

Paper from OPEN CALL

3GPP GERAN 진화 시스템 -패킷 전송을 위한 물리계층 진화

최종수 | 황승훈* | 최병조** | 신연 | 이현우

삼성전자, 동국대학교*, 인천대학교**

요약

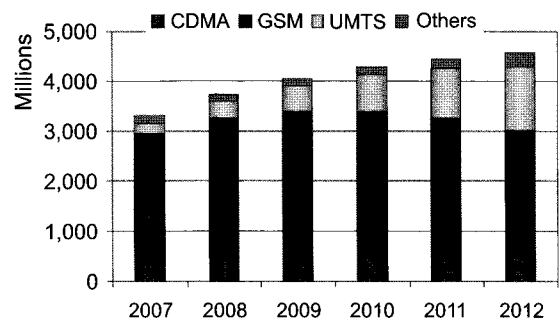
GSM/EDGE는 이동통신 기술로 현재 가장 널리 보급된 기술이다. 본 고에서는 최근 3GPP TSG GERAN에서 GSM/EDGE의 성능 향상 및 서비스 품질 개선을 위해 진행하고 있는 GERAN 진화 시스템의 물리계층 표준에 도입된 주요 기술에 대하여 소개한다.

1. 서론

제2세대 (2G) 이동통신 기술인 GSM (Global System for Mobile communication) 및 GSM진화 시스템인 EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution)는 전세계적으로 가장 널리 사용되고 있는 셀룰라 이동통신 시스템이다. 1992년에 유럽의 7개국에서 13개의 상업용 GSM 네트워크 서비스를 시작한 이래, 2000년에 147개국에서 392개 상업용 네트워크로 성장하였다. 현재 213개국에서 총718개의 네트워크를 통해 GSM/EDGE 서비스를 제공하고 있다. 달리 말하면, 한국과 일본을 제외한 모든 나라에서 GSM/EDGE 서비스를 사용하고 있다고 볼 수 있다. GSM/EDGE 서비스 가입자 추이를 살펴보면 2004년 6월에 10억 명을 도달한 이래 2006년 6월에 20억 명, 2007년6월 기준 25억 명에 달한다. 이는 전세계 이동통신 가입자의 80% 이상을 차지하고 있다¹⁾.

(그림 1)을 참조하면, 2010년경까지 GSM/EDGE 가입자 증가 추세가 계속된 후 UMTS의 가입자 증가에 따라 감소할 것으로 보이나, 여전히 향후 다년간 이동통신 서비스 가입자의 대다수를 차지할 것으로 예측된다[1].

GSM시스템의 표준화는 1980년대에 유럽에서 시작하였으며 2000년 봄까지 ETSI (European Telecommunications Standards Institute) 내의 SMG (Special Mobile Group)에서 담당하였다. 2000년 여름에 GSM 표준화 작업은 3GPP로 이관되어 3GPP TSG (Technical Specification Group) GERAN (GSM/EDGE Radio Access Network)에서 담당하고 있다.



(그림 1) 이동통신 가입자 예측[1]

본 고에서는 2005년에 시작하여 2007년11월에 완성되는 GERAN 진화 시스템의 물리계층 특징들을 중심으로 소개하고자 한다. II장에서는 기존 GSM/EDGE 시스템에 대하여 소

1) 2007년 6월 기준UMTS를 포함한 GSM/UMTS 가입자는 전세계 이동통신 가입자의 85.57%를 차지함[1].

개하고, III장에서는 GERAN 표준 Release 7에 반영되는 진화 시스템 물리계층의 주요 특징들을 소개하고, IV장에서 결론을 맺는다.

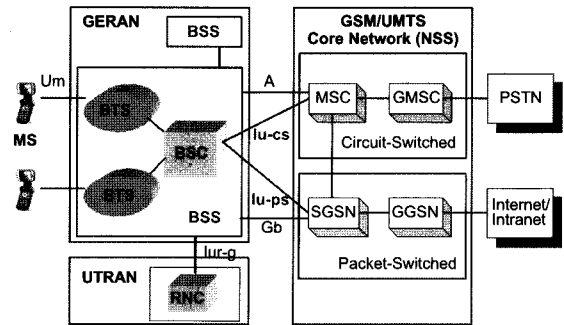
II. GSM/EDGE 시스템

2G GSM은 SMS (Short Message Service)를 포함하는 음성 서비스 및 낮은 전송률의 회선 (Circuit-Switched) 데이터 서비스를 제공하였다. 이후 GSM은 패킷 (Packet-Switched) 데이터 서비스를 지원하는 GPRS (General Packet Radio Service)를 도입하여 2.5G로 진화하였고, 다시 3G (또는 2.9G)로 불리는 EDGE로 진화를 거듭하였다[2].

EDGE는 GSM 사업자가 이미 사용하고 있는 850, 900 MHz, 1800 MHz 및 1900 MHz 주파수 대역에 배치할 수 있는 공식적인 3G 셀룰라 기술이다. 이제 EDGE 기술규격은 새로 설치되고 있는 GSM 네트워크에 필수적인 요소가 되었다. 이처럼 EDGE 무선 접속 기술을 사용할 수도 있는 GSM 네트워크를 GERAN(GSM/EDGE Radio Access Network)이라고 하며, EDGE 기술은 GERAN 표준 Release 99에서 표준화 작업이 완성되었다.

