

IP 기반의 CDMA 이동통신 시스템 상용화 사례 연구

Research on Commercialization of IP-based CDMA Mobile Communication Systems

이 승 희*
(Seung-Hee Yi)

Abstract : IP-based mobile communication system is one of the key research items in the mobile networks for a long time. But, due to some technical issues and no need of markets, it is still not full-fledged. Recently, CDMA and WCDMA service providers want to introduce IP-based network connectivity. Even though their efforts, the main network infra-structure depends on ATM or HDLC technology. This article describes a good example of commercialization of IP-based mobile communication systems. Our research is not experimental system but a in-service system – replacing the existing equipments with new IP-based systems. In this paper, we introduce IP related technologies used in our research such as IP-based ATCA(Advanced Telecommunications Computing Architecture) platform, HA(High Availability) redundancy, IP multicast, network redundancy techniques, multi-link bundling and IP header compression. These are already well-known to internet domain. We mix them with mobile communication systems concretely.

Keywords: IP-based, CDMA, mobile, communication system, ATCA

I. 서론

이동통신 시스템에서 IP 기술의 도입에 대한 연구는 오랫동안 통신 분야의 주요한 관심 분야가 되어 왔으나, 비교적 최근이야 상용 망에 대한 도입 사례가 등장하고 있다. 국내를 기준으로 볼 때, CDMA 및 WCDMA 근간의 통신 서비스 제공업체들이 비록 부분적으로 IP 관련 기술을 도입하고 있기는 하지만, 여전히 주요한 네트워크 기반 기술은 ATM과 HDLC에 의존하고 있는 상태에 있다. 이것은 통신 시스템이 일반적인 IP 기반의 인터넷 도메인 보다 더 높은 수준의 시스템 및 네트워크의 안정성을 요구하는데 기인한다고 할 수 있다. 그럼에도 불구하고, 통신 업체들이 IP 네트워크에 대한 미련을 가지고 있는 것은 향후 진화되고 융합되는 서비스의 중심에 IP 기반 멀티미디어 서비스가 있고, 다양한 망 통합에 따른 운용 비용의 절감을 기대하기 때문이다.

국내의 CDMA 이동통신 서비스 제공업체인 L사의 경우, 3세대 데이터 서비스를 위한 EVDO Rev.A를 지원하는 전국망 구축을 완료한 상태이나, 여전히 가입자의 상당 부분이 2G/CDMA2000.1x 서비스만으로도 만족하고 있으며 가입자도 꾸준히 증가하는 추세에 있다. 그러나, 이러한 가입자 증가를 수용하기 위해서 Legacy 시스템을 추가적으로 증설하는 것은 기존 시스템의 부품단종 등의 이슈가 있다. 또한, 서비스 사업자는 향후 투자하는 이동통신 시스템은 3G 이후의 IMT-Advanced(혹은 4G) 시스템으로 최소한의 업그레이드를 통해서 보장 받을 수 있기를 기대하고 있다. 상기와 같이, 기존의 2G/CDMA2000 1x 및 EVDO rev.A 서비스를 제공할 수 있으면서 향후 전개될 IMT-Advanced 서비스로의 유연한 이행을 가능하도록 하는 신규 시스템의 개발이 필요한데, 이를 수용하기 위해서 추진된 것이 IP 기반의 CDMA 이동통신 시스템의 상용화이다. 이러한 시도는 이전에도 있었으나, 통화 품질

이 열악한 지역에서 매우 소규모의 Hotspot 형태이며, 신규로 설치하는 기지국에 한정 하여 진행 되었다. 그러나, 이번에 진행된 과제는 초기부터 전국 망으로 확대될 수 있는 것을 고려하였으며, 이미 서비스 중인 기지국을 IP 기반 시스템으로 재연결하는 것을 포함하고 있다.

II. IP 기반 시스템의 도입 시나리오

IP 기반 이동통신 시스템의 전면적 도입은 잠재적인 많은 장점에도 불구하고, 통신 서비스 사업자 관점에서 보면 이미 서비스 중인 이동통신 망을 일시에 변경하는 것은 매우 큰 비용적 부담과 함께 서비스 단절의 위험성을 안고 있다. 따라서, 필연적으로 충분한 시간을 두고 단계적으로 이루어져야 한다. 이는 인터넷 시장에서 IP 주소의 부족 문제를 근본적으로 해결하기 위해서는 IPv6 도입에 공감하고 있지만, 여전히 IPv4가 주류를 이루고 있는 것과 유사한 상황이라고 할 수 있다.

