GSM Phase 2+
General Packet Radio Service GPRS:
Architecture, Protocols, and Air Interface[1]

Christian Bettstetter, Hans-Jörg Vögel, Jörg Eberspächer
번역 및 정리: 문경귀 (http://www.mfamily.pe.kr)
최근 수정일: 2000 년 8 월 25 일

셀룰러 이동 전화 서비스와 인터넷 서비스 사용자의 급속한 증가는 셀룰러 무선 데이터 서비스라는 새로운 시장의 잠재된 가능성을 잘 보여주고 있다. 앞으로 몇 년 후, 무선 데이터 서비스에 대한 수요는 급격하게 늘어날 것이다. 특히 사용자들은 성능이 뛰어난 무선 인터넷 접속 서비스를 원하고 있다.

기존 셀룰러 데이터 서비스는 많은 사람들의 필요를 충족시켜주지 못하고 있다. 사용자 관점에서 기존 서비스는 낮은 데이터 전송률을 제공하고 있으며, 연결을 맺기까지 많은 절차를 거쳐야 하는 불편함이 있다. 기존 서비스는 데이터 전송을 위해 회선 교환 방식을 사용하기 때문에 기술적인 관점에서도 단점을 가지고 있다. 이 방식은 사용자마다 해당 호(call)가 종료될 때까지 전송을 위한 라디오 채널이 무선 인터페이스(air interface) 단계에서 할당된다. 인터넷과 같이 단속적(burst)으로 데이터가 발생하는 트래픽은 할당된 채널을 항상 사용하지 않기 때문에 자원을 비효율적으로 이용하게 된다. 단속적인 데이터 트래픽을 위해서는 패킷 교환 방식을 이용하는 것이 자원 이용 측면에서 바람직하다. 이 방식에서 채널은 트래픽이 발생했을 때만 할당되고 전송이 끝나면 바로 되돌려지기 때문에 낭비되는 요소가 크게 줄어들게 된다. 이 원리에 따라 다수의 사용자는 하나의 물리적 채널을 공유할 수 있다. 흔히 이를 통계적 다중화(statistical multiplexing)라 부른다.

기존 방식의 문제점을 해결하기 위해, 셀룰러 패킷 데이터 서비스를 위한 두 가지 기술이 제안되었다. 그 하나가 CDPD(Cellular Digital Packet Data)이고 다른 하나가 GPRS(General Packet Radio Service)이다. 이 글에서는 GPRS 만을 다룬다. GPRS 는 원래 GSM 을 위해 고안된 기술이지만, IS-136 에도 채택되었다[1]. 여기서는 GSM 에 적용된 GPRS 를 설명한다.

GPRS 는 GSM 을 위한 새로운 베어러(bearer) 서비스이며, 패킷 데이터 네트웍에 대한 무선 접속을 단순화하고 성능을 개선시킨다. GSM 이동 단말과 패킷 데이터 네트웍 사이에 사용자 데이터를 효과적으로 전송하기 위해 GPRS 는 통계적 다중화 원리를 사용한다. 패킷은 GPRS 이동 단말에서 패킷 교환 네트웍으로 직접 라우팅 된다. 현재 GPRS 는 IP 또는 X.25 를 기반으로 한 네트웍을 지원하고 있다.

사용자들은 GPRS 를 통해 단축된 접속 절차와 높은 데이터 전송률을 얻게 된다. 기존 GSM 서비스는 접속을 설정하기까지 수 초의 시간이 소요되며 전송률도 9.6kbit/s 수준으로 제한되어 있다. 실제 GPRS 서비스는 1 초 정도의 접속 설정 시간과 10kbit/s 부터 ISDN 수

[1] IEEE Communications Survey, vol. 2, no. 3, 1999.

준까지의 전송률(100kbps 이상)을 제공한다.

또한, GPRS 는 기존 회선 교환 방식을 사용한 서비스에 비해 좀 더 사용자에게 유리한 과금(billing) 모델을 지원한다. 회선 교환 서비스는 연결이 유지된 시간을 기준으로 요금을 부과한다. 이러한 과금 모델은 단속적인 트래픽 위주의 응용에는 적절하지 못하다. 응용 사용자는 실제 데이터 전송이 이루어지지 않는 시간에 대해서도 자원 사용에 대한 요금을 내야하기 때문이다. 이에 비해 패킷 교환 서비스는 전송한 데이터 양을 기준으로 요금을 부과한다. 결국 앞서의 응용 사용자는 자신이 사용한 만큼의 요금만을 낼 뿐이다.

정리하면, GPRS 는 라디오 자원 사용 효율을 높이고, 데이터 양에 기준한 과금, 높은 데이터 전송률, 짧은 접속 설정 시간 등의 장점을 제공한다. 그리고 패킷 데이터 네트웍에 대한 접속을 단순화 시킨다.

GPRS 는 지난 5 년간 ETSI(European Telecommunications Standards Institute)에 의해 표준화가 진행 중이다. 많은 GSM 서비스 업체들이 이 표준화에 큰 관심을 보이고 있다. 현재 실무 환경에서 테스트가 진행 중이며, 2000 년 중반에는 많은 지역에서 GPRS 상용화가 이루어질 것으로 기대되고 있다[2][3].

이 글은 셀룰러 네트웍에 대한 기본적인 지식을 가진 독자들을 대상으로 GPRS 에 대한 개론을 설명한다. 참고문헌 [4]는 GSM 시스템에 대해 간략하게 소개하고 있다. 또한 다수의 GSM 관련 서적들이 출판되어있다[5][6][7]. 이 글의 구성은 다음과 같다. 우선 GPRS 시스템 구조를 설명하고 기본적인 기능들에 대해 논의한다. 이어서 제공되는 서비스와 QoS 파라미터들에 관해 설명한다. GPRS 이동 단말이 어떻게 네트웍에 등록하고 네트웍이 어떻게 이동 단말의 위치를 추적하는지에 관한 내용은, 실제 GPRS 에서 패킷이 라우팅 되는 과정을 예로 들어 설명한다. 다음, 물리 계층의 무선 인터페이스를 설명한 뒤, 다중 접속(multiple access), 라디오 자원 관리, 논리적 채널과 논리적 채널의 물리적 채널로의 매핑에 관해 논의한다. GPRS 채널 코딩을 설명한 뒤, GPRS 프로토콜 스택 구조에 대한 내용이 이어진다. 끝으로, GPRS 와 인터넷의 연동에 관한 예를 설명한다.

System Architecture

General GSM Concept

GPRS 시스템 구조를 이해하기 위해, 일반적인 GSM 시스템 개념과 GSM 주소지정(addressing)을 간단히 살펴본다[5].

GSM System Architecture – 그림 1 은 GSM PLMN(Public Land Mobile Network)의 전체 구조와 핵심적인 요소들을 보여주고 있다[5]. MS(Mobile Station)는 GSM 이동 단말을 나타낸다. 한 셀은 하나의 BTS(Base Transceiver Station)가 관리할 수 있는 라디오 영역으로 구별된다. 다수의 BTS 는 하나의 BSC(Base Station Controller)에 의해 제어된다. BTS 와 BSC 를 묶어 BSS(Base Station Subsystem)라 부른다. 각 셀에 포함된 이동 단말들로부터 모아진 트래픽은 MSC(Mobile Switching Center)를 통해 네트웍으로 라우팅 된다. 고정 네트웍(ISDN 과

같은)으로부터 들어오고 나가는 회선은 게이트웨이 역할을 수행하는 GMSC(Gateway MSC)에 의해 처리된다. GSM 네트워은 계층적으로 구성되어 있다. MSC 는 하나의 서비스 영역을 관리하고, 이 관리 영역은 다시 LA(Location Area)로 불리는 영역들로 구성된다. LA 는 다수의 셀 그룹으로 구성되고, 이들 그룹마다 하나의 BSC 가 할당된다.

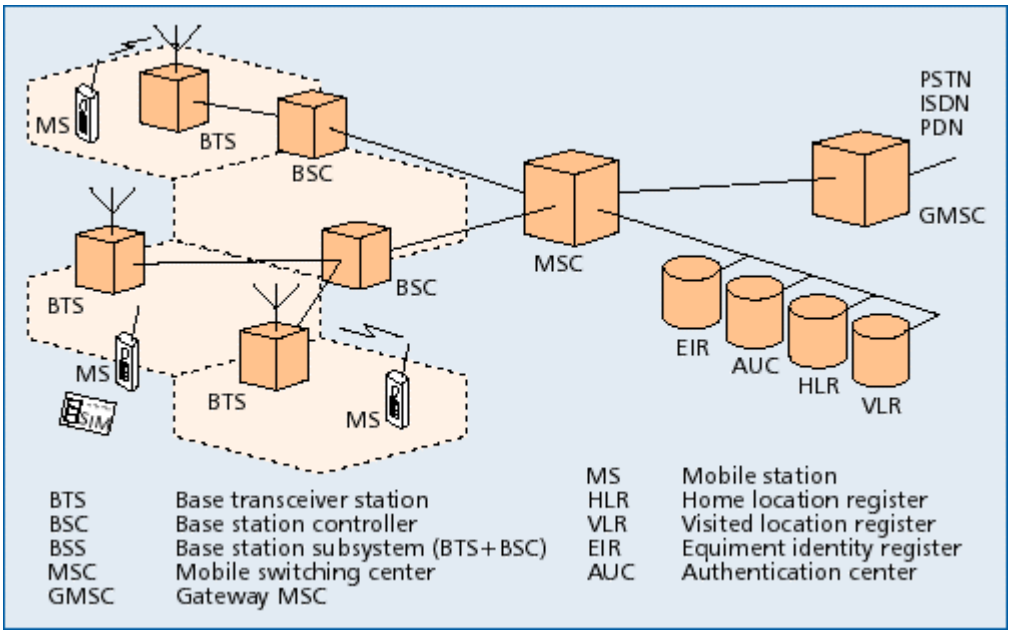

그림 1. GSM 시스템 구조와 주요 구성요소

호 제어와 네트워 관리를 위해 다수의 데이터베이스가 사용된다. HLR(Home Location Register), VLR(Visited Location Register), AUC(Authentication Center), EIR(Equipment Identity Register) 등이 이러한 데이터베이스 이다.

HLR 은 모든 네트워 서비스 가입자(subscriber)들에 대한 영구적인 데이터(예를 들어 사용자 프로파일(profile))와 임시적인 데이터(예를 들어 사용자 현재 위치)를 저장한다. 사용자에게 전화가 걸려오면, 현재 사용자의 위치를 알아내기 위해 제일 먼저 HLR 데이터베이스 내용이 참조된다. VLR 은 다수의 LA 내부에 위치하는 사용자들에 대한 정보를 관리하는 책임을 가지고 있다. 여기에는 좀 더 빠른 서비스 제공을 위해 HLR 로부터 얻어온 정보들도 포함된다. 하지만 VLR 이 자체적으로 할당하고 관리하는 정보들도 있으며, 이동 단말에게 부여되는 임시 ID 가 그러한 예이다. AUC 는 인증과 암호화를 위해 필요한 키 값과 같은 보안과 인증에 관련된 정보를 저장한다. AUC 가 가입자와 관련된 정보를 다룬다면, EIR 은 단말기와 관련된 정보를 다룬다.

GSM Addresses and Identifiers – GSM 은 사용자와 단말을 명시적으로 구분해 별도로 취급한다. 전화 번호, 가입자 ID, 단말 ID 이외에도 다수의 ID 가 정의되어 있다. 이들 ID 는 가입자 이동성 관리(mobility management)와 기타 네트워 구성 요소를 지정하기 위해 필요

하다.

IMEI(International Mobile Equipment Identity)는 국제적으로 단말을 구분하기 위해 사용된다. IMEI는 장비 제조업자에 의해 할당되며, 네트웍 운영자에 의해 EIR에 그 정보가 저장된다.