GERAN 시스템 구조는 (그림 2)에 보인 바와 같이 기본적으로 RSS (Radio Subsystem)과 CN (Core Network) 이라고도 불리는 NSS (Network and Switching Subsystem)으로 분류할 수 있다[3]. RSS는 MS (Mobile Station)과 BSS (Base Station Subsystem)으로 구성된다. BSS는 MS를 CN에 연결해주는 역할을 하며, 전체 서비스 영역을 커버하는 라디오 셀들의 네트워크로 구현된다. 각 셀에는 할당된 무선 채널에서 송수신을 처리하는 BTS (Base Transceiver Station)가 있다. NSS는 각종 네트워크 스위치와 데이터 베이스 및 관리시스템으로 이루어져 있다. (그림 2)의 GERAN 시스템 구조는 GERAN 과 UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network)이 병렬로 동작할 수 있게 하고 두 라디오 접속 기술을 통해서 유사한 서비스를 제공할 수 있도록 하기 위해서 GSM/EDGE의 시스템 및 프로토콜 구조를 UTRAN에 적용시켰다. 따라서, GERAN은 Iu 인터페이스를 통해서 동일한 CN에 연결된다. 또한 GPRS에 Gb 인터페이스가 도입된

이래, GERAN은 회선 데이터 서비스를 위해서 BSS와 MSC (Mobile-services Switching Center)를 A 인터페이스로 연결하고, 패킷 데이터 서비스를 위해서 BSS와 SGSN (Serving GPRS Support Node)을 Gb 인터페이스로 연결하였다.



(그림 2) GERAN 시스템 구조 [3,4]

2.1 GSM/GPRS

MS와 BTS간의 GSM 라디오 인터페이스는 라디오 스펙트럼으로 정의되는 많은 통신 채널을 포함한다. 셀 구조에 있어서 도심지역의 경우 반경은 수백 미터로부터 시골지역의 경우 35km에 이른다.

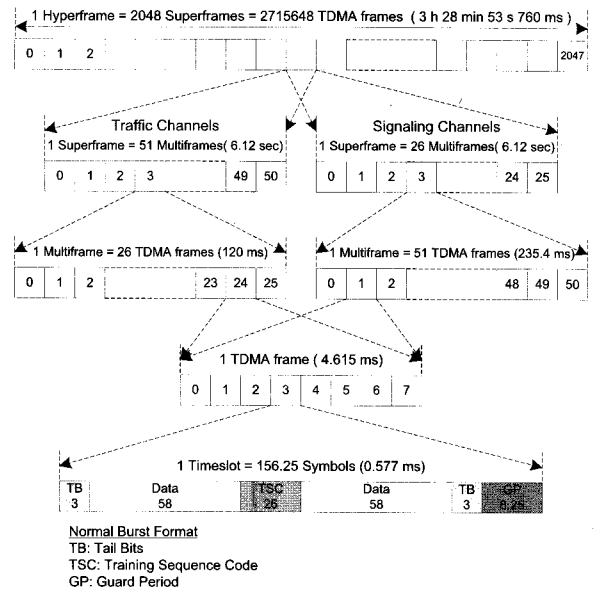
GSM시스템은 다중접속을 위해 본질적으로 FDMA (Frequency Division Multiple Access)와 TDMA (Time Division Multiple Access)를 결합한 방식을 사용한다. FDMA 측면에서 볼 때, 유럽의GSM 900 MHz 대역의 경우 45 MHz 간격으로 분리된 두 개의 25 MHz 주파수 대역을 각각 하향 링크 및 상향링크에 사용한다. 25 MHz의 주파수 대역은 200 kHz의 협대역폭을 갖는 124개의 반송파 주파수로 나누어 사용한다[3].

TDMA 관점에서 볼 때, (그림 3)에 보인 바와 같은 프레임 구조로 구성된다 [5]. 각 반송파 주파수는 8개의 타임슬롯으로 나누어 진다. 이 8개의 타임슬롯이 한 개의 TDMA 프레임을 구성한다. 각 타임슬롯은 15/26 ms (0.577 ms) 동안 유지되며 156.25 심볼 길이를 갖는다. 따라서, 한 개의 TDMA 프레임은 4.615 ms동안 지속된다. 26개 또는 51개의 TDMA 프레임이 모여 멀티프레임 및 슈퍼프레임을 구성하며, 한 개의 하이퍼프레임은 2048개의 슈퍼프레임으로 구성된다.

GSM에서 채널은 물리 채널 및 논리 채널로 구분한다. 하

나의 반송파 주파수를 사용하는 한 개의 타임슬롯은 물리 채널을 정의하는 기본 단위이며, 이 물리 채널을 통해서 정보가 전송된다. 논리 채널은 물리 채널에 매핑되며, 해당하는 버스트 구간의 번호 및 위치에 의해서 정의된다. 논리 채널은 전송하는 정보의 종류에 따라 트래픽 채널 (TCH, Traffic CHannel)과 제어 채널 (CCH, Control Channel or Signaling Channel)로 구분한다. TCH는 26개의 TDMA 프레임으로 구성된 멀티프레임으로 정의하며, MS가 동시에 송수신을 하지 못하도록 세 개의 타임슬롯 구간만큼 상향링크 및 하향링크가 분리되어 있다. TCH 상의 음성 데이터 전송은 타임슬롯 당 9.6 kbps (Full Rate, FR) 및 4.8 kbps (Half Rate, HR)로 제한된다. MS와 네트워크 간의 시그널링 메시지는 CCH를 통해서 전송되며 기능에 따라 BCCH (Broadcast CCH), CCCH (Common CCH) 및 DCCH (Dedicated CCH)의 세 그룹으로 구분된다[6].