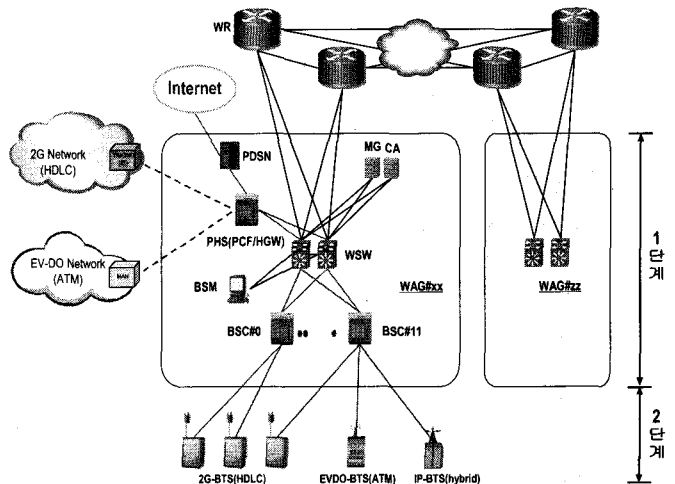


그림 1. IP 기반 시스템의 도입 시나리오

CDMA 이동통신 시스템은 크게 2가지 망으로 구분될 수 있는데, 핵심 망(Core Network)과 액세스 망(Access Network)으로 나눈다. 핵심 망에는 음성 서비스 제공을 위해서 CA(Call

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2008. 7. 30, 채택확정 : 2008. 8. 8.

이승희 : LG-Nortel

(shyi@lg-nortel.com)

Agent)와 MG(Media Gateway)가 필요하며, 데이터 서비스를 위해서는 PCF(Packet Control Function)와 PDSN(Packet Data serving Node) 등의 망 요소를 포함하고 있다. 반면에 액세스 망은 BSS(Base Station Subsystem)라고도 불리는데, BSC(Base Station Controller)와 기지국(BTS;Base Transceiver Station)으로 구성된다. 또한, 신규로 개발된 시스템이 기존 2G/CDMA 2000 1x 망 및 EVDO(Evolution-Data Optimized) 망과의 핸드오프를 위해서는 HGW(Handoff GateWay)와, BSS내의 BSC, PCF, HGW, BTS 등에 대한 운용자 정합을 위해서 BSM(BSS Manager)이 필요하다. 핵심 망의 노드 인 CA, MG 및 PDSN을 제외한 제품 군을 본 과제에서는 WAG(Wireless Access Gateway)라고 하는데, 이것의 최대 구성은 다음과 같이 1개의 BSM, 2개의 WSW, 1개의 PCF 및 HGW, 12개의 BSC로 구성된다.

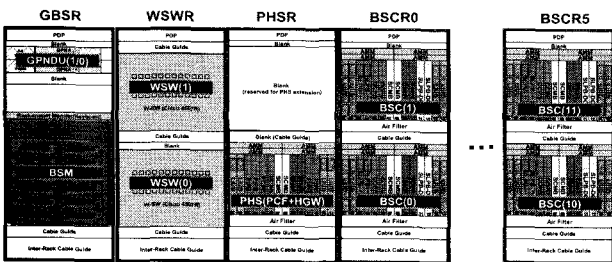


그림 2. WAG의 최대 형상 구성 예

본 연구에서는 IP기반의 시스템을 도입할 때, 다음과 같은 단계적 접근 방식을 사용하였다.

1. 핵심 망 + BSC(1단계)

1단계에서는 핵심 망과 액세스 망의 일부인 BSC를 IP 기반 시스템으로 도입하여, 상위 망을 먼저 WSW라고 하는 스위치/라우터 장비를 통해서 IP 기반으로 상호 연결 하도록 한다. 여기서는 이미 서비스 중인 HDLC 혹은 ATM 방식의 기지국을 IP 기반 시스템에서 그대로 수용하여 서비스 연속성을 확보한다.

2. IP 기지국 도입(2단계)

2단계는 신규로 개발하는 IP 기지국을 도입하는 단계로, IP 기지국은 2G/CDMA2000 1x 및 EVDO를 동시에 지원하는 Hybrid 형태의 기지국이다. 또한, BSC와의 인터페이스인 Abis는 IP 프로토콜 스택을 기반으로 동작하되, 물리적인 연결은 기존 중계선인 HDLC와 Ethernet을 선택할 수 있도록 한다. 이것은 통신 서비스 제공자의 중계선 임대비용 문제를 고려한 사항이다.