각 가입자는 IMSI(International Mobile Subscriber Identity)에 의해 국제적으로 구별되고, 이 정보는 SIM(Subscriber Identity Module) 카드에 저장된다(그림 1 참조.) 이동 단말은 합법적인 IMSI를 내장한 SIM 카드가 합법적인 IMEI를 가진 단말에 삽입되었을 때만 정상적으로 이용이 가능하다.

흔히 말하는 이동 전화 번호는 MSISDN(Mobile Subscriber ISDN Number)을 말하며, 이 정보도 SIM 카드에 저장된다. SIM 카드에 따라 다수의 MSISDN을 설정할 수 있다.

VLR은 자신의 관리 영역 내의 이동 단말들을 관리하기 위해 임시적으로 ID를 부여하는데 이를 TMSI(Temporary Mobile Subscriber Identity)라고 한다. 이 TMSI는 VLR이 관리하는 LA 안에서만 유효하며 HLR에게 전달되지 않는다.

GPRS System Architecture

GPRS를 기존 GSM 구조에 통합하기 위해, GSN(GPRS Support Node)으로 명칭 된 새로운 네트웍 구성 요소가 도입되었다[8]. GSN은 이동 단말과 패킷 데이터 네트웍(PDN: Packet Data Network) 사이에서 데이터를 전달하고 라우팅하는 역할을 담당한다. 그림 2는 GPRS 시스템 구조를 보여준다.

SGSN(Serving GPRS Support Node)은 관리 영역 안에 들어있는 이동 단말이 보내는 또는 이동 단말로 향하는 패킷을 전달하는 역할을 담당한다. SGSN이 수행하는 기능에는, 패킷 라우팅 및 전달[2], 이동성 관리(attach, detach, 위치 관리(location management)), 논리적 링크 관리, 그리고 인증 및 과금 등이 포함된다. 관리 영역 안에 들어있는 가입자들에 대한 위치 정보(현재 셀, 현재 VLR), 사용자 프로파일(IMSI, PDN에서 사용하는 주소) 등은 SGSN이 보유한 데이터베이스에 저장된다.

GGSN(Gateway GPRS Support Node)는 GPRS 백본(backbone) 네트웍과 외부[3] 패킷 데이터 네트웍 사이에 위치한다. SGSN으로부터 전달된 패킷은 GGSN을 통해 적절한 PDP(Packet Data Protocol) 형식으로 바뀌어 상대방 패킷 데이터 네트웍으로 보내진다. 역으로 외부 패킷 데이터 네트웍으로부터 전달된 패킷은 그 반대의 과정을 거치게 된다. 여기서 주된 작업은 외부 패킷 데이터 네트웍에서 유효한 PDP 주소와 GSM 네트웍에서 유효한 단말의 주소 사이의 변환 작업이다. GGSN은 외부 패킷 데이터 네트웍으로부터 받은 패킷을 이동 단말에게 전달하기 위해 현재 이동 단말을 관리하는 SGSN을 알아야 한다. 따라서 GGSN이 보유한 데이터베이스는 사용자 프로파일과 함께 사용자의 현재 SGSN 정보를 같이 저장한다. SGSN과 유사하게 GGSN도 인증과 과금 기능을 수행한다.

[2] 라우팅(routing)은 패킷을 특정한 곳으로 배달하는 작업을 의미하며 단순히 보낸다는 의미의 전달(transfer)과는 차이가 있다.
[3] GPRS 네트웍이 아닌 별도의 네트웍이란 의미에서 외부라는 수식어가 사용된다.

일반적으로 SGSN과 GGSN 사이에는 다-대-다(many-to-many) 관계가 성립된다. 하나의 GGSN은 다수의 SGSN과 하나의 패킷 데이터 네트웍 사이의 인터페이스 지점으로 사용될 수 있다. 반대로 하나의 SGSN은 서로 다른 패킷 데이터 네트웍으로 패킷을 보내기 위해 다수의 GGSN을 이용할 수 있다.

그림 2는 ETSI에서 정의한, GSM 네트웍과 GPRS를 위해 추가된 새로운 구성 요소들 사이의, 인터페이스를 보여준다[8].

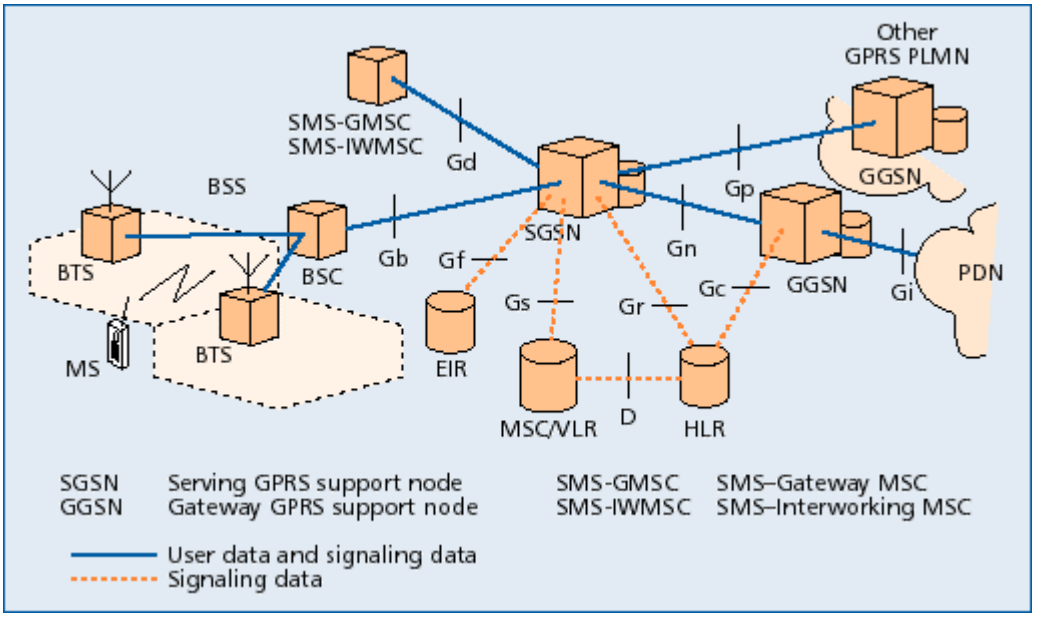

그림 2. GPRS 시스템 구조

Gb 인터페이스는 BSC와 SGSN을 연결한다. 사용자 데이터와 시그널링(signaling) 데이터는 Gn과 Gp 인터페이스를 통해 GSN 사이에 전달된다. 동일 PLMN에 위치하는 SGSN과 GGSN은 Gn 인터페이스를 이용하고, 서로 다른 PLMN에 위치할 경우에는 Gp 인터페이스를 이용한다.

모든 GSN은 IP를 기반으로 한 GPRS 백본에 연결된다[4]. 이 백본 안에서 GSN은 PDN 패킷을 캡슐화(encapsulation)한 뒤 전달한다. 이와 같은 터널링(tunneling) 작업을 위해 GTP(GPRS Tunneling Protocol)이 사용된다. GPRS 백본은 두 가지 종류가 있다.

- 망내(intra) PLMN 백본은 동일 PLMN에 위치하는 GSN들을 연결하며, 네트웍 운영자가 구성한 사설 IP 네트웍이다.
- 망간(inter) PLMN 백본은 서로 다른 PLMN에 위치하는 GSN들을 연결한다. 이 백본이 구성되기 위해서는 GPRS 네트웍 제공자들 사이에 로밍(roaming)을 위한 협조가 이루어져야 한다.

[4] 인터넷을 통해 서로 떨어져 있는 GPRS 네트웍을 연결하기 위해서 이다. 단, 공중망을 사용하기 때문에 사용자 정보 등이 노출될 위험이 있다. 이런 위험을 방지하기 위해 터널링 기법을 사용한다.

그림 3은 두 개의 망내 PLMN 백본이 하나의 망간 PLMN 백본으로 연결된 구성을 보여준다. PLMN과 망간 PLMN 백본 사이에 위치하는 게이트웨이를 보더 게이트웨이(BG: Border Gateway)라고 부른다. 보더 게이트웨이는 인증 받지않은 사용자의 접근으로부터 자신과 연결된 사설 망내 PLMN 백본을 보호하는 역할을 담당한다. 그림에 표시된 라우팅 흐름에 관한 내용은 뒤에 설명한다.

두 SGSN 사이에는 앞서 언급한 Gn과 Gp 인터페이스를 사용한다. SGSN은 이 인터페이스를 통해 사용자 프로파일 정보를 교환한다. 이러한 정보 교환은 이동 단말이 현재 SGSN이 관리하는 영역에서 벗어나 새로운 SGSN의 관리 영역으로 이동한 경우에 발생한다.

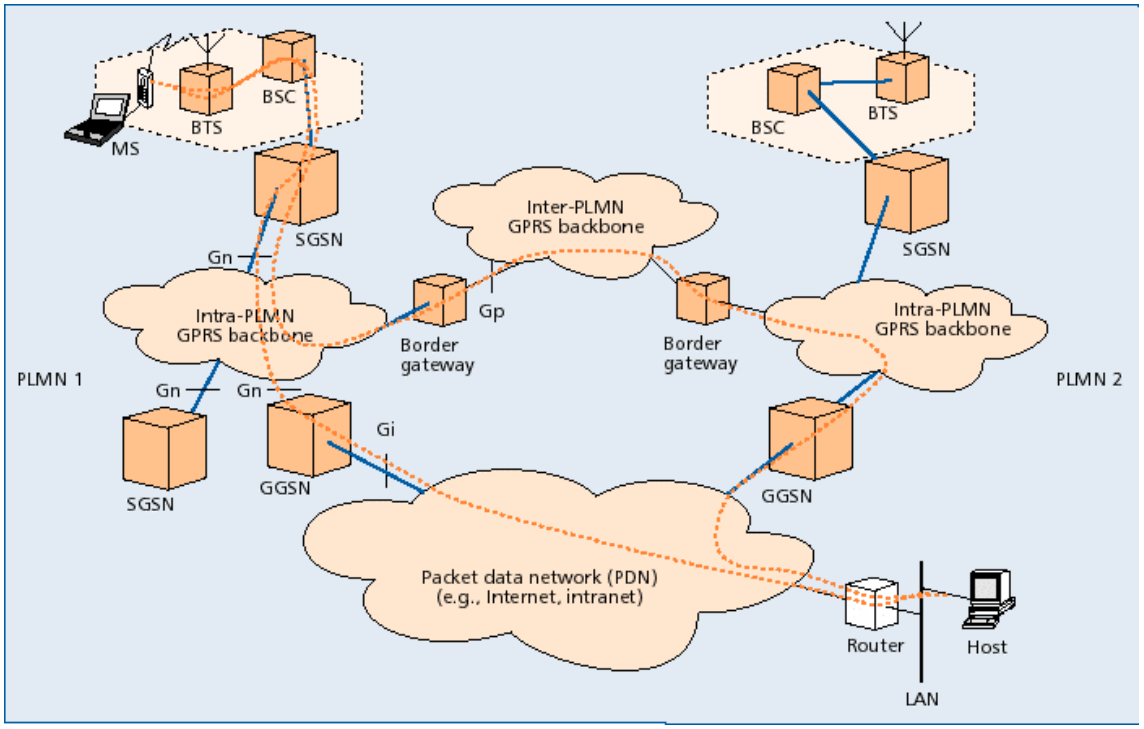

그림 3. GPRS 시스템 구조와 라우팅 예제

이동 단말로부터 네트웍에 등록 요청이 들어오면 이 단말의 IMEI를 참조하기 위해 SGSN은 Gf 인터페이스를 이용한다.

Gi 인터페이스는 PLMN과 공용(예를 들어 인터넷) 또는 사설(예를 들어 회사 인트라넷) PDN을 연결한다. 현재는 IP(IPv4, IPv6)와 X.25에[5] 대한 인터페이스가 지원된다.

