New York: Wiley, 2013.
- [3] R. Gold, "Optimal binary sequences for spread spectrum multiplexing (Corresp.)". IEEE Transactions on Information Theory. vol. 13, no. 4, pp. 619-621, Oct. 1967.
- [4] C. Berrou, A. Glavieux, "Near optimum error-correcting coding and decoding: Turbo codes", IEEE Transaction on Communications, vol. 44, no. 10, pp. 1261-1271, Oct. 1996.
- [5] H. H. Ma, J. K. Wolf, "On Tail Biting Convolutional Codes", IEEE Transactions on Communications, vol. 34, no. 2, pp. 104-111, 1986.

※ 상기 기재된 참고 문헌의 발간일이 기재된 경우, 해당 표준(문서)의 해당 버전에 대해서만 유효하며, 연도를 표시하지 않은 경우에는 해당 표준(권고)의 최신 버전을 따름.

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	2019.12.11	TTAK.KO-10.1206	제정	사물인터넷 네트워킹 프로젝트그룹 (PG1002)