GSM 물리계층의 채널코딩 방식은 다양한 서비스를 위해 채널에 따라 다른 방식을 사용하지만, 일반적으로 블록 코딩, 컨볼루션 코딩, 또는 두 채널코딩의 연결 코딩 (concatenated coding)을 사용한다[7]. 채널코딩 된 데이터는 인터리빙 과정을 거치며, 비트 인터리빙 또는 블록 인터리빙 방법이 사용된다. 채널의 종류에 따라 코딩된 데이터는 버스트에 캡슐화된 다음 270.8 kbps (Gross Bit Rate)로 전송된다. GSM 시스템에서 사용하는 변조방식은 GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying)이다[5]. 초기 GSM 표준은 데이터 서비스를 지원하기 위해 가장 기본적인 전송 능력만 제공하였다. 네트워크에서 최대 전송률은 타임슬롯당 9.6 kbps로 제한되었다. 이후, GSM phase 2+ 표준 (Release 99)에서는 데이터 전송률 향상을 위해서 HSCSD (High Speed Circuit-Switched Data)를 도입하였다. 즉, 14.4 kbps와 결합된 HSCSD 구조의 최대 라디오 인터페이스 비트율은 115.2 kbps이다. 그러나, 실제로는 CN 및 A-인터페이스 제약 때문에 최대 전송률은 64 kbps로 제한된다. 한편, GPRS는 GSM 네트워크에 기본을 두고 IP 또는 X.25를 기반으로 한 네트워크를 지원한다. GPRS의 도입으로 GSM 시스템은 음성뿐만 아니라 패킷 데이터 서비스로 인터넷 접속과 일부 영상통신이 가능한 2.5G 이동통신 기술로 진화하였다. GPRS는 기존의 BSS를 수정하고 새로운 형태의 CN기반 IP 라우팅 기술을 도입하여 구현되었다. 즉, CN에 SGSN 및 GGSN 노드를 도



(그림 3) GSM/EDGE 프레임 구조 [5]

입하였고, 데이터는 IP 패킷으로 라우팅 된다. 라디오 인터페이스 관점에서 GPRS는 GSM과 동일한 물리적 채널을 사용한다. 그러나, 새로운 논리적 채널들인 PTCH (Packet TCH) 및 PCCH (Packet CCH)가 추가되었다.

여러 사용자가 한 개의 물리적 채널을 공유할 수 있는 PDTCH (Packet Data TCH)는 그 한 예이다. GPRS의 채널코딩 방식은 GSM과 마찬가지로 컨볼루션 코딩을 사용한다. 그러나, GPRS에서 정보를 실어 나르는 기본 단위는 라디오 링크 제어 (Radio Link Control, RLC) 데이터 블록이다.

하나의 RLC블록은 456 비트의 데이터로 구성되고 네 개의 연속적인 TDMA 프레임에 실려서 전송되며, RLC 블록의 전송 시간은 20 ms이다. GPRS에서는 네 가지의 채널 코딩 방식 (CS, Coding Scheme)인 CS-1에서 CS-4까지 정의되어 있다[8].

각각의 RLC 블록은 이 네 가지 방식 중 한 가지 방식에 의해서 코딩된다. 코딩 방식의 선정은 무선 인터페이스의 상태에 따라 결정되며, 한 개의 RLC 블록이 전송되는 중에는 변경될 수 없다. 채널 상태가 양호한 경우 높은 부호율을 적용한 CS-4 (부호율 1.0)를 사용하여 데이터 전송률을 높이고, 채널 상태가 매우 좋지 못한 경우에는 CS-1 (부호율 1/2)을 사용하여 안정적인 데이터 전송을 수행한다.

2.2 EDGE

EDGE의 주요 특징은 그 이름에서도 알 수 있듯이 GSM, 즉 HSCSD 및 GPRS 데이터 전송률에 대한 확장인 ECSD (Enhanced Circuit-Switched Data) 및 EGPRS (Enhanced GPRS)를 포함한다. EDGE는 협대역 셀룰라 데이터 서비스를 위한 스펙트럼 효율을 높이기 위해서 세 가지의 주요 기술을 채용하였다[9]. 첫 번째 기술은 직접적인 데이터 전송률 향상을 가져오는 8PSK 변조방식의 도입이다. 따라서 EDGE는 GSM/GPRS에서 사용하는 GMSK와 8PSK 변조방식을 모두 지원한다. 두 번째 기술은 다중코딩 기술로서 채널 환경에 따라 오류 정정에 기여하는 비트 수를 조절할 수 있는 기술이다. EDGE 기술을 도입하여 GPRS를 확장시킨 EGPRS 에서는 9 종류의 MCS (Modulation and Coding Scheme)을 지원하는데, 4개의 MCS (MCS-1 ~ MCS-4)는 GMSK를 사용하고 나머지 5개 MCS (MCS-5 ~ MCS-9)는 8PSK를 사용한다. EGPRS의 채널코딩 기술은 GPRS에서와 같이 컨볼루셔널 코딩을 사용한다. 마지막으로 세 번째 기술은 링크 품질제어 (Link Quality Control, LQC)로서 시간에 따라 변화하는 링크 품질에 채널코딩을 적응시키는 기술이다. LQC는 LA (Link Adaptation)와 IR (Incremental Redundancy)을 통해서 구현된다.

LA는 시간에 따라 변하는 링크 품질에 따라 최대 수율 (throughput)을 달성하기 위해서 9가지의 MCS를 동적으로 변화시키는 기술이다. IR은 Hybrid-ARQ Type II 방식이며 재전송을 통해서 사용자 throughput을 높이는 기술이다. 결과적으로 EDGE 에서 throughput은 타임슬롯당 8.4 kbps (MCS-1) 에서 59.2 kbps (MCS-9) 까지 가변적이다. 따라서 8 개의 타임슬롯을 한 사용자에게 할당할 경우 최대 473.6 kbps의 throughput을 달성할 수 있다. 그러나, 실제 디바이스들은 4개의 타임슬롯까지 지원하며 일반적인 사용자 throughput은 120~180 kbps 정도이다[1].