HLR은 PLMN 안에 들어있는 각 GPRS 사용자마다, 사용자 프로파일, 현재 SGSN 주소, PDP 주소 등을 저장한다. Gr 인터페이스는 HLR과 SGSN 사이에서 이들 정보를 교환하기 위해 사용된다. 예를 들어, SGSN은 이동 단말의 현재 위치를 HLR에게 알려준다. 그리고 이동 단말이 새로운 SGSN에 등록할 때, HLR은 이 단말에 대한 정보를 SGSN에게 알려준

[5] X.25는 인터넷 이전부터 널리 사용되던 패킷 네트웍이다. 특히 유럽에서는 아직도 이 네트웍이 광범위하게 사용되고 있기 때문에 X.25에 대한 지원이 포함되어 있다.

다. GGSN 과 HLR 사이의 시그널링 경로(Gc 인터페이스로 정의)는 GGSN 이 사용자의 현재 위치와 프로파일 정보를 얻고자 할 때 사용된다.

MSC/VLR 은 기존 GSM 회선 교환 서비스와 GPRS 를 이용한 패킷 교환 서비스 사이에 효과적인 협력을 위해 그 기능을 확장할 수 있다. 예를 들어, 위치 정보 갱신 작업을 하나로 합쳐 처리할 수 있으며, attach 절차도 같은 방식으로 통합해 운영하는 것이 가능하다. 또한, GSM 회선 교환 서비스의 페이징(paging)도 SGSN 을 통해 처리할 수 있다. Gs 인터페이스는 이러한 통합 처리를 위해 SGSN 과 MSC/VLR 사이의 데이터베이스를 연결한다.

GPRS 를 통해 SMS(Short Message Service) 메시지를 교환하기 위해 Gd 인터페이스가 정의되어 있다. 이 인터페이스는 SMS-GMSC 와 SGSN 을 연결한다.

Services

Bearer Services and Supplementary Services

GPRS 베어러 서비스는 패킷 교환 방식으로 데이터를 양단간에 전달해준다. 여기에는 일-대-일(PTP: Point-To-Point) 서비스와 일-대-다(PTM: Point-To-Multipoint) 서비스가 있다. 일-대-다 서비스는 향후 제공될 예정이며, 현재는 일-대-일 서비스만이 지원된다.

PTP 서비스는 두 사용자 사이의 데이터 패킷 전송을 제공해준다[9]. 이 서비스는 비연결 모드(PTP-CLNS: PTP connectionless network service)와 연결 모드(PTP-CONS: PTP connection-oriented network service)를 지원한다. 비연결 모드는 IP 네트웍과 연결할 때 이용되고, 연결 모드는 X.25 네트웍과 연결할 때 이용된다.

PTM 서비스는 한 명의 사용자와 여러 명의 사용자 사이의 데이터 패킷 전송을 제공해준다[10]. 두 가지 종류의 PTM 서비스가 정의되어 있다.

- 멀티캐스트 서비스(PTM-M): IP 멀티캐스트를 지원하기 위한 서비스이다. 그룹 호 서비스와 다른 점은 그룹 구성원 모두가 임의로 패킷을 보낼 수 있다는 점이다.
- 그룹 호 서비스(PTM-G): 그룹 대표자(또는 생성자)는 모든 구성원들에게 패킷을 보낼 수 있지만, 다른 구성원들은 대표자에게만 패킷을 보낼 수 있다. 일종의 마스터 슬레이브(master – slave) 형태로 운영되는 서비스이다.

또한 SMS 메시지를 GPRS 네트웍을 통해 전달할 수 있다. 향후 지원 예정인 부가 서비스에는 CFU(Call Forwarding Unconditional), CFNRc(Call Forwarding on mobile subscriber Not Reachable), CUG(Closed User Group) 등이 있다.

GPRS 서비스 제공업체는 위와 같은 표준화된 서비스 이외의 부가 서비스를 제공할 수 있다. 예를 들어 데이터베이스 접속, 메시징 서비스, 신용카드 조회, 복권, 방범 서비스 등이 있을 수 있다[9].

Quality of Service

이동 단말을 이용한 패킷 데이터 서비스의 QoS 요구사항은 매우 다양하다(이것은 응용 분야가 다양하기 때문이다.) 이 때문에 개별 통신 세션(session)마다 서로 다른 QoS 를 제공할 수 있어야 한다. GPRS 는 몇 가지 파라미터를 이용해 QoS 프로파일을 정의할 수 있도록 제공하고 있다[9].

- 서비스 우선도(service precedence)는 다른 서비스에 대한 우선권을 구별하는 것으로 크게 고, 중, 저(high, normal, low) 세 가지로 구분한다.
- 신뢰도(reliability)는 응용에 요구되는 전송 품질을 기술한다. 신뢰도는 크게 3 단계로 구분되고, 각 단계는 패킷의 손실, 중복, 순서 뒤바뀜, 오류 등을 특정 값 이상으로 보장함을 의미한다(표 1 참조.)
- 지연 파라미터는 평균 지연과 95% 지연(전체 중 95% 전송)에 대한 최대 값을 정의한다(표 2 참조.) 여기서 말하는 지연은 통신 양단의 이동 단말 사이의 전송 시간 또는 이동 단말과 Gi 인터페이스를 통한 외부 패킷 데이터 네트웍 사이의 전송 시간을 말한다. GPRS 네트웍 내부에서 발생하는 모든 지연이 여기에 포함된다. 예를 들어 라디오 자원을 획득하기 위해 소요된 시간 뿐만 아니라 GPRS 백본을 건너는데 소요된 시간도 모두 포함된다. 포함되지 않는 지연은 GPRS 네트웍을 벗어나 외부 네트웍에서 소요되는 시간이다.
- 처리율(throughput)은 최대 전송률과 평균 전송률을 기술한다.

단계	확률			
	손실	중복	순서 뒤바뀜	오류
1	10^{-9}	10^{-9}	10^{-9}	10^{-9}
2	10^{-4}	10^{-5}	10^{-5}	10^{-6}
3	10^{-2}	10^{-5}	10^{-5}	10^{-2}

표 1. 신뢰도 단계

단계	128byte 패킷		1024byte 패킷	
	평균 지연	95% 지연	평균 지연	95% 지연
1	< 0.5s	< 1.5s	< 2s	< 7s
2	< 5s	< 25s	< 15s	< 75s
3	< 50s	< 250s	< 75s	< 375s
4	Best effort	Best effort	Best effort	Best effort

표 2. 지연 단계

위와 같이 몇 단계로 구분된 QoS 파라미터들을 가지고, 이동 단말 사용자와 네트웍 사이에 QoS 프로파일을 협상하는 것이 가능하다. 사용자가 요구하는 수준과 네트웍이 현재 제공해줄 수 있는 자원 양에 따라 협상 결과는 달라진다. 서비스에 대한 과금은 단순히 전송량만을 고려하는 것이 아니라 실제 사용자에게 제공된 QoS 프로파일에 따라서도 차등적으로 계산된다.

Simultaneous Usage of Packet Switched and Circuit Switched Services

기존 회선 교환 서비스(음성, 데이터, SMS)와 GRPS 서비스는 GSM/GPRS 네트웍에서 병행적으로 이용될 수 있다. 이를 고려해 이동 단말을 크게 3가지 종류로 구분한다[9].

- A 급: GPRS 와 기존 GSM 서비스를 동시에 사용 가능한 단말
- B 급: GPRS 와 GSM 서비스 양쪽 모두에 동시에 등록할 수 있지만, 한 순간에는 어느 한 쪽만 서비스 받을 수 있는 단말
- C 급: GPRS 와 GSM 서비스 양쪽 모두에 등록은 가능하지만, 동시에 등록하는 것은 지원되지 않는 단말

Session Management, Mobility Management, and Routing

이 절에서는 이동 단말이 어떻게 GPRS 네트웍에 등록하고, 외부 패킷 데이터 네트웍이 등록된 단말의 존재를 알게 되는지 그 과정을 설명한다. 그리고 패킷이 어떻게 이동 단말로부터 패킷 데이터 네트웍으로 라우팅 되는지, 네트웍이 어떻게 사용자의 현재 위치를 추적하는지에 관한 내용을 설명한다.

Attachment and Detachment Procedure

이동 단말은 GPRS 서비스를 이용하기 전에 GPRS 네트웍 구성원인 SGSN 에 반드시 등록을 해야 한다. 네트웍은 사용자가 올바른 권한을 가졌는지 확인한 뒤, HLR 로부터 사용자 프로파일 정보를 가져와 SGSN 에 복사한다. 그리고 임시적으로 사용자를 구별하기 위해 P-TMSI(Packet Temporary Mobile Subscriber Identity)를 할당한다. 이런 절차를 GRPS attach 라고 부른다. 회선 교환 서비스와 패킷 교환 서비스 모두를 사용하는 단말은 IMSI attach 작업과 GPRS attach 작업을 하나로 합칠 수 있다. GPRS attach 의 반대 절차로 GPRS 네트웍과 연결을 끊는 절차를 GPRS detach 라고 부른다. 이 절차는 이동 단말이 요청하거나, 네트웍(SGSN 또는 HLR)이 요청해 이루어진다.

Session Management, PDP Context

GPRS attach 절차를 성공적으로 마친 뒤, 이동 단말은 PDN(Packet Data Network)에서 사용할 적어도 한 개 이상의 주소를 부여 받아야 한다. 예를 들어 외부 PDN 이 IP 네트웍이

라면 IP 주소를 부여 받아야 한다. 이 주소를 PDP(Packet Data Protocol) 주소라고 부른다. 각 통신 세션마다 PDP 컨텍스트(context)가 생성되며, 세션의 속성을 나타내는 여러 정보가 저장된다. PDP 컨텍스트에 포함되는 정보에는, PDP 타입(예를 들어 IPv4), 이동 단말에 부여된 PDP 주소(예를 들어 129.187.222.10), QoS 프로파일, PDN 에 대한 접속 지점 역할을 하는 GGSN 주소 등이 포함된다. 이 컨텍스트는 이동 단말, SGSN, GGSN 에 저장된다. PDP 컨텍스트가 활성화(activation)되면, 이 때부터 이동 단말은 외부 PDN 에서 접근이 가능해지며 패킷 데이터를 주고 받는 것이 가능해진다. GGSN 은 PDP 주소와 IMSI 주소 사이의 매핑 정보를 사용해 패킷 데이터를 이동 단말과 PDN 사이에 전달한다. PDP 컨텍스트는 통신 세션마다 만들어지기 때문에 한 사용자는 여러 개의 PDP 컨텍스트를 가질 수 있다.

PDP 주소의 할당은 정적으로 또는 동적으로 이루어질 수 있다. 홈 PLMN 네트웍[6] 운영자가 가입자에게 PDP 주소를 영구적으로 부여한다면 이는 정적(static)으로 할당하는 것이다. PDP 주소를 사용자가 PDP 컨텍스트를 활성화할 때 부여하는 것은 동적(dynamic)으로 할당하는 것이다. 여기서 할당을 하는 주체는 홈 PLMN 네트웍 운영자가 될 수도 있고, 현재 가입자가 위치한 PLMN 네트웍 운영자가 될 수도 있다. 이것에 대한 선택은 홈 네트웍 운영자가 결정한다. PDP 주소가 동적으로 할당되는 경우, PDP 주소의 할당 및 활성/비활성 작업은 GGSN 에 의해 이루어진다.