III. IP 기반 이동통신 시스템 관련 기술

IP 기반 이동통신 시스템이라고 하면, 넓은 의미에서는 이동통신 네트워크의 노드가 IP 프로토콜을 기반으로 통신하는 것을 말하는 것으로, 시스템 내부의 구현 사항에 대한 제약을 하지는 않는다. 그러나, 본 과제에서 추진하는 IP 기반 시스템은 향후 도입될 IMT-Advanced 서비스를 염두 하고 있기 때문에, 시스템 내/외부가 Pure-IP 기반으로 통신하여 VoIP와 VT(Video-Telephony) 등과 같은 실시간 서비스 제공시 메시지 포맷 변환으로 인한 지연 요인을 최소화 하고자 한다.

본 연구 사례에서는 시스템 플랫폼 관련 기술과 HA 이중화, IP Multicast, 네트워크 이중화, Multi-link bundling, IP Header Compression 등 실제 구현시 도입이 필요한 기술을 중심으로 살펴 보고자 한다.

1. ATCA 플랫폼 기술

ATCA(Advanced Telecommunications Computing Architecture)[1]는 통신 시스템 개발에 COTS(Commercial Off-The-Shelf) 하드웨어를 도입할 수 있게 하는 표준 플랫폼 기술이라고 할 수 있다. 이것은 일반적인 컴퓨팅 서버를 도입하여 원하는 기능의 소프트웨어를 탑재하여 특화된 서비스를 구현하는 것과 같은 개념을, 통신 시스템의 구현에 적용한 것이라고 할 수 있다. 기존의 통신 시스템 구현 방식은 장비 제조업자가 자사가 필요로 하는 모든 하드웨어를 설계하여야 했기 때문에 장비 개발 기간이 길고, 다품종의 하드웨어를 소량 생산하므로 가격 경쟁력을 유지하기 쉽지 않았다.

ATCA는 보다 진보된 서버의 하드웨어 설계 및 구현 기술을 보다 빠르게 통신 시스템에 적용할 수 있으며, 통신 시스템 제조업자는 자사 구현에 특화된 일부 하드웨어만 직접 제작하고 나머지는 시장에서 폭넓게 선택할 수 있다. 이것은 신규 통신 시스템 개발 기간을 크게 단축시킬 수 있으며, 안정화된 하드웨어를 사용할 수 있는 장점이 있다.

ATCA는 Pure-IP 기반 플랫폼으로 시스템 내/외부가 모두 Ethernet(IP) 기반으로 상호 연결되어 있으며, 통신 시스템에 요구하는 수준의 시스템 안정성/연결성을 제공하기 위해 주요 통신 채널이 Dual-star topology를 통해서 이중화 되어 있다.

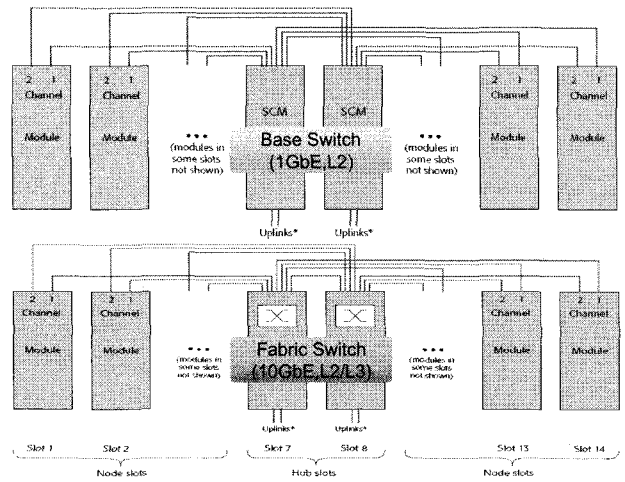


그림 3. ATCA 플랫폼의 내부 스위치 연결

본 연구의 IP 기반 CDMA 이동통신 시스템의 구현의 경우, 셀프와 내부 스위치, 호 처리 등의 Blade는 상용 하드웨어를 도입하고 특화된 기술이 요구되는 기지국 연동에 관계되는 LIUB(Line Interface Unit Blade)는 자사가 직접 하드웨어를 포함하여 구현하였다.