GERAN 표준 Release 5에서는 음성 서비스의 용량 증가 및 품질 개선에 관한 특징들이 포함되었다. 초기 GSM은 FR (Full Rate), HR (Half Rate) 및 EFR (Enhanced FR)을 제공하였다. AMR (Adaptive Multi-Rate) Speech Codec은 GSM Release 98 및 UTRAN Release 99 표준에서 사용하는 AMR-NB (Narrowband AMR)이다. GERAN Release 5에서 고품질 음성 서비스를 위해서 AMR-WB (Wideband AMR)을 도입하

였으며, 음성 용량을 증가시키기 위해서 HR 8PSK 채널에서 서비스되는 AMR-NB를 도입하였다[2]. <표 1>에 GERAN 표준에서 지원하는 모든 Speech Codec에 대한 특성을 요약하였다.

<표 1> GERAN에서 지원하는 Speech Codec [2]

Speech Codec and Codec Mode	Bits per Speech Frame	Average Code Rate				
		GSMK Channel		8PSK Channel		
		FR	HR	FR	HR	
GSM FR		260	0.57	X	X	X
GSM HR		112	X	0.49	X	X
EFR		244	0.54	X	X	X
AMR-NB	12.2kbps	244	0.54	X	X	0.36
	10.2kbps	204	0.45	X	X	0.30
	7.95kbps	159	0.35	0.70	X	0.23
	7.5kbps	148	0.32	0.65	X	0.22
	6.7kbps	134	0.29	0.59	X	0.20
	5.9kbps	118	0.26	0.52	X	0.17
	5.15kbps	103	0.23	0.45	X	0.15
	4.75kbps	95	0.21	0.42	X	0.14
AMR-WB	23.85kbps	477	X	X	0.35	0.70
	23.05kbps	461	X	X	0.34	0.67
	19.85kbps	397	0.87	X	0.29	0.58
	18.25kbps	365	0.80	X	0.27	0.53
	15.85kbps	317	0.70	X	0.23	0.46
	14.25kbps	285	0.63	X	0.21	0.42
	12.65kbps	253	0.55	X	0.18	0.37
	8.85kbps	177	0.39	X	0.13	0.26
6.60kbps	132	0.29	X	0.10	0.19	

데이터 서비스에 효율적인 EDGE와 음성 서비스에 효율적인 GSM의 결합을 통해서, 이동통신 서비스 사업자들은 고객을 만족시킬 수 있는 다양한 종류의 서비스를 제공할 수 있게 되었다. 3G 데이터 서비스로 UMTS를 사용하려고 계획하였던 많은 서비스 사업자들은 다음과 같은 이유 때문에 보완 3G 기술로 EDGE를 도입하여 서비스하고 있다[9].

- 100 kbps 정도의 평균 데이터 전송 능력을 제공하므로 많은 통신 응용서비스를 가능하게 한다.
- 추가 투자 비용이 저렴하고 필드에서 검증된 성숙한 기술이다.
- 기존 스펙트럼 상에서 대규모의 음성 및 데이터 사용자를 지원할 수 있으므로 주파수 효율적이다.
- 서비스 연속성을 보장하면서 저렴한 비용으로 광범위한 데이터 전송률의 서비스를 제공하므로, 트래픽이 높은 지역에 설치 운용되고 있는 UMTS/HSPA (High Speed Packet Access)에 대한 보완 역할을 할 수 있다.

III. GERAN 물리계층 진화

3GPP TSG GERAN 에서는 현재 EDGE 성능향상을 위해서 GERAN 진화 추진을 위한 Feasibility Study를 2005년 중반부터 진행하여 완료하였고[10], Study 단계에서 충분한 검증 과정을 거친 성숙한 기술들을 Work Item 화 하여 GERAN 표준 (Release 7)에 2007년 11월까지 반영 계획이다.

앞서 언급한 바와 같이 오늘날 EDGE는 이메일과 같은 많은 응용 서비스를 제공하고 있다 하더라도, EDGE 성능 향상을 위한 진화는 의미 있는 일이다. 경제적 관점에서 볼 때, GERAN 진화에 포함되는 특징의 대부분은 소프트웨어 업그레이드를 기반으로 설계되었기 때문에 UMTS로의 업그레이드에 비해 적은 비용이 소요될 뿐만 아니라, 기존 GSM 시스템의 업그레이드에 있어서 매우 효율적인 자본운용을 가능하게 한다[9].

GERAN 진화 시스템에서 제공하는 기술의 특징은 높은 데이터 전송률 및 시스템 용량을 제공하며 케이블 모뎀 속도에 필적할 만한 전송속도를 제공한다. 또한 GERAN 진화 시스템은 EDGE와 HSPA 사이의 양호한 서비스 연속성을 제공할 수 있다. 따라서, GERAN 진화 시스템 추진의 목적은 다음과 같은 지표를 포함하고 있다[10]. 즉,

- 최대 데이터 전송률의 100% 증가
- C/I 제한 시나리오에서 주파수 효율 및 용량의 50% 증가
- 음성 및 데이터에 대한 하향링크 감도의 3 dB 개선
- VoIP 및 PoC와 같은 대화 서비스를 지원할 수 있도록 초기 접속 및 RTT (round-trip time)에 대한 Latency 감소.
- 기존 GSM 네트워크에 설치가 가능하도록 기존 주파수 계획 및 호환성 유지
- 기존 및 새로운 MS가 동일한 무선 자원을 공유할 수 있도록 허용함으로써 Legacy MS와 공존 유지
- 소프트웨어 업그레이드를 통해서 성능 향상을 시킴으로써 인프라구조에 대한 영향 최소화
- DTM (Dual Transfer Mode) 및 A/Gb 모드 인터페이스에 적용 가능

이러한 목적들을 달성하기 위하여 GERAN 표준 Release 7에 포함되는 기술들은 다음과 같은 것들을 들 수 있다.