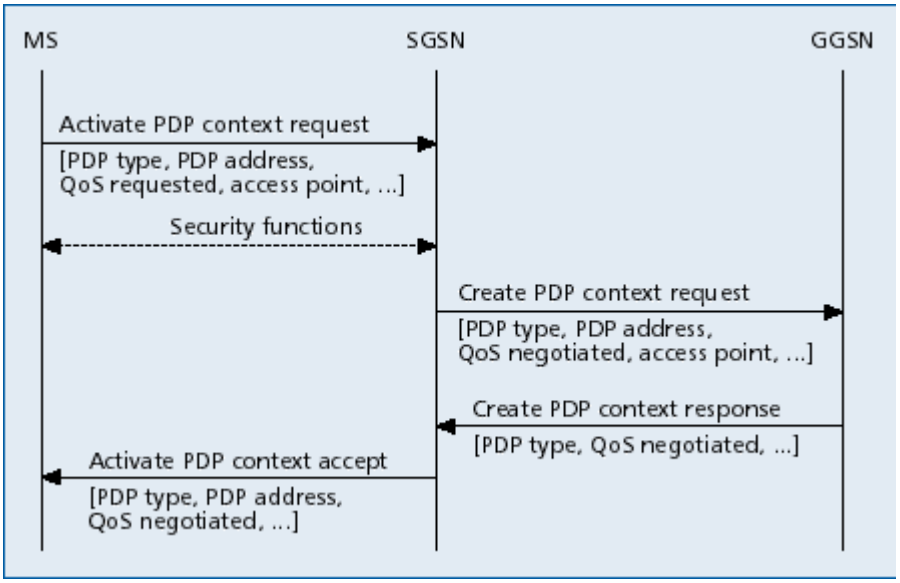

그림 4. PDP 컨텍스트 활성화

그림 4 는 PDP 컨텍스트 활성화 절차를 보여준다. 이동 단말은 "activate PDP context request" 메시지를 사용해 SGSN 에게 자신이 요청하는 PDP 컨텍스트를[7] 전달한다. 만약

[6] 서비스 사용자가 가입 등록을 한 네트웍을 말한다. 사용자 프로파일 원본은 바로 이 홈 네트웍에 저장된다.

[7] 이 컨텍스트에는 사용자가 네트웍으로부터 받기 원하는 QoS 프로파일 정보가 포함되며, 이 프로파일 내용을 토대로 네트웍(주체는 SGSN)과 협상이 이루어진다.

PDP 주소를 동적으로 할당 받는다면 PDP 주소 필드는 비워둔다. 다음 절차는 사용자에 대한 인증 절차이다. 인증 조사가 올바르게 끝나 접속이 허용되면, SGSN은 연관된 GGSN에게 "create PDP context request" 메시지를 전달한다. 이 메시지를 전달 받은 GGSN은 PDP 컨텍스트 테이블에 새로운 엔트리(entry)를 추가한다. 이 엔트리 정보는 GGSN이 SGSN과 외부 PDN 사이에 패킷 데이터를 라우팅할 때 참조된다. GGSN은 메시지에 대한 확답으로 "create PDP context response" 메시지를 SGSN에게 보낸다. 동적으로 PDP 주소를 할당한다면 이 확답 메시지에 부여된 PDP 주소가 포함된다. SGSN은 자신의 PDP 컨텍스트 테이블 정보를 갱신하고 새로운 PDP 컨텍스트가 활성화 되었음을 이동 단말에게 "activate PDP context accept" 메시지를 사용해 알려준다.

GPRS는 무기명(anonymous) PDP 컨텍스트 활성화도 지원한다. 이 경우, 그림 4에서 인증에 관련된 부분은 생략되고, PDP 컨텍스트를 이용하는 사용자가 누구인지 알려지지 않는다. 이런 기능은 사용자가 자신을 노출하기를 꺼려 사전에 미리 그 비용을 지불한 뒤 서비스를 이용할 때 유용하다. 물론 PDP 주소는 동적으로만 할당된다.

Routing

그림 3은 패킷이 어떻게 GPRS 안에서 라우팅 되는지를 보여준다. 여기서 패킷 데이터 네트웍은 IP 네트웍으로 가정한다. PLMN1에 있는 GPRS 이동단말은 IP 네트웍에 연결된 호스트에게 패킷을 보낸다. 이동 단말이 등록한 SGSN은 이동 단말로부터 받은 패킷을 캡슐화 한 뒤, PDP 컨텍스트를 참조해 해당되는 GGSN에게 전달한다. GGSN은 캡슐화 된 패킷으로부터 원래의 패킷을 꺼낸 뒤, IP 네트웍으로 패킷을 보낸다. IP 네트웍으로 보내진 패킷은 정상적인 IP 패킷 처리 절차에 따라 다수의 라우터를 거쳐 목적지 호스트에게 전달된다.

이동 단말의 홈 PLMN이 PLMN2라고 가정하자. 이동 단말에게 부여되는 IP 주소는 PLMN2에 있는 GGSN로부터 할당된다. 이것은 이동 단말의 IP 주소가 GGSN이 위치하는 네트웍과 동일한 prefix를 가짐을 의미한다. 인터넷 호스트가 이동 단말에게 패킷을 보낸다고 가정하자. 이 패킷은 IP 네트웍을 거쳐 PLMN2로 들어와 GGSN에게 전달된다. GGSN은 HLR을 참조해 이동 단말이 현재 PLMN1에 있음을 알아낸다. GGSN은 받은 패킷을 캡슐화 한 뒤 PLMN1에 있는 해당 SGSN에게 패킷을 보낸다. SGSN은 캡슐화 된 패킷으로부터 원래 패킷을 꺼낸 뒤 자신의 관리 영역 안에 있는 이동 단말에게 패킷을 전달한다.

Location Management

위치 관리의 핵심 작업은 사용자의 현재 위치를 추적하는 것이다. 이를 위해 이동 단말은 주기적으로 위치 갱신 메시지를 현재 지역을 관리하는 SGSN에게 보낸다. 이동 단말이 갱신 작업을 빈번히 하지 않는다면, 이동 단말의 현재 위치를 정확히 알 수 없게 되므로 페이징 작업을 수행해야 한다. 페이징 작업은 다운링크(downlink) 채널로 패킷이 전달될 때 마다

이루어져야 하므로 결국 패킷 전달 지연이 커지게 된다. 반대로 이동 단말이 갱신 작업을 매우 빈번하게 수행한다면, 네트웍은 이동 단말의 현재 위치를 정확하게 알 수 있으며 페이징 작업을 하지 않고도 패킷을 바로 이동 단말에게 전달할 수 있게 된다. 하지만 이런 이동성 관리 기법은 업링크(uplink) 라디오 채널 용량과 단말의 전력을 많이 소모하게 한다. 따라서 효과적인 이동성 관리 정책은 서로 반대인 두 기법 사이에서 절충점을 찾아야 한다.

그림 5는 GPRS 에서 위치 관리를 위해 정의된 상태 전이도를 보여준다[11]. 이동 단말은 현재 트래픽 양에 따라 세 가지 상태 중 어느 하나에 있게 된다. 그리고 위치 갱신 주기는 이 상태에 의해 결정된다.

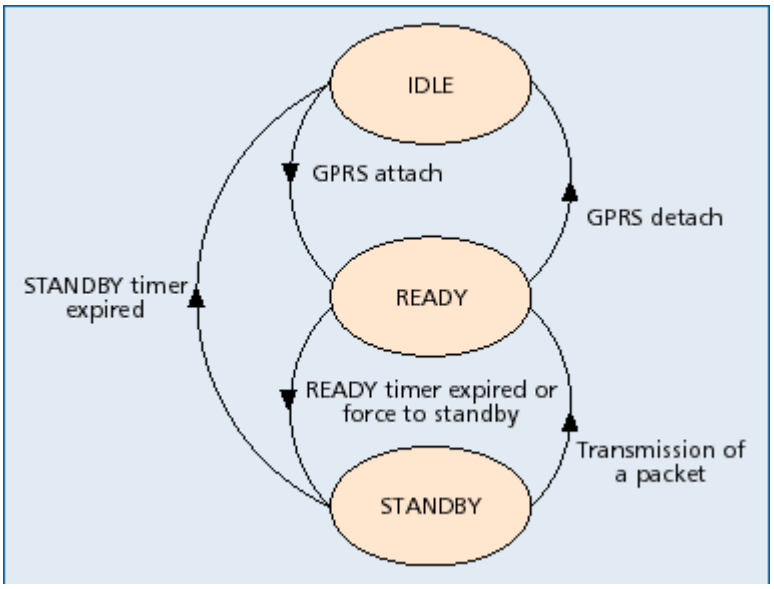

그림 5. GPRS 이동 단말의 상태 전이도

IDLE 상태는 이동 단말이 네트웍에 연결되지 않은 상태이다. GPRS attach 작업을 통해 네트웍에 접속되면, 이동 단말은 READY 상태에 들어간다. GPRS detach 작업을 통해 네트웍과 연결이 끊어지면 다시 IDLE 상태로 돌아간다. 일정한 긴 시간 동안 이동 단말이 패킷을 보내지 않는다면 단말은 STANDBY 상태에 들어간다. 이것은 GRPS attach 작업 완료 후 시작된 READY 타이머가 만료하면 이루어진다.

IDLE 상태에서 위치 갱신은 이루어지지 않으며, 이동 단말의 현재 위치는 네트웍에 알려지지 않는다. READY 상태에 들어간 이동 단말은 새로운 셀로 이동할 때 마다 SGSN에게 자신의 위치를 갱신한다. STANDBY 상태에 있는 이동 단말의 위치 관리를 위해, GSM 의 LA(Location Area)는 다수의 RA(Routing Area)로 나뉘어진다.[8] 보통 하나의 RA 는 다수의 셀

[8] LA 보다 작은 단위인 RA 의 경계를 넘을 때마다 위치 갱신을 하는 것은 이동 단말에게 오버헤드가 되지만, 패킷 서비스는 일단 접속이 된 뒤에는 세션이 계속 유지되기 때문에 잦은 페이징으로 전송 지연이 발생하는 것을 막기 위해 좀 더 자주 단말로 하여금 위치 갱신을 하도록 하는 것이다.

로 이루어진다. STANDBY 상태에 있는 이동 단말은 새로운 RA 로 이동할 때만 위치 갱신을 수행한다. 따라서 셀 이동에 관한 내용은 보고되지 않는다. 이동 단말이 현재 어느 셀에 위치하는지를 알기 위해서는 RA 내부로 페이징을 해야 한다(그림 9 참조.) 반면 READY 상태에 있는 이동 단말에 대해서는 페이징이 불필요하다.

이동 단말은 새로운 RA 로 이동할 때, 지정된 SGSN 에게 "routing area update request" 메시지를 보낸다(그림 6 참조.) 이 메시지는 이전 RA 에 대한 ID(RAI: Routing Area Identity)를 포함한다. SGSN 은 BSS 가 셀마다 부여하는 CI(Cell Identifier)로부터 RAI 를 유도해낸다. 두 가지 서로 다른 시나리오가 있을 수 있다.

- Intra-SGSN RA 갱신(그림 6): 이동 단말이 새로운 RA 로 이동했지만 동일한 SGSN 이 관리하고 있다. 이 경우 SGSN 은 이미 사용자 프로파일 정보를 가지고 있으며, 새로운 P-TMSI 를 담은 메시지("routing area update accept")를 이동 단말에게 전달할 수 있다. 라우팅 컨텍스트는 변화가 없기 때문에 GGSN 또는 HLR 등의 다른 네트웍 구성원에게 알릴 필요는 없다.
- Inter-SGSN RA 갱신: 이동 단말이 새로운 RA 로 이동하였고, 이 RA 를 관리하는 SGSN 도 바뀌었다. 새로운 SGSN 은 이동 단말이 자신의 관리 영역으로 들어오면, 이전 SGSN 에게 사용자의 PDP 컨텍스트를 보내줄 것을 요청한다. 새로운 SGSN 은 관련된 GGSN 에게 사용자의 라우팅 컨텍스트가 변경되었음을 알려준다. 필요하다면 HLR 과 MSC/VLR 에게도 자신이 사용자를 관리하는 새로운 SGSN 임을 알려준다.