2. HA 이중화

HA(High Availability)는 호 처리 서비스 이중화를 위해서 도입된 것으로, 과거의 통신 시스템은 Active-side의 메모리 변경 사항을 Standby-side에 실시간으로 적용이 되는 Concurrent-

write 방식을 통한 하드웨어 방식의 이중화로, 전용 하드웨어를 필요로 하고 하드웨어적인 장애 발생에는 효과적이거나 소프트웨어 문제점 발생에는 대응이 어렵다. 최근의 통신 시스템의 장애의 경향을 분석해 보면 하드웨어 자체의 결함 보다는 소프트웨어의 오류로 인한 비중이 증가하고 있는데, 이것은 하드웨어 설계/구현 기술의 발전으로 성능과 안정성은 크게 향상되었으나, 그로 인해서 개별적으로 동작하던 소프트웨어 모듈이 동일 프로세서에서 운용이 되어야 하기에 소프트웨어의 구현 복잡도가 증가했기 때문이다.

HA는 전용 하드웨어 없이 Ethernet 등의 통신 채널을 통해서 이중화에 필요한 메시지를 교환하는 소프트웨어 방식의 이중화로서, SA(Service Availability) Forum[2]에서 규정하는 API를 제공하는 Middleware를 응용 프로그램이 이용하여 이루어진다. 또한, HA-middleware는 이중화 서비스 이외에도, 응용 프로그램에게 하부 운용체제에 대한 Wrapper 기능을 제공하므로 운용체제에 대한 의존성 완화로 신규 시스템 개발시 소프트웨어의 재사용성을 향상시킬 수 있다.

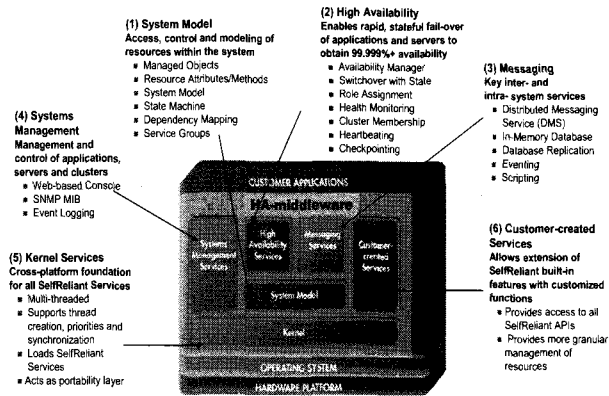


그림 4. HA-middleware의 위치 및 역할[3]

HA-middleware는 이중화를 위해서, Active-side와 Standby-side간에 주기적 혹은 Event 단위로 Middleware가 제공하는 API를 통해서 메시지를 교환하여 이중화에 필요한 데이터의 동기화를 이룬다. 이렇게, Middleware의 API를 이용하는 것은 이중화 메시지 전달시, 전송 실패/지연 등이 발생하더라도 응용 프로그램은 이와 무관하게 호 처리 등의 본연의 작업을 계속적으로 수행할 수 있으며, 이에 대한 재전송 등은 Middleware에서 자동 수행하게 된다.

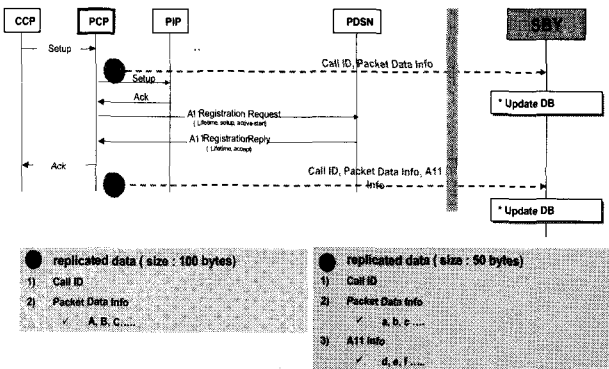


그림 5. HA-middleware를 통한 이중화 예

3. IP Multicast

IP Multicast[4]는 데이터의 소스(송신자)와 수신자의 관계가 1:N인 경우에 전달 망의 효율성을 위해서 도입된 기술로서 보통 방송 서비스를 인터넷 도메인에 적용하기 위해서 사용된다. 본 연구에서는 중계선 부하분담을 위해서 이 기술을 사용하는데, 특정 기지국에 연결된 중계선의 개수가 2개 이상이면 해당 중계선으로 트래픽을 끌고루 분산할 필요가 있는데 송신자가 이를 처음부터 고려하여 트래픽을 송신하는 것은 사실상 불가능하다. 이는 송신자가 동일 BSC에 속한 기지국으로 트래픽을 전달하는 경우도 있지만, 핸드오프와 같이 서로 다른 BSC에 연결된 기지국으로 전송하는 경우를 고려한다면, 송신자가 이를 제어하는 것은 매우 비효율적이다.