- 빠른 전송을 위해서 타임슬롯 수를 증가시키기 위한 하

향링크 듀얼 캐리어 수신 기술

- 고차 변조방식 (16QAM 및 32QAM) 및 1.2배 증가한 높은 심볼률 (Higher Symbol Rate) 도입
 - 전반적인 Latency 감소
 - 간섭에 대한 강인성을 증가시키고 수신기 감도를 개선하기 위한 동일 라디오 채널의 하향링크 다이버시티 수신
- 이 절에서는 GERAN 진화시스템의 물리계층에 포함되는 패킷 데이터 성능 향상을 위한 특징들을 살펴본다.

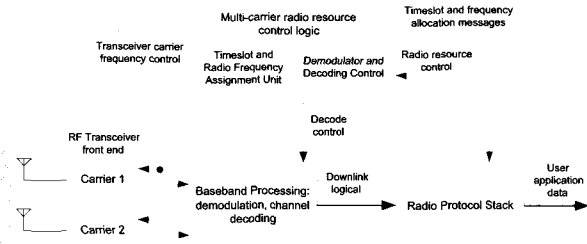
3.1 하향링크 듀얼 캐리어 (DLDC)

GERAN 진화 시스템의 주요 특징 중 하나는 GSM/EDGE 반송파 고유의 협대역 대역폭 사용의 한계를 극복할 수 있는 기술로서 다중 반송파 (multiple carriers)를 사용하는 것이다. GSM/EDGE 에서 최대 데이터 전송률은 200 kHz의 대역폭을 갖는 반송파에 의해 제한된다. 앞서 언급한 바와 같이 EDGE의 이론적인 최대 전송률은 473.6 kbps이나 현실적으로 2~4개의 타임슬롯을 사용하여 100~200 kbps 정도의 데이터 전송률을 얻을 수 있다. 따라서 하향링크의 침투 및 평균 전송률을 증가시키기 위해서 두 개의 반송파를 사용하는 하향링크 듀얼 캐리어 (Downlink Dual Carrier, DLDC)를 고려하였다[10]. 또한 두 개의 반송파 및 1 타임슬롯/프레임/carrier를 사용하여 Latency를 개선할 수 있을 뿐만 아니라, 두 개의 반송파를 가로지르는 인터리빙을 통해서 시간 및 주파수 다이버시티를 함께 얻을 수 있다.

듀얼 캐리어는 (그림 4)에 보인 바와 같이 하향링크 수신단, 즉 이동국에서 두 개의 수신기 체인을 필요로 한다. 따라서 더 많은 타임슬롯을 두 개의 반송파로부터 동시에 수신할 수 있다.

또한 두 번째 수신체인은 이동국 터미널로 하여금 이웃 셀 모니터링을 수행 하는데 사용할 수 있다. 또한 전송하고자 하는 RLC블록들을 두 개의 반송파에 분배하여 전송함으로써 네트워크가 동일 주파수상의 인접 타임슬롯에 라디오 블록을 배치해야만 하는 제약이 없어졌다.

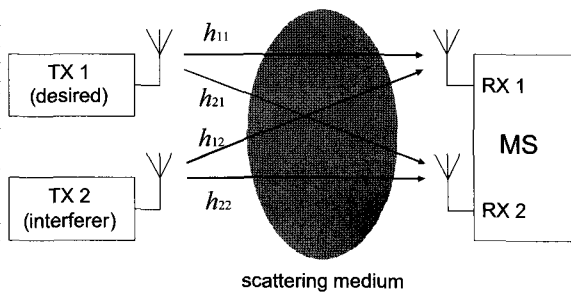
마지막으로, 듀얼 캐리어 수신기 구조는 동작환경에 따라 지능적인 선택을 통해서 듀얼 캐리어 수신 모드 또는 이동국 수신 다이버시티 (Mobile Station Receive Diversity, MSRD) 모드를 지원할 수 있는 듀얼 모드 동작을 가능하게 한다.



(그림 4) 이동국에서의 듀얼 캐리어 수신 로직 [9,10]

3.2 듀얼 안테나를 이용한 이동국 수신 다이버시티 (MSRD)

다중 안테나 기술은 채널 용량 개선 및 송수신 다이버시티에 의해서 제공되는 성능 개선 장점 때문에 많은 무선통신 시스템 표준에 도입되고 있다. GERAN 시스템에서는 일반적으로 기지국 (Base Station)의 수신단에서만 다중 안테나가 사용되고 있었다. 그러나, GERAN진화 시스템에서는 이동국 (Mobile Station)의 수신단에서도 수신 다이버시티 이득을 얻기 위해서 두 개의 안테나를 사용하는 이동국 수신 다이버시티 (Mobile Station Receive Diversity, MSRD) 기능을 포함한다 [10]. 따라서, 단말기에서 듀얼 안테나를 갖는 수신 시스템은 페이딩을 극복하기 위한 효율적인 도구일 뿐만 아니라 채널 손상, 간섭 및 잡음이 존재하는 상황에서 성능을 개선하는데 기여할 수 있다.