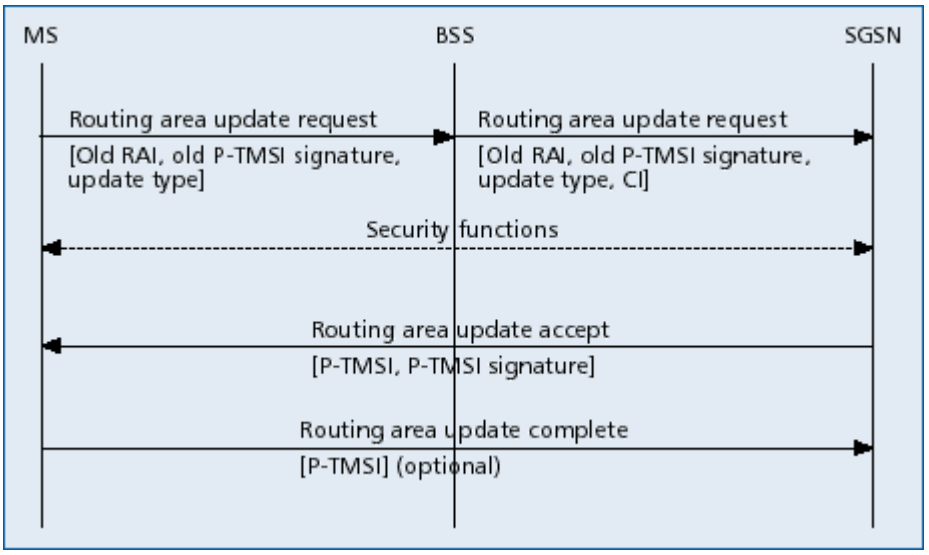

그림 6. Intra-SGSN Routing Area 갱신

LA 갱신과 RA 갱신이 하나로 합쳐 이루어질 수 있다. 이것은 GPRS 서비스와 GSM 서비스를 동시에 사용하고 있는 이동 단말이 새로운 LA 로 이동한 경우에 발생한다. 이동 단말은 SGSN 에게 "routing area update request" 메시지를 보낸다. 이 메시지에 갱신 타입을 설정해 LA 갱신도 같이 필요함을 SGSN 에게 알려준다. SGSN 은 이 메시지를 LA 갱신을 관

리하는 VLR 에게 전달한다.

정리하면, GPRS 의 이동성 관리는 두 단계로 구성된다. 마이크로(micro) 이동성 관리는 이동 단말이 위치하는 현재 RA 와 셀을 추적하는 것이다. 이 관리는 SGSN 이 담당한다. 매크로(macro) 이동성 관리는 이동 단말의 현재 SGSN 을 추적하고 이 정보를 HLR, VLR, GGSN 등에 저장하는 것이다.

Air Interface – Physical Layer

Multiple Access and Radio Resource Management Principles

GSM 은 다중 접속(multiple access)을 위해 물리 계층에서 FDMA 와 TDMA 를 혼합한 방식을 사용한다. 그림 7 에서 볼 수 있듯이, GSM 은 45MHz 간격으로 분리된 두 개의 주파수 대역을 사용한다. 890 ~ 915MHz 대역은 이동 단말의 송신대역으로 업링크 라고 불린다. 935 ~ 960MHz 대역은 BSS 송신대역으로 다운링크 라고 불린다. 25MHz 범위의 이 두 대역은 각각 124 개의 200KHz 폭의 단일 전송(carrier) 채널들로 나뉘어 사용된다. 채널 중 일부는 셀 할당 작업을 위해 BTS 에게 예약되어 있다[5].

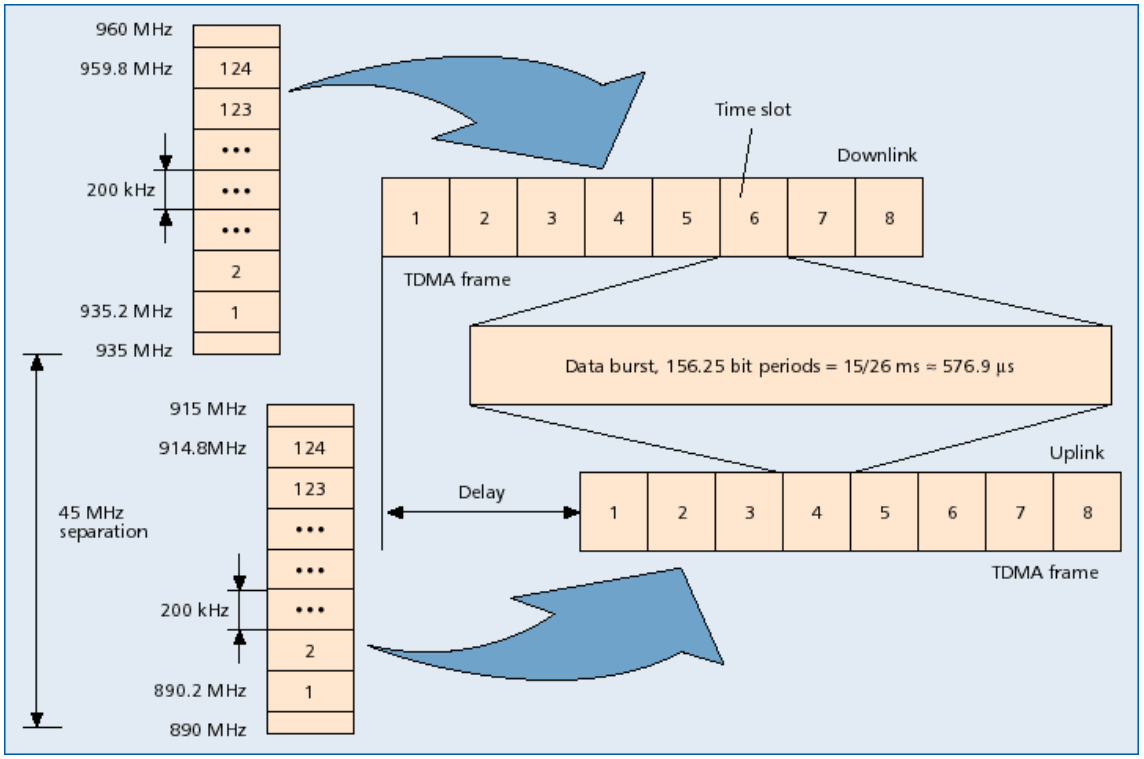

그림 7. GSM 전송 주파수, 이중화(duplexing), TDMA 프레임

각 200KHz 주파수 대역은 8 개의 타임 슬롯(time slot)으로 구분된 TDMA 채널을 전송한다. 8 개의 타임 슬롯은 하나의 TDMA 프레임을 구성한다. 각 타임 슬롯은 15/26ms =

576.9us 동안 유지되며, 따라서 한 TDMA 프레임은 4.613ms 이다. 물리적 채널은 매 프레임마다 반복적으로 사용되는 하나의 타임 슬롯으로 정의된다. GSM 이동 단말은 업링크와 다운링크에서 동일한 타임 슬롯을 사용한다.

GPRS 의 채널 할당은 GSM 과 차이가 있다. GPRS 은 한 이동 단말이 동일한 TDMA 프레임에서 여러 개의 타임 슬롯을 사용할 수 있도록 허용하고 있다. 이는 채널 할당이 매우 유연하게 이루어질 수 있게 해주며, 한 이동 단말에게 최소 1 개에서 최대 8 개까지의 타임 슬롯 할당이 가능해진다. 또한, GSM 과 달리 업링크와 다운링크의 할당을 다르게 설정하는 것도 허용한다. 이것은 비동기적인 트래픽 환경(예를 들어 업링크 트래픽보다 다운링크 트래픽 양이 더 많은 웹 브라우징)을 효과적으로 지원할 수 있게 한다.

기존 GSM 에서 채널이 특정 사용자에게 할당되면 통신이 끝날 때까지 할당이 유지된다. 이에 비해, GPRS 에서 채널은 데이터를 보내고자 할 때만 할당되고 전송이 끝나면 되돌려진다. 이 방식은 단속적인 트래픽에 대해 부족한 라디오 자원을 효과적으로 이용할 수 있게 한다. 이 원리에 따라 하나의 물리적 채널을 다수의 사용자들이 공유할 수 있다.

GPRS 를 지원하는 셀에는 GPRS 트래픽을 위한 물리적 채널들이 예약되어 있다. 이런 물리적 채널은 PDCH(Packet Data Channel)이라 부른다. PDCH 는 셀에서 사용 가능한 공통 채널들로부터 얻어진다. 따라서 라디오 자원은 GPRS 단말뿐 아니라 GPRS 를 지원하지 않는 단말들 모두가 공유할 수 있다. 패킷 교환 서비스 또는 회선 교환 서비스에 대한 물리적 채널 자원 할당은 동적으로 이루어진다. 동적 할당은 현재 트래픽 부하, 서비스 우선 순위 등을 고려해 이루어지며 사용자 요구에 따른 할당 원칙이 적용된다[12]. PDCH 에 의한 트래픽 부하량은 수시로 점검된다. 현재 요청에 따라 PDCH 채널의 수는 변할 수 있다. GSM 서비스가 사용하지 않는 물리적인 채널들을 PDCH 로 사용하게 되면 GPRS 서비스에 대한 QoS 를 향상시킬 수 있다. 만약 우선 순위가 높은 서비스로부터 요청이 있다면, PDCH 할당은 되돌려질 수 있다.

Logical Channels in GPRS

다양한 기능 수행을 위해 사용되는 논리적 채널들은 앞서 소개된 물리적인 채널 위에 정의된다. 여기에는 시그널링, 시스템 정보 방송, 동기화(synchronization), 채널 할당, 페이징 등이 포함된다.

표 3 은 GPRS 에서 패킷 데이터를 위해 정의된 논리적 채널들의 목록이다[12]. 기존 GSM 서비스와 마찬가지로, 이들은 크게 트래픽 채널과 시그널링(제어) 채널로 분류된다.

PDTCH(Packet Data Traffic Channel)는 사용자 데이터를 전송하기 위해 사용된다. PDTCH 는 하나의 이동 단말에게 할당된다. 이동 단말은 동시에 여러 개의 PDTCH 를 사용할 수 있다.

PBCCH(Packet Broadcast Control Channel)은 BSS 로부터 이동 단말들에게 일-대-다 형태로 전달되는 단방향 시그널링 채널이다. BSS 는 이 채널을 통해 GPRS 네트웍 구성에 대한 정보를 셀 내부의 이동 단말들에게 전달한다. GPRS 에 대한 시스템 정보 이외에 회선 교환

서비스에 관한 정보도 이 채널로 전달되기 때문에, GPRS/GSM 모두를 지원하는 단말은 별도로 BCCH(Broadcast Control Channel)를 듣지 않아도 된다.

그룹	채널	기능	방향
Packet data traffic channel	PDTCH	Data traffic	MS ↔ BSS
Packet broadcast control channel	PBCCH	Broadcast control	MS ← BSS
Packet common control channel	PRACH PAGCH PPCH PNCH	Random access Access grant Paging Notification	MS → BSS MS ← BSS MS ← BSS MS ← BSS
Packet dedicated control channel	PACCH PTCCH	Associated control Timing advance control	MS ↔ BSS MS ↔ BSS

표 3. GPRS 논리적 채널

PCCCH(Packet Common Control Channel)는 네트웍 접속 관리에 필요한 시그널링 정보를 일-대-다 형태로 전달하는 양방향 시그널링 채널이다. 이 채널은 4 개의 서브 채널로 나뉜다.

- PRACH(Packet Random Access Channel)은 이동 단말이 한 개 이상의 PDTCH 를 요구하고자 할 때 사용된다.
- PAGCH(Packet Access Grant Channel)은 이동 단말에게 한 개 이상의 PDTCH 를 할당할 때 사용된다.
- PPCH(Packet Paging Channel)은 BSS 가 다운링크 전송을 하기 전에 이동 단말의 위치를 파악하기 위해 사용된다.
- PNCH(Packet Notification Channel)은 이동 단말에게 PTM 메시지(멀티캐스트 또는 그룹 호출)가 도착했음을 알리기 위해 사용된다.