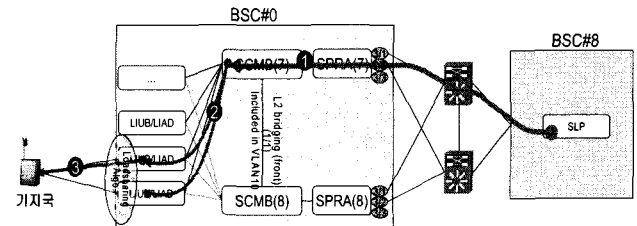


그림 6. IP Multicast를 통한 중계선 부하분담 예

중계선의 트래픽 부하분담을 위해서, BSC에 속한 기지국 단위로 Multicasting group을 형성한다. 타 BSC내의 송신자는 트래픽을 수신할 기지국에 대한 정보를 호 처리 과정을 통해서 인지할 수 있으므로 UDP/IP 패킷의 착신 주소를 기지국 단위로 정의되는 Multicast group 주소로 하여 송신하게 된다. 그러면 해당 기지국에 연결된 다수 중계선의 LIUB에 동시에 패킷이 도달하고, LIUB는 사전에 설정된 부하분담 알고리즘에 의거하여 수신한 패킷의 특정 필드 값을 Key(Index)로 하여 전송 여부를 판단하고, 그 중 하나의 LIUB에서만 실제 중계선으로 패킷을 전달하고 나머지 LIUB는 이를 폐기한다.

4. 네트워크 이중화

통신 시스템은 인터넷 응용 보다 높은 수준의 안정성과 시스템간의 상호 연결 구간의 부분적인 장애 발생시 이를 극복할 수 있는 방안이 필수적으로 요구된다. 이러한 사항을 만족하기 위해서, ATCA 기반 플랫폼은 Ethernet 연결이 이중화 되어 있는데, 이와 더불어 네트워크 장애 발생시 이를 보다 빠르게 감지하고 우회 경로를 찾을 수 있는 여러 방안을 필요로 하는데, 이는 크게 셀프 내와 셀프 간의 네트워크 이중화로 구분할 수 있다.

셀프 내의 네트워크 이중화는 셀프 내의 내부 연결 스위치인 SCMB(Switch and Control Module Blade)와 BSC간의 연결에 대한 것으로, 하나의 셀프 내에는 2장의 SCMB가 실장 된다. 또한, 셀프 간의 네트워크 이중화는 하나의 셀프로 구성된 BSC 등이 타 셀프의 BSC 등과 통신시에 그 연결 포트를 다중화하여 특정 포트에 장애가 발생하더라도 정상적인 타 포트를 통해서 지속적인 서비스를 제공하는 기술이다.

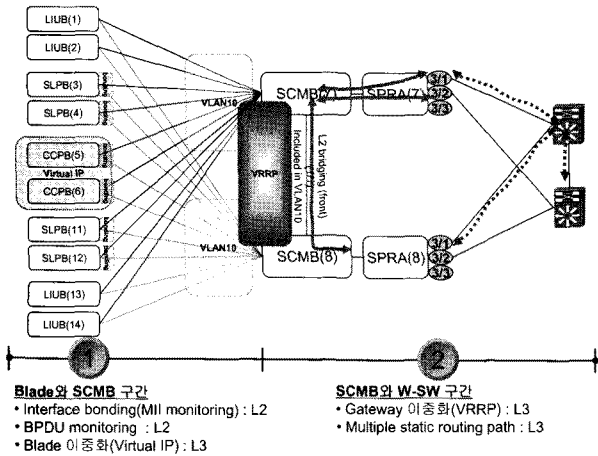
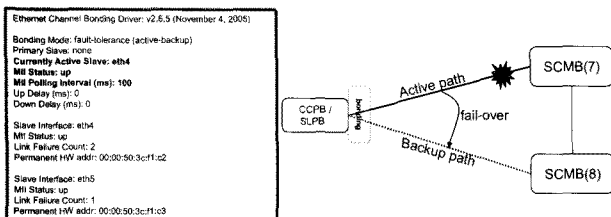