(그림 5) GERAN 진화 시스템의 MSRD 구조 [10]

(그림 5)는 공간적으로 분리되어 있는 단말기에 장착되어 있는 두 개의 안테나를 통해서 동일한 신호가 서로 다른 페이딩 특성에 실려 각각 전송된 두 개의 안테나로부터 신호 (TX_1 , TX_2)를 수신하는 것을 보여준다. 즉,

$$RX_1 = h_{11}TX_1 + h_{12}TX_2$$

$$RX_2 = h_{21}TX_1 + h_{22}TX_2$$

여기에서 h_{ij} 는 채널 계수, TX_1 는 원하는 신호(desired signal) 및 TX_2 는 간섭신호 (interferer)를 나타낸다. 두 신호를 결합함으로써 페이딩으로 인한 두 신호의 순간 감쇄를 고려하여 간섭을 제거할 수 있다.

실험 및 시뮬레이션 결과[10]에서 확인할 수 있는 바와 같이 듀얼 안테나의 이용은 GSM/EDGE 단말기에 있어서 괄목할 만한 성능 개선을 가져다 준다. 예를 들어, 커버리지가 제한되는 경우, 즉 수신 시 신호 강도가 너무 약한 경우 듀얼 안테나를 갖는 단말기는 싱글 안테나 단말기에 비해 6 dB (대략 1/4)정도 신호를 극복할 수 있을 뿐만 아니라 대략 10 dB (또는 10배) 정도의 간섭을 조절할 수 있다.

3.3 터보코딩, 고차변조 및 고심볼률

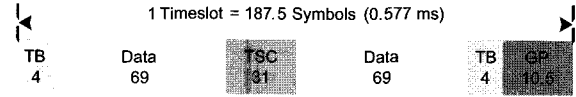
GERAN 진화 시스템의 물리계층에서 채널코딩 및 변조방식의 주요한 특징은 두 개의 WI (Work Item)을 통해서 표준에 반영되고 있다. 즉, HUGE (Higher Uplink performance for GERAN Evolution) 및 REDHOT (REduced symbol Duration, Higher-Order modulation and Turbo coding in downlink)이다. 채널코딩 및 변조방식은 패킷 전송에 대한 성능 향상에만 적용되므로 표준에서는 기존 EGPRS진화란 의미로EGPRS2로 명명하였다[8].

채널코딩은 본래 간섭에 대한 강인성을 증가 시키기 위해서 사용된다. GERAN에서는 채널 코딩 기술로 비트율 및 부호율에 적용에 용이한 유연성을 제공하고 낮은 인코딩/디코딩 복잡도를 갖는 컨볼루션 코딩을 사용하고 있다. 터보코딩과 같은 채널코딩 기술은 컨볼루션 코딩에 비해 우수한 오차정정 능력을 갖고 있으며, 3G UMTS 표준 [11] 등의 무선통신 표준에 널리 사용되고 있다. GERAN 진화 시스템에서는 상향링크의 코딩기술로 부호율 1/3의 컨볼루션 코딩을 사용하지만, 하향링크에서는 오류정정을 위해 UMTS FDD 표준에 사용된 모부호율 1/3인 터보코딩 구조를 그대로 도입한다. 일반적으로 미래의 단말기는 GSM/EDGE 및 WCDMA를 모두 지원할 것으로 예상된다. 따라서 이미 WCDMA 단말기에 구현되어 있는 터보 디코딩 회로 소자들을 GERAN 진화 시스템을 지원하는 단말기에서 재활용할 수 있는 장점이 있다[12].

터보코딩과 더불어 GERAN 진화 시스템 물리계층의 채널 코딩 체인에서의 주요 특징은 고차변조 방식 (Higher Order Modulation, HOM) 및 고심볼률 (Higher Symbol Rate, HSR) 의 도입이다. HOM 방식으로 각각 4비트 및 5비트를 전송할 수 있는 16QAM 및 32QAM을 채용한다. GMSK 및 8PSK 대비 여분의 비트는 데이터 전송률을 향상시키는데 기여하거나, 채널 에러에 대한 강인성을 개선하는데 사용할 수 있다. 8PSK, 16QAM 및 32QAM의 경우 정상도의 비트 심볼간 매핑에 따라 그룹별로 다른 비트 신뢰도 (bit reliability) 패턴을 가지고 있다. 예를 들면, GERAN 진화에 적용하는 16QAM 심볼의 경우 처음 두 비트는 높은 신뢰도를 갖는 반면 나머지 두 비트는 상대적으로 낮은 신뢰도를 갖는다[10]. 이러한 특성은 터보코딩을 사용하는 하향링크의 경우 정보 비트(systematic bit)를 신뢰도가 높은 비트 위치에 매핑하여 전송하고, 패리티 비트(parity bit)는 신뢰도가 낮은 비트 위치에 매핑하여 전송함으로써 성능을 향상시키는 기술도 검토되고 있다. 또한, 비트 신뢰도 패턴은 버스트 매핑시 헤더 비트들을 보호하기 위한 비트 교환에도 사용된다[7].

한편, GERAN 진화 시스템에서는 GSM/EDGE의 표준 심볼률 (Normal Symbol Rate, NSR)인 271 ksymbol/s와 비교하여 1.2배 향상된 고심볼률 (HSR) 325 ksymbol/s를 추가하였다. (그림 3)의 하단에 보인 표준 버스트 (Normal Burst, NB)와 동일한 타임슬롯구간 동안 187.5 심볼 길이를 갖는 HSR버스트 (HSR Burst, HB) 포맷을 (그림 6)과 같이 정의하였다[5].