제어 전용 채널은 양방향 일-대-일 시그널링 채널이다. 이 채널은 PACCH 와 PTCCH 를 포함한다.

- PACCH(Packet Associated Control Channel)은 이동 단말에게 할당되는 PDTCH 와 함께 항상 할당되는 채널이다. 이 채널은 개별 이동 단말과 관련된 시그널링 정보(예를 들어 전력 제어 정보)를 전달하기 위해 사용된다.
- PTCCH(Packet Timing Advance Control Channel)은 프레임 동기화를 위해 사용된다.

회선 교환을 위한 논리적 채널과 패킷 교환을 위한 논리적 채널을 조화롭게 활용하는 것이 중요하다. 이동 단말은 셀에서 PCCCH 를 사용할 수 없으면 대신 GSM 의 CCCH (Common Control Channel)를 이용할 수 있다. 같은 형태로 PBCCH 가 사용될 수 없으면 BCCH(Broadcast Control Channel)를 통해 라디오 네트웍에 대한 정보를 얻을 수 있다.

그림 8 은 업링크 채널 할당 과정을 보여준다[12]. 이동 단말은 PRACH 또는 RACH 를 통해 라디오 자원을 요청한다. 네트웍은 PAGCH 또는 AGCH 를 통해 이동 단말이 사용할 PDCH 를 알려준다. 이동 단말은 현재 사용할 수 있는 업링크 채널이 있는지 USF(Uplink

State Flag) 상태를 보고 알 수 있다. 이 USF 는 다운링크를 통해 전달된다. 그림 9 는 이동 단말에 대한 페이징 절차를 보여준다[12].

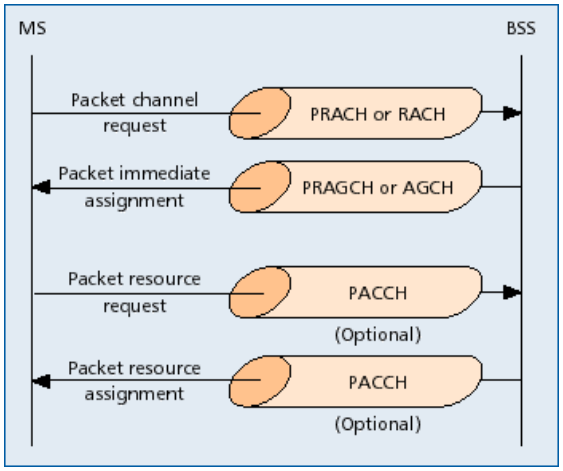

그림 8. 업링크 채널 할당 과정

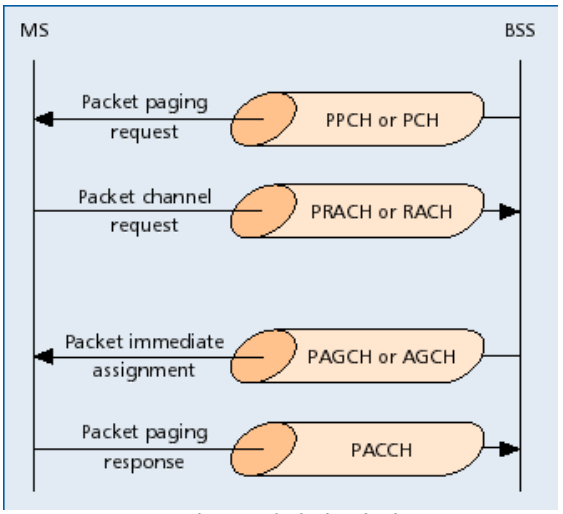

그림 9. 페이징 과정

Mapping of Packet Data Logical Channels onto Physical Channels

논리적 채널을 물리적 채널 위로 매핑 시키는 것에는 두 가지 구성요소가 있다; 주파수 영역 내에서 매핑과 시간 영역 내에서 매핑이다. 주파수 영역 내에서는 TDMA 프레임 번호와 BTS 와 이동 단말에게 할당된 전송 주파수를 기준으로 한다. 시간 영역 내에서는 TDMA 프레임 위에 구성된 다중 프레임 구조의 정의를 기준으로 한다. 52 개의 TDMA 프레임으로 구성된 PDCH 다중 프레임 구조는 그림 10 과 같다[13]. 4 개의 연속적인 TDMA 프레임이 한 블록을 구성한다(결국 전체적으로 12 개의 블록이 있다. B0 ~ B11) 2 개의 프레임은 PTCCH 를 위해 예약되어 있고, 나머지 2 개는 유휴(idle) 프레임이다.

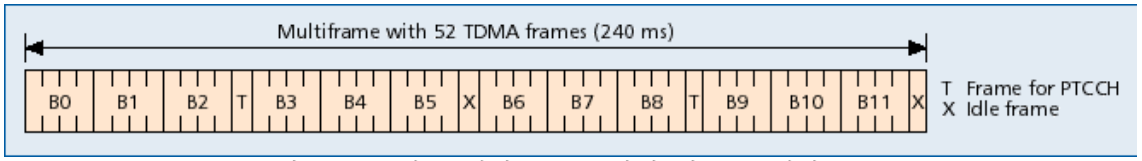

그림 10. 52 개 프레임으로 구성된 다중 프레임 구조

논리적 채널은 B0 ~ B11 까지의 블록마다 다르게 대응되며, 이것은 PBCCH 를 통해 방송되는 파라미터에 의해 제어된다. 논리적 채널이 어떤 타임 슬롯을 사용하는지는 참고 문헌 [13]에 정의되어 있다.

모든 GPRS 논리적 채널이 사용하는 52 폭 다중 프레임 구조이외에, 51 폭 다중 프레임 구조도 정의되어 있다. 이 구조는 PCCCH 와 PBCCH 만을 옮겨 나르는 PDCH 를 위해 사용된다.

Channel Coding[9]

채널 코딩은 데이터 전송 중에 발생하는 오류를 막기 위해 사용한다. GPRS 에서 사용하는 채널 코딩 기법은 GSM 에서 사용하는 것과 매우 유사하다. 외향(outer) 블록 코딩, 내향(inner) 콘볼루션(convolutional) 코딩, 인터리빙(interleaving) 기법이 사용된다.

4 개의 서로 다른 코딩 기법이 정의되어 있다[14]. 표 4 는 이들에 대한 파라미터들을 보여준다.

Coding scheme	Precod. USF	Infobits without USF	Parity bits BC	Tail bits	Output conv. encoder	Punct. bits	Code rate	Data rate kbits/s
CS-1	3	181	40	4	456	0	1/2	9.05
CS-2	6	268	16	4	588	132	~ 2/3	13.4
CS-3	6	312	16	4	676	220	~ 3/4	15.6
CS-4	12	428	16	-	456	-	1	21.4

표 4. GPRS 논리적 채널을 위한 채널 코딩 기법

채널의 품질에 따라 4 개의 코딩 방식 중 하나가 선택된다. 상태가 매우 좋지 못한 채널에서는, CS-1 을 사용해 GSM 타임 슬롯 당 9.05kbit/s 정도의 전송률을 얻는다. 전송률은 낮지만 높은 신뢰성을 제공한다. 채널 상태가 좋은 경우에는, 콘볼루션 코딩 없이 데이터를 전송하며 이때 얻어지는 전송률은 타임 슬롯 당 21.4kbit/s 정도이다. 8 개의 타임 슬롯을 모두 사용한다면 최대 171.2kbit/s 정도의 전송률을 얻는다. 실제로는 다수의 사용자가 타임 슬롯을 공유하기 때문에 개별 사용자들은 이보다는 낮은 전송률을 얻게 된다. 예를 들어, 3 명의 사용자가 타임 슬롯을 공유하고 CS-3 방식이 사용된다면, 사용자 당 40kbit/s 정도의 전송률을 가지게 된다. 시그널링 채널은 높은 신뢰도가 필요하므로 CS-1 방식이 사용된다.

코딩을 마친 후, 코드워드(codeword)는 블록 인터리빙 작업을 거쳐 송신된다. 수신측에서는 인터리빙 작업에 대한 역 과정을 수행한 후, Viterbi 알고리즘을 사용해 원래의 데이터를 복원해 낸다[15].

Protocol Architecture

Transmission Plane

그림 13 은 GPRS 전송 규격의 프로토콜 구조를 보여주고 있다. 여기에는 사용자 데이터

[9] 채널 코딩에 관해 원문에는 예를 가지고 좀 더 자세히 설명하고 있다. 이 부분은 채널 코딩에 관련된 용어들에 대한 이해가 있어야만 이해할 수 있다. 매끄럽게 번역이 되지 않아 부득이하게 일부를 번역에서 제외하였다. 필요한 독자는 원문을 참고하기 바란다.

전송과 흐름 제어(flow control), 오류 검출(error detection), 오류 정정(error correction) 등과 같은 전송과 관련된 시그널링이 포함된다.

GPRS Backbone: SGSN – GGSN – 앞서 설명했듯이 사용자 데이터 패킷은 캡슐화 된 뒤 GPRS 백본 네트워을 통과한다. GTP(GPRS Tunneling Protocol)는 사용자 데이터와 시그널링 정보를 GSN 사이로 터널링 한다[16]. 동일한 PLMN 안에 있는 GSN 사이의 프로토콜(Gn 인터페이스)과 서로 다른 PLMN 안에 있는 GSN 사이의 프로토콜(Gp 인터페이스)이 정의되어 있다. 전송 규격에서, GTP 는 사용자 데이터 패킷을 전송하기 위해 터널 기법을 사용한다. 시그널링 규격에서, GTP 는 터널 제어와 관리 규칙들을 정의한다. 여기 사용되는 시그널링은 터널 생성, 수정, 삭제와 관련된 것들이다.

GTP 패킷은 사용자의 IP 또는 X.25 패킷을 옮겨 나른다. GTP 는 패킷을 전송하기 위해 표준 프로토콜인 TCP 또는 UDP 를 사용한다. X.25 는 신뢰성 있는 링크를 가정하고 있기 때문에 TCP 를 사용한다.[10] IP 와 같이 네트워 계층에서 신뢰성을 가정하지 않는 네트워에서는 UDP 를 이용해 전달한다. IP 네트워 아래에는 다시 ISDN, ATM 등이 전송 계층으로 사용될 수 있다.

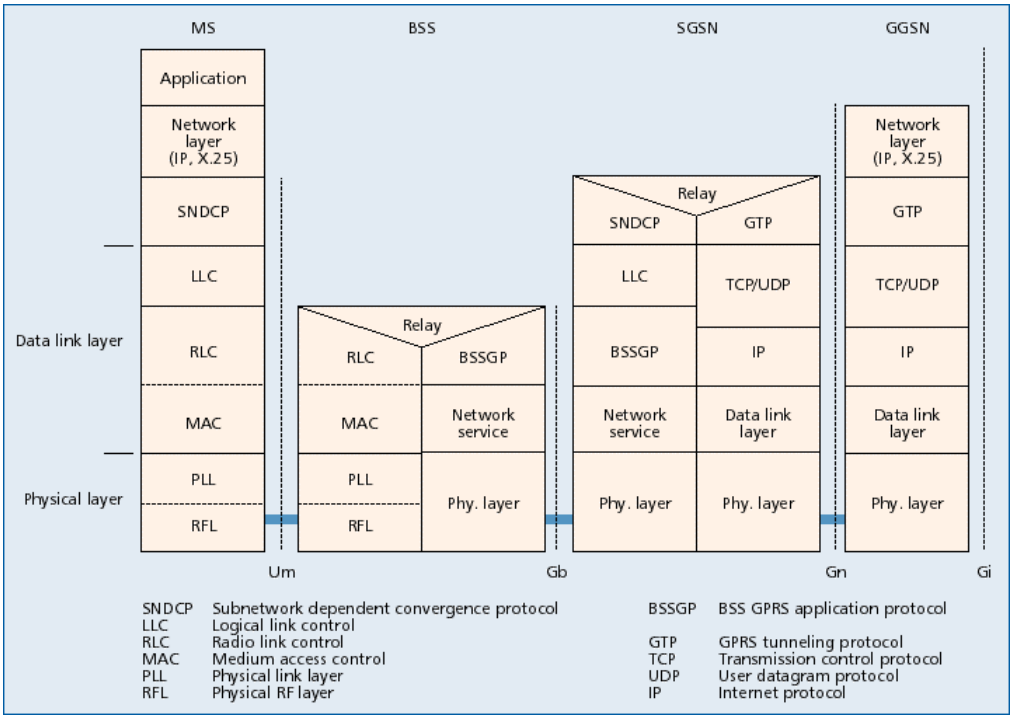

그림 13. GPRS 전송 규격

정리하면, GPRS 백본에서 전송을 위한 프로토콜 스택은 IP/X.25 over GTP over UDP/TCP over IP 구조를 가진다.