그림 7. 네트워크 이중화 방안 구분

셀프 내에는 Dual-star topology에 의해서 2개의 내부 스위치 Blade가 존재하는데, 모든 Blade들은 각각의 스위치에 별도의 Ethernet 인터페이스를 갖는데 이를 논리적으로 1개의 Ethernet 인터페이스로 인식하기 위해서 Interface bonding[5] 혹은 BPDU monitoring 기술을 사용 한다. 이러한 기술이 필요한 것은 Blade가 외부와 통신할 때 특정 인터페이스의 장애 여부와 무관하게 동일한 IP 주소로 통신할 수 있게 하기 위해서이다. Interface bonding을 위해서, 2개의 물리적인 Ethernet정합이 Linux의 Bonding driver를 통해서 결합되는데, 100ms 단위로 동작 상태를 검사하여 장애 발생시 다른 물리적인 인터페이스를 통해서 통신이 가능하도록 한다. 즉, 물리적인 Ethernet 인터페이스는 변경 되지만, IP 주소는 계속적으로 유지되도록 한다.



또한, CCP라고 Blade는 호 처리를 담당하는 Blade로서 그 중요성으로 인해서 물리적으로 분리된 2개의 Blade에 HA-middleware를 통해서 Active/Standby 형태로 이중화 되어 있다. 특정 위치의 CCP Blade가 Active로 동작 하더라도 동일한 IP 주소를 통해서 외부와 통신하기 위해서 Virtual IP(Floating IP)를 사용한다. 만약, Active-side의 절체로 인해서 Standby-side가 Active로 활성화 되면 해당 IP 주소에 대한 Gratuitous-ARP를 내부 스위치에 전달하여 ARP Cache 정보가 갱신 되도록 한다.

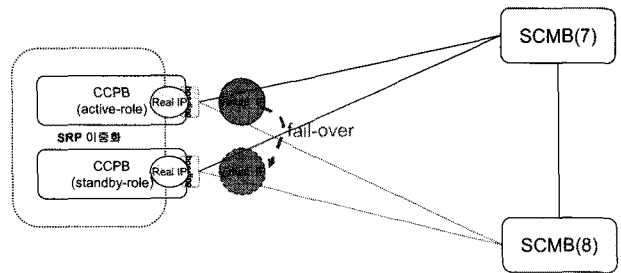


그림 9. Virtual IP 할당

셀프간의 네트워크 정합은 외부 스위치/라우터 연결을 통해서 이루어지는데, 개별 셀프는 외부와 VRRP(Virtual Router Redundancy Protocol)[6]와 다수의 우회 루트를 통해서 이중화 되어 있다.

VRRP은 End Host(Blade)에 대한 라우터 이중화 방법으로 이중화 되어 있는 2개의 라우터를 논리적으로 1개의 라우터로 결합하여 특정 라우터의 장애 발생에도 Host는 루트 정보의 재설정없이 계속적으로 패킷을 송수신할 수 있도록 하는 기술이다.

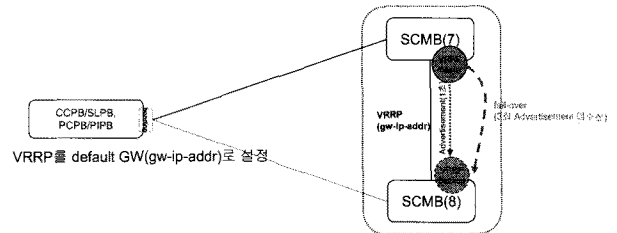


그림 10. VRRP의 동작 방법

다수의 우회 루트를 유지하는 것은 동적 및 정적 할당 방식으로 구분할 수 있는데, 일반적으로 정적 할당 방식이 네트워크 장애 발생시 보다 신속하게 절체가 이루어지기 때문에, 본 연구에서는 정적 루트를 사용하였다. 또한, 개별 내부 스위치는 서로 다른 Preference를 갖는 3개의 루트를 유지하는데 특정 순간에는 1개의 루트를 통해서 패킷이 송신 되도록 하여 UDP 패킷 송수신이 발생할 수 있는 Out-of-order delivery를 최소화 하고자 하였다.