따라서, GERAN 진화 시스템에서 사용하는 MCS 레벨은 NSR에서 8PSK, 16QAM 및 32QAM모드를 지원하는 EGPRS2-A 레벨과 HSR에서 QPSK, 16QAM 및 32QAM 모드를 지원하는 EGPRS2-B 레벨로 구분할 수 있다. <표 2>부터 <표 5>에 이르기까지 하향링크 및 상향링크 레벨에 해당하는 MCS 모드 및 전송률 등을 도시하였다. GERAN 진화 표준 (Release 7)에서 제안된 여러 가지 기술은 서로 결합되어 수율을 향상시키는데 기여하게 된다. 예를 들면, 하향링크에서 DBS-12 및 듀얼 캐리어 수신기를 갖는 Type 2 단말기의 경우 달성할 수 있는 최대 하향 전송률 (Total Downlink Data Rate)은 MAC Layer에서 118.4 kbps X 8 (타임슬롯수/반송파) X 2 (반송파수) = 1894.4 kbps 이다[9]. 즉, 첨부 네트워크 전송률은 2 Mbps에 가까우며 실제 사용자 데이터 전송률은 1 Mbps 이상 얻을 수 있을 것으로 예상된다.



(그림 6) 1.2배 향상된 고심볼률에 대한 HB 포맷 [5]

<표 2> EGPRS2-A 하향링크에 대한 MCS 및 전송률 [8]

Scheme	Code rate (with/without PAN)	Modulation	RLC blocks per Radio Block	Raw Data within one Radio Block	Data rate per PDCH kb/s
DAS-12	1.00/0.96	32QAM	3	1968	98.4
DAS-11	0.84/0.80		3	1632	81.6
DAS-10	0.66/0.64		2	1312	65.6
DAS-9	0.71/0.68	16QAM	2	1088	54.4
DAS-8	0.59/0.56		2	896	44.8
DAS-7	0.58/0.54	8-PSK	1	656	32.8
DAS-6	0.48/0.45		1	544	27.2
DAS-5	0.4/0.37		1	448	22.4

DAS-5 to DAS-12 are used with normal symbol rate

<표 3> EGPRS2-B 하향링크에 대한 MCS 및 전송률 [8]

Scheme	Code rate (with/without PAN)	Modulation	RLC blocks per Radio Block	Raw Data within one Radio Block	Data rate per PDCH kb/s
DBS-12	1.00/0.98	32QAM	4	2368	118.4
DBS-11	0.94/0.91		4	2176	108.8
DBS-10	0.75/0.72		3	1776	88.8
DBS-9	0.74/0.71	16QAM	3	1344	67.2
DBS-8	0.63/0.60		2	1184	59.2
DBS-7	0.49/0.47	QPSK	2	896	44.8
DBS-6	0.69/0.63		1	592	29.6
DBS-5	0.53/0.49		1	448	22.4

DBS-7 to DBS-12 are used with higher symbol rate

<표 4> EGPRS2-A 상향링크에 대한 MCS 및 전송률 [8]

Scheme	Code rate (with/without PAN)	Modulation	RLC blocks per Radio Block	Raw Data within one Radio Block	Data rate per PDCH kb/s
UAS-11	1.00/0.95	16QAM	3	1536	76.8
UAS-10	0.88/0.84		3	1344	67.2
UAS-9	0.75/0.71		2	1184	59.2
UAS-8	0.65/0.62	8-PSK	2	1024	51.2
UAS-7	0.57/0.55		2	896	44.8

UAS-7 to UAS-11 are used with normal symbol rate

<표 5> EGPRS2-B 상향링크에 대한 MCS 및 전송률 [8]

Scheme	Code rate (with/without PAN)	Modulation	RLC blocks per Radio Block	Raw Data within one Radio Block	Data rate per PDCH kb/s
UBS-12	1.00/0.96	32QAM	4	2368	118.4
UBS-11	0.92/0.89		4	2176	108.8
UBS-10	0.74/0.71		3	1776	88.8
UBS-9	0.73/0.70	16QAM	3	1344	67.2
UBS-8	0.62/0.60		2	1184	59.2
UBS-7	0.47/0.46	QPSK	2	896	44.8
UBS-6	0.67/0.62		1	592	29.6
UBS-5	0.52/0.47		1	448	22.4

UBS-5 to UBS-12 are used with higher symbol rate

3.4 Latency 개선

GSM에서 음성 샘플의 기본 전송 단위는 20 ms이다. GPRS에서는 이와 동일한 시간 동안 RLC 블록 단위의 데이터를 4개의 연속 TDMA 프레임 상의 타임슬롯을 이용하여 전송한다. PS 네트워크는 서비스 사업자에게 용량 증대 및 좋은 유연성을 제공하므로 VoIP (Voice over IP)는 매력적인 솔루션이다. 하지만 이를 위해서는 네트워크 상의 Latency를 줄이는 기술이 필요하다. GERAN 진화 표준에서는 두 종류의 Latency 개선 기술이 고려 되었다[13]. 즉, RTTI (Reduced Transmission Time Interval) 및 FANR (Fast Ack/Nack Reporting)이다.

RTTI는 두 개의 연속하는 프레임 내에서 동일한 반송파에 두 개의 타임슬롯을 사용하여 10 ms 이내에 정보를 전송하도록 구현할 수 있다. 재전송에 대한 Ack/Nack 정보 전송시 빠른 피드백이 요구되는데, FANR을 위해서 데이터를 전송할 때 piggyback 방식으로 Ack/Nack report 를 전송할 수 있다. <표 2>에서 <표 5>에 도시한 부호율에는 전송하는 데이터에 PAN (Piggyback Ack/Nack) 데이터가 포함된 경우와 포함되지 않는 경우를 보여주고 있다.

IV. 결 론

GSM/EDGE 는 오늘날 가장 널리 사용되고 있는 이동통신 표준일 뿐만 아니라 GSM 네트워크 상에서 높은 스펙트럼 효율 및 다양한 종류의 응용 서비스를 지원할 수 있는 데이터 전송률을 제공하는 효율적이고 채산성이 높은 기술이다. 본고에서는 GSM/EDGE 시스템의 성능 향상을 위해서 3GPP TSG GERAN 에서 진행하는 GERAN 진화 시스템 표준 (Release 7)에 반영되는 물리계층의 패킷전송 기술들을 살펴보았다.