[10] X.25 는 가상 회선 교환(virtual circuit switching) 방식을 사용하는 프로토콜이며, 통신을 하기 전에 먼저 가상 회선을 설정하는 작업을 수행한다.

SNDCP(Sub-network Dependent Convergence Protocol)[11] – SNDCP 는 SGSN 과 이동 단말 사이에 데이터 패킷을 전달하기 위해 사용된다[17]. 이 프로토콜의 기능은,

- 네트웍 계층에서 만들어진 다수의 연결들을 하위 LLC 계층에서 제공하는 하나의 가상 논리적 링크 위로 다중화 시킨다.
- 사용자 데이터 및 중복된 헤더 정보를 압축하고 복원한다.

Air Interface – 무선 인터페이스 Um 을 이루는 데이터 링크 계층과 물리 계층에 관해 설명한다.

데이터 링크 계층: 이동 노드와 라디오 네트웍 사이에 위치하는 데이터 링크 계층은 2 개의 서브 계층으로 구성된다; LLC 계층(이동 노드와 SGSN 사이)과 RLC/MAC 계층(이동 노드와 BSS 사이)이다.

LLC 계층은 이동 노드와 SGSN 사이에 매우 신뢰할 수 있는 논리적 링크를 제공한다[18]. 많은 부분이 HDLC 프로토콜의 기능을 기반으로 하고 있다. 여기에는 흐름 제어, 오류 검출 및 정정, 재전송(ARQ: Automatic Repeat Request) 등이 포함된다. 데이터에 대한 보안은 암호화 기능을 통해 이루어진다. 가변 길이의 프레임 구성도 가능하다. 확답을 받는 전송(acknowledged transmission)과 받지 않는 전송(unacknowledged transmission) 양쪽 모두를 지원한다. 이 프로토콜은 GSM 에서 사용된 LAPDm 을 응용하였다[5].

RLC/MAC 계층은 두 가지 기능을 가지고 있다. RLC(Radio Link Control)의 주된 기능은 이동 단말과 BSS 사이에 신뢰할 수 있는 논리적 링크를 제공하는 것이다. 여기에는 LLC 프레임을 RLC 데이터 블록으로 분할하고 나중에 결합하는 기능과 오류 정정이 불가능한 데이터의 재전송 기능 등이 있다. MAC(Medium Access Control)은 여러 개의 이동 단말이 공유하는 라디오 자원에 대한 획득을 제어한다. 여기에는 경쟁을 풀기위한 알고리즘과 사전에 협상된 QoS 에 따른 스케줄링(scheduling) 기능 등이 포함된다. GPRS MAC 프로토콜은 경쟁해결(contention resolution)을 위해 slotted ALOHA 방식을 사용한다[20]. RLC/MAC 계층은 확답을 받는 전송과 받지 않는 전송 양쪽 모두를 지원한다.

물리 계층: 이동 단말과 BSS 사이에 위치하는 물리 계층은 2 개의 서브 계층으로 구성된다; PLL(Physical Link Layer) 계층과 RFL(physical RF Layer) 계층이다.

PLL 은 이동 단말과 BSS 사이에 물리적 채널을 제공한다. 여기에는 채널 코딩, 인터리빙, 그리고 링크 혼잡상태 검사 등이 포함된다.

RFL 은 PLL 아래에 위치하며, 주된 기능은 변조와 복조이다.

[11] 이동 단말과 SGSN 사이에는 무선 구간이 존재한다. 무선 구간은 패킷 오류 또는 손실이 발생할 확률이 높기 때문에 원래의 패킷을 적절하게 나누고 압축하는 것이 필요하다. SNDCP 는 이를 위해 사용된다.

BSS – SGSN 인터페이스 – BSSGP(BSS GPRS Application Protocol)은[12] BSS 와 SGSN 사이에 라우팅과 QoS 관련 정보를 전달한다. 하부 네트웍 서비스 계층 프로토콜은 프레임 릴레이(Frame Relay)를 사용한다.

Signaling Plane

시그널링 규격의 구조는 전송 규격의 기능을 제어하고 지원하기 위한 프로토콜들로 이루어져 있다[11]. 예를 들어 GPRS attach/detach, PDP 컨텍스트 활성화, 라우팅 경로 제어, 네트웍 자원의 할당 등이다.

이동 단말과 SGSN 사이에는 GMM/SM(GPRS Mobility Management and Session Management) 프로토콜이 위치한다(그림 14 참조.) GMM/SM 은 GPRS attach/detach, 보안, PDP 컨텍스트 활성화, 라우팅 영역 갱신 등과 같은 이동성 관리와 세션 관리를 수행하는 부분이다.

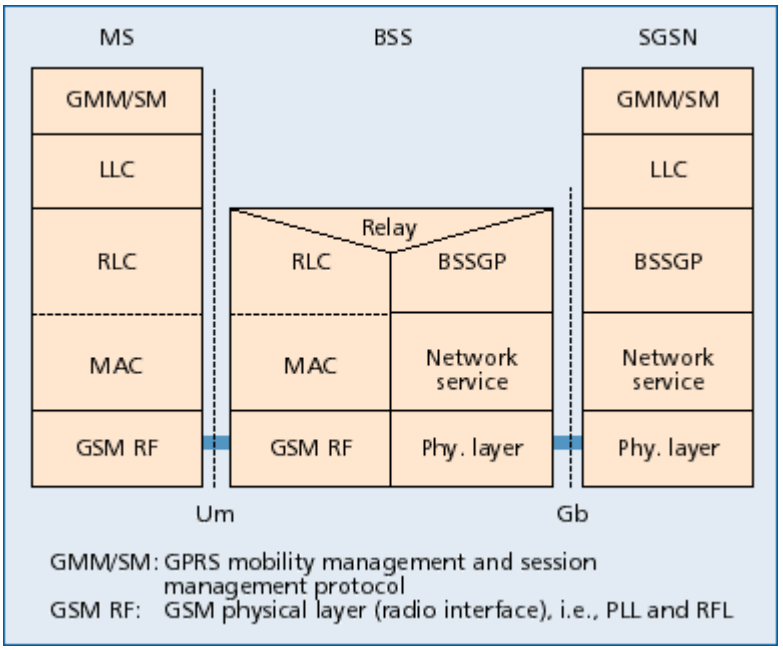

그림 14. GPRS 시그널링 규격: MS – SGSN

SGSN 과 HLR, VLR, EIR 사이에는 기존 GSM 과 동일한 프로토콜이 사용된다(그림 15, 16 참조.) 단지 GPRS 고유의 기능을 위해 일부를 확장하였다. SGSN 과 HLR 및 SGSN 과 EIR 사이에는 개선된 MAP(Mobile Application Part)이 사용된다. MAP 은 SS7 에서 이동성 지원을 위해 사용되며, 위치 갱신, 라우팅 정보, 사용자 프로파일, 핸드오버 등과 같은 시그널링 정

[12] BSSGP 가 전달하는 라우팅 관련 정보는 이동 단말의 위치 추적을 위해 사용되는 페이징 제어 정보를 말한다. SGSN 은 BSS 를 통해 무선 구간의 라디오 자원 관리를 수행한다. QoS 관련 정보는 이 작업 수행에 필요한 정보를 말한다.

보를 전달한다. MAP 메시지 교환은 TCAP(Transaction Capabilities Application Part)과 SCCP(Signaling Connection Control Part) 위에서 이루어진다. BSSAP+(Base Station System Application Part)는 GSM 의 BSSAP 기능을 포함한다. BSSAP+는 SGSN 과 VLR 사이(Gs 인터페이스)에 시그널링 정보를 전달하기 위해 사용된다. 사용자에 대한 이동성 관리를 위해 GSM 과 GPRS 기능들 사이에 협력이 필요할 수 있다. 시그널링 규격에는 이를 지원하기 위한 내용들도 포함되어 있다.

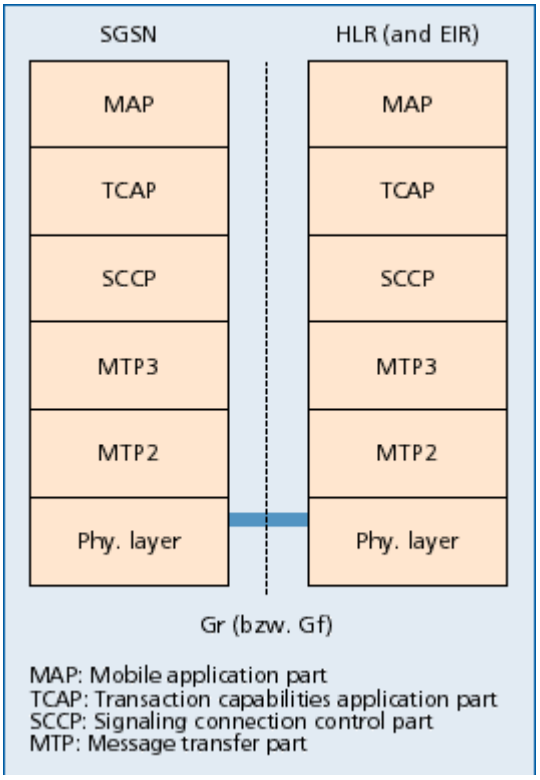

그림 15. 시그널링 규격: SGSN – HLR & EIR

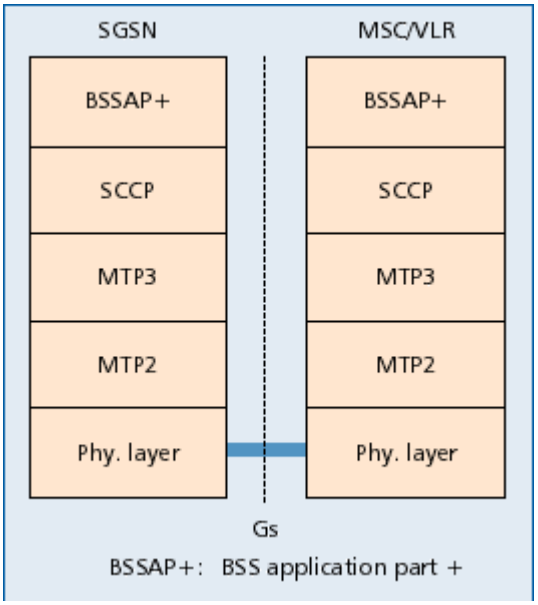

그림 16. 시그널링 규격: SGSN – MSC/VLR

Inter-working with IP Networks

마지막으로, GPRS 네트웍이 어떻게 IP 기반 패킷 데이터 네트웍과 연동될 수 있는 살펴본다. GPRS 는 IPv4 및 IPv6 를 지원한다. 그림 3 에서 볼 수 있듯이, Gi 인터페이스는 IP 네트웍과의 연동 지점에 정의된다. IP 네트웍 관점에서 바라보면, GPRS 네트웍은 다른 IP 서브 네트웍과 동일하게 취급되며, GGSN 은 하나의 IP 라우터로 이용된다. 그림 17 은 GGSN 에 올라가는 프로토콜 스택 구조를 보여준다[21].

그림 18 은 GPRS 네트웍이 어떻게 인터넷과 연결되는지를 보여준다. IP 네트웍에 연결하고자 하는 이동 단말 사용자는 IP 주소를 앞서 언급된 절차에 따라 부여 받는다. IP 주소는 GPRS 운영 시스템에서 사용 가능한 영역 내에서 선택된다. 많은 수의 이동 단말 사용자를 지원하기 위해서는 동적으로 IP 주소를 할당하는 것이 반드시 필요하다. 따라서 DHCP[22]

서버가 설치되어야 한다. GGSN 은 PDP 컨텍스트 내용을 참조해 IP 주소와 GSM 주소 사이의 변환 작업을 수행한다. IP 패킷의 라우팅과 PLMN 사이의 터널링은 앞서 설명한 절차에 따른다.

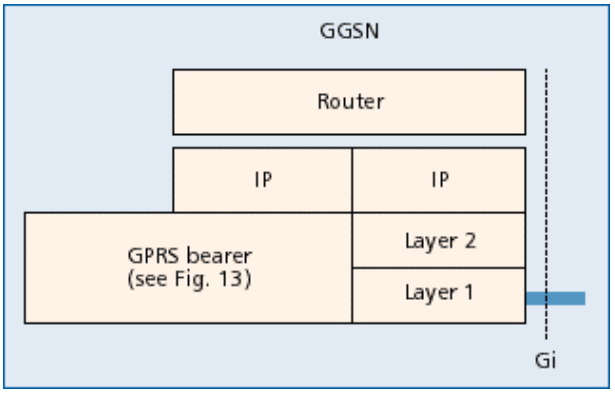

그림 17. IP 네트워과의 Gi 인터페이스를 위한 프로토콜 스택

GPRS 운영자 또는 IP 네트워 운영자에 의해 관리되는 DNS[23]를 사용해 IP 주소와 호스트 이름 사이의 변환도 가능하다. PLMN에 대한 인증되지 않은 접속을 막기 위해, GPRS 네트워과 외부 IP 네트워 사이에 방화벽을 설치할 수도 있다.

이런 구성을 통해, GPRS 는 이동 단말과 이동 컴퓨터를 연결하는 인터넷의 확장된 영역으로 이용될 수 있다.

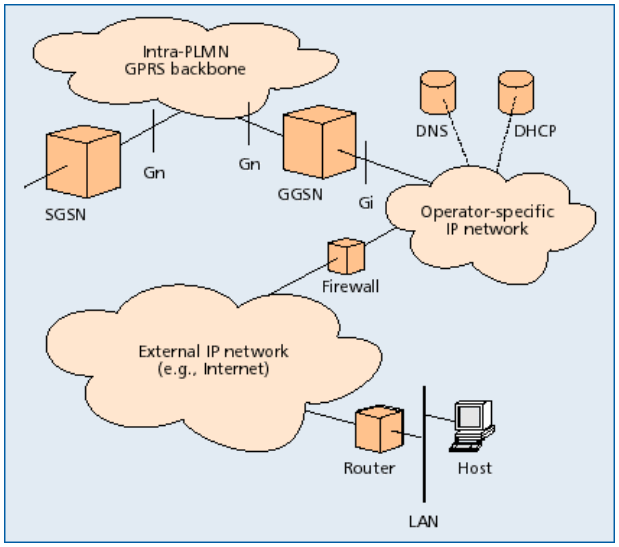

그림 18. GPRS 와 인터넷 연결의 예

Summary

GPRS 는 3 세대 이동 통신으로 향하기 위한 중요한 단계이다. GPRS 가 제공하는 패킷 교환 전송 기술은 인터넷/인트라넷과 같은 단속적인 트래픽 환경에 매우 적합하다. 사용자는 항상 네트웍에 접속해 있으면서도 자신이 사용한 만큼만 비용을 지불할 수 있다.

이 글에서 우리는 GPRS 시스템을 간략하게 소개하였다.

새롭게 추가된 네트웍 구성 요소인 SGSN 과 GGSN 을 중심으로 GPRS 시스템 구조를 살펴보았다. 이들의 기능과 기존 네트웍 구성 요소들과의 연동을 설명하였고, GPRS 를 위해 새롭게 추가된 데이터베이스 엔트리들을 소개하였다.

현재 단계에서 GPRS 는 일-대-일 베어러 서비스와 SMS 메시지 전송을 제공한다. 앞으로는 일-대-다 베어러 서비스도 제공될 예정이다. GPRS 의 중요한 특징은 QoS 지원이다. 다수의 파라미터들을 사용해 QoS 프로파일을 정의할 수 있으며, 이 프로파일은 PDP 컨텍스트마다 개별적으로 협상이 가능하다. 기존 GSM 서비스와 GPRS 서비스를 동시에 사용하는 환경을 위해, 이동 단말을 능력에 따라 세 가지 종류로 구분하였다.

GPRS 이동 단말은 서비스를 이용하기 위해 패킷 데이터 네트웍에서 사용할 주소를 얻어야 하고, PDP 컨텍스트를 생성해야 한다. 컨텍스트는 패킷 데이터 네트웍 연결에 관련된 속성들(PDP 타입, PDP 주소, QoS, GGSN)을 포함하고 있다. PDP 컨텍스트가 활성화 되면, 외부 패킷 데이터 네트웍으로부터 보내진 패킷은 GGSN 으로 라우팅 된다. GGSN 은 이 패킷을 터널링을 통해 현재 이동 단말과 연관된 SGSN 에게 전달한다. GPRS 위치 관리는 이동 단말의 상태 모델을 기반으로 한다. 현재 이동 단말의 상태에 따라, 위치 갱신은 빈번히 혹은 드문드문 이루어진다. 이 경계를 정하기 위해 RA 개념이 정의되었다. RA 는 GSM 의 LA 와 셀 그룹의 중간 정도의 크기로 구성된다. GPRS 가 자체적으로 이동성 관리를 수행하지만, 필요에 따라 GSM 이동성 관리 기능과 협력한다. 이런 협력은 GSM 서비스와 GPRS 서비스를 동시에 사용하는 단말을 효율적으로 페이징 할 수 있게 해준다. PDP 주소를 동적으로 할당하는 것도 중요한 기능이다. 동적 할당을 통해 GPRS 서비스 제공자는 많은 가입자들을 서비스 할 수 있다.

우리는 또한 GPRS 무선 인터페이스에 관해서도 설명하였다. GPRS 에서 중요한 개념은 다중 슬롯 사용이다. 단일 사용자에게 최소 1 개부터 최대 8 개까지의 타임 슬롯이 TDMA 프레임마다 할당될 수 있다. 비대칭 연결을 지원하기 위해 업링크와 다운링크 사이에 할당을 분리해 적용할 수 있다. 물리적 채널은 데이터 패킷을 송수신 할 때만 사용되고 전송이 끝나면 되돌려진다. 이것은 라디오 자원을 효과적으로 이용할 수 있게 한다. 셀에서 사용 가능한 라디오 자원은 회선 교환 서비스(GSM)와 패킷 교환 서비스(GPRS) 모두에게 동적으로 공유된다. 물리적 채널 위로 다수의 새로운 논리적 패킷 채널이 표준으로 정의되었다. 트래픽 채널인 PDTCH 는 사용자 데이터 전송을 위해 사용된다. 1 개의 방송 제어 채널(PBCCH)과 4 개의 공통 제어 채널(PRACH, PAGCH, PPCH, PNCH), 2 개의 제어 전용 채널(PACCH, PTCCH)이 시그널링 정보를 전달하기 위해 사용된다. 여기서도 GSM 채널과 GPRS 채널을 조화롭게 사용해 라디오 자원의 낭비를 막을 수 있다.

GPRS 채널 코딩은 4 개의 코딩 방식을 가지고 있다. 현재 채널의 품질에 따라, 이들 중 하나가 선택되어 사용된다.

우리는 전송 규격과 시그널링 규격에서 사용되는 프로토콜 구조를 살펴보았다. GPRS 를 위해 새롭게 정의된 프로토콜에는 GPRS 터널링 프로토콜(GTP), GPRS 이동성 및 세션 관리 프로토콜(GMM/SM), BSS GPRS 응용 프로토콜(BSSGP) 등이 포함된다. 일부 GSM 프로토콜(예를 들어 MAP)은 그 기능을 확장해 사용된다.

마지막으로 짧게 GPRS 와 IP 네트웍과의 연동 시나리오를 소개하였다.

References

[1] S. Faccin, Liangchi Hsu, R. Koodli, Khiem Le, and R. Purnadi, GPRS and IS-136 Integration for Flexible Network and Services Evolution, IEEE Personal Communications, vol. 6, no. 3, pp. 48-54, June 1999.

[2] Press release, Neue Wege in der mobilen Datenkommunikation: T-Mobil fuhrt General Packet Radio Service (GPRS) ein, Hannover/Bonn, Germany: T-Mobil (http://www.t-mobil.de), March 19, 1999.

[3] Press release, Hochgeschwindigkeit fur das D2-Netz: Mit GPRS blitzschnell auf die Datenautobahn, Dusseldorf, Germany: Mannesmann Mobilfunk GmbH (http://www.d2mannesmann. de), August 9, 1999.

[4] M. Rahnema, "Overview of the GSM System and Protocol Architecture," IEEE Communications, vol. 31, no. 4, pp. 92-100, April 1993.

[5] J. Eberspacher and H.-J. Vogel, GSM: Switching, Services and Protocols, John Wiley & Sons, 1998.

[6] G. Heine, GSM Networks: Protocols, Terminology, and Implementation, Artech House, 1999.

[7] M. Mouly and M.-B. Pautet, The GSM System for Mobile Communications, Telecom Pub, 1992.

[8] GSM 03.02, Network architecture.

[9] GSM 02.60, GPRS, Service description, Stage 1.

[10] G. Brasche and B. Walke, Concepts, Services, and Protocols of the New GSM Phase 2+ General Packet Radio Service, IEEE Communications, vol. 35, no. 8, pp. 94-104, August 1997.

[11] GSM 03.60, GPRS, Service description, Stage 2.

[12] GSM 03.64, GPRS, Overall description of the GPRS radio interface, Stage 2.

[13] GSM 05.02, Multiplexing and multiple access on the radio path.

[14] GSM 05.03, Channel coding.

[15] R. Johannesson and K. Sh. Zigangirov, Fundamentals of Convolutional Codes, IEEE Press, 1999.

[16] GSM 09.60, GPRS, GPRS Tunneling Protocol (GTP) across the Gn and Gp interface.
[17] GSM 04.65, GPRS, MS-SGSN, Subnetwork Dependent Convergence Protocol (SNDCP).
[18] GSM 04.64, GPRS, MS-SGSN, Logical Link Control (LLC) layer.
[19] GSM 04.60, GPRS, MS-BSS interface, Radio Link Control / Medium Access Control (RLC/MAC) protocol.
[20] D. Bertsekas and R. Gallager, Data Networks, Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1987.
[21] GSM 09.61, GPRS, Interworking between the PLMN supporting GPRS and Packet Data Networks (PDN).
[22] R. Droms, Automated Configuration of TCP/IP with DHCP, IEEE Internet Computing, vol. 3, no. 4, pp. 45-53, July/August 1999.
[23] P. V. Mockapetris, Domain Names: Concepts and Facilities, RFC 1034, 1987

Additional Reading

[24] J. Cai and D. J. Goodman, General Packet Radio Service in GSM, IEEE Communications, vol. 35, no. 10, pp. 122-131, October 1997.
[25] H. Granbohm and J. Wiklund, GPRS: General Packet Radio Service, Ericsson Review, vol. 76, no. 2, pp. 82-88, 1999.