Release 7에 포함되는 다양한 기술의 결합을 통해서 GERAN 진화 시스템은

- 기존의 스펙트럼 상에서 음성 및 데이터 전송 용량을 증가시킴으로써 스펙트럼 효율을 개선하는 기술
- 기존 대비 4배 이상의 데이터 전송률 증가를 통해서 빠르고 양질의 서비스를 전송하는 기술

- 커버리지를 개선하고, GERAN 내에서 뿐만 아니라 GERAN/UTRAN 간의 서비스 연속성을 개선할 수 있는 기술을 제공했다. 따라서 GERAN 진화 시스템은 GPRS/EDGE 에서 3G UMTS/HSPA 그리고 LTE (Long Term Evolution)로의 이동 과정에서 GSM/EDGE 서비스 사업자에게 매력적인 이동 경로를 제공할 것으로 기대된다.



- [1] 3G Americas (<http://www.3gamericas.org/>)
- [2] T. Halonen, J. Romero, and J. Melero, *GSM, GPRS and EDGE Performance*, 2nd Ed, John Wiley & Sons, Ltd., 2003
- [3] P. Stuckmann, *The GSM Evolution - Mobile Packet Data Services*, John Wiley & Sons, 2003
- [4] S. Hamiti, E. Nikula, J. Parantainen, T. Rantalainen, B. Sebire, and G. Sebire, "GSM/EDGE Radio Access Network (GERAN) - Evolution of GSM/EDGE towards 3G Mobile Services," IEEE Int'l Conference on Telecommunications (ICT), June 4-7, 2001
- [5] 3GPP TS 45.001, "GERAN: Physical layer on the radio path - General description," V7.5.0, <http://www.3gpp.org>, September 2007
- [6] 3GPP TS 45.002, "GERAN: Multiplexing and multiple access on the radio path," V7.5.0, <http://www.3gpp.org>, September 2007
- [7] 3GPP TS 45.003, "GERAN: Channel coding," V7.2.0, <http://www.3gpp.org>, September, 2007
- [8] 3GPP TS 43.064, "GERAN: GPRS - Overall description of the GPRS radio interface, Stage 2," V7.6.0, <http://www.3gpp.org>, September 2007
- [9] Rysavy Research, "EDGE, HSPA and LTE -The Mobile Broadband Advantage," 3G Americas, September 2007. (<http://www.3gamericas.org/>)
- [10] 3GPP TR 45.912, "GERAN: Feasibility study for evolved

GERAN," V7.2.0, <http://www.3gpp.org>, March 2007

[11] 3GPP TS 25.212, "RAN: Multiplexing and channel coding (FDD)," V7.6.0, <http://www.3gpp.org>, September 2007

[12] H. Axelsson, P. Bjorken, P. de Bruin, S. Eriksson and H. Persson, "GSM/EDGE continued evolution,"

Ericsson Review, No.1, 2006

[13] P. Chitrapu and B. Aghili, "Evolution of GSM into the Next Generation Wireless World," IEEE Long Island Systems, Applications and Technology (LISAT) Conference, May 4th 2007

약 령



최 중 수

1990년 1992년 1996년 전북대학교 학사, 석사, 박사
 2003년 McMaster Univ, 석사
 2005년 Univ. of Ottawa 박사
 1994년 ~ 1999년 포항 산업과학연구원 (RIST) 선임연구원
 2000년 Univ. of Waterloo 방문연구원
 2005년 ~ 현재 삼성전자 책임연구원
 2007년 ~ 현재 3GPP GERAN 부의장
 관심분야: 무선통신 시스템, 적응신호처리, Computational Intelligence



신 언

2002년 캐나다 알버타 대학교 박사
 2002년 ~ 2005년 캐나다 알버타 대학교 Postdoctoral Fellow
 2005년 ~ 현재 삼성전자 책임연구원
 관심분야: 채널코딩, 이동통신표준



황 승 훈

1992년 연세대학교 학사
 1994년 연세대학교 석사
 1999년 연세대학교 박사
 1999년 ~ 2005년 LG전자 책임연구원
 2003년 ~ 2005년 영국 사우스햄턴대학교 Visiting Research Fellow
 2005년 ~ 현재 동국대학교 교수
 관심분야: 무선 및 이동통신 시스템 및 요소기술, cognitive radio, 밀리미터파통신



이 현 우

1985년 서울대학교 학사
 1989년 서강대학교 MBA
 1994년 한국과학기술원 석사
 2003년 한국과학기술원 박사
 1984년 ~ 현재 삼성전자 수석연구원
 2005년 ~ 현재 3GPP RAN 부의장
 2001년 ~ 2003년 3GPP RAN WG1 부의장
 2004년 WWRF(Wireless World Research Forum) WG4 (new radio interface) 부의장
 2003년 ~ 2006년 TTA PG302(Portable internet Project Group, WiBro) International coordination AH 의장
 2004년 ~ 2007년 Korean NGMC(Next Generation Mobile Comm.) Forum Terminal WG 의장
 관심분야: IMT-2000/OMA/Broadcasting 국제표준화



최 병 조

1990년 한국과학기술원 학사
 1992년 한국과학기술원 석사
 1992년 ~ 2005년 LG전자 책임연구원
 2001년 영국 사우스햄턴대학교 박사
 2001년 ~ 2002년 영국 사우스햄턴대학교 Research Fellow
 2005년 ~ 현재 인천대학교 교수
 관심분야: 무선통신시스템, 임베디드시스템