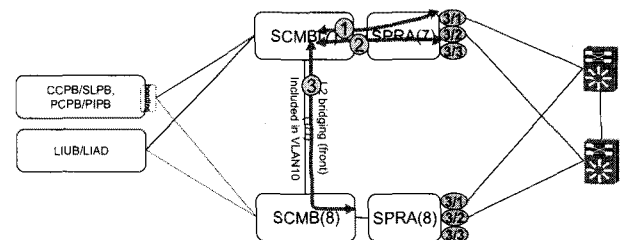


그림 11. 다수의 정적 우회 루트 설정

5. Multi-link Bundling

BSC와 기지국 간의 중계선이 E1-HDLC인 경우에 음성 서비스는 문제가 없으나, EVDO Rev.A와 같이 Peak Rate가 3.1Mbps인 데이터 서비스는 1개의 E1으로 처리가 불가능하다. 따라서, 다수의 E1-HDLC 중계선을 논리적으로 1개로 결합하는(bundling) 기술이 필요한데, 이것이 ML-PPP이다. Bundling을 통해서 물리적인 대역폭을 확장할 수는 있으나 동일

중계선으로 음성과 VT와 같은 Real-time 서비스와 ftp와 Web 서핑과 등 같은 Best-effort 서비스의 트래픽이 혼재할 경우에 각각의 전송 우선 순위를 구분하는 방안이 필요한데, 이것이 MC-PPP[7]이다. MC-PPP는 Best-effort 서비스의 long packet을 일정 크기 이하로 나누어서 우선 순위가 높은 Real-time의 short packet을 Best-effort 패킷의 전송 중에도 전송할 수 있게 하여 해당 서비스의 실시간 특성을 보장하기 위한 기술이다.

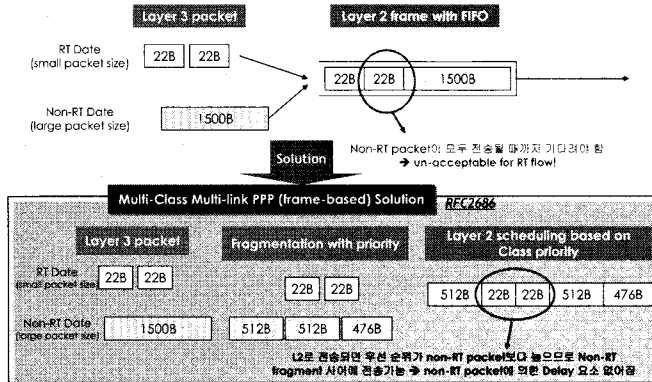


그림 12. MC-PPP with ML-PPP

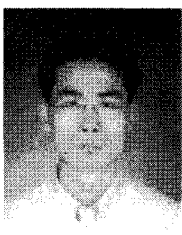
6. IP Header Compression

IP 기지국의 도입은 이동통신 시스템의 전체 노드가 IP 기반으로 상호 연결되는 것을 의미한다. 그런데, 기지국을 설치하는 장소와 통신 사업자의 선택에 의해서 Metro-Ethernet이 아닌 E1-HDLC 중계선을 사용하여 IP 기지국을 연결할 수도 있는데, 이 경우 IP 프로토콜은 음성 패킷과 같이 매우 작은 패킷을 전달하는데 매우 큰 Overhead가 될 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 중계선 구간의 IP Header를 압축하는 기술이 필요하다.

O.F.	ACFC		PFC		Multi-link Protocol		PFC		IPHC			Application *ABIS Header (voice BS) *Application Payload (for Voice: 28 - 228)	FCS (CRC)	Idle Pattern	C.F.
	ADDR	CNTRL	PID-0	PID-1	PID-1	CID Header (14h CID)	IP	UDP	MSB CID	LSB CID	ID				
0x7c	0x01	0x03	0x03	0x03	0x03	0x03	0x03	0x03	0x03	0x03	0x03	0x03	0x03	0x7c	0x7c
1B	3B	0B	3B	1B	2B	3B	1B	1B	1B	2B	2B	2B	2B	4B	1B

그림 13. IP Header Compression

본 연구에서는 RFC2507[8]에 의한 Header Compression 기술을 통해서, UDP/IP의 28-Byte의 Header를 5~7-Byte로 압축할 수 있다. 이러한 Header 압축 기법은 Compressor와 De-compressor 간에 동적으로 갱신되는 약속에 의해서 생략이 가능한 정보를 제거하여 전달하고, 이를 수신한 쪽에서 복원하는 방식이다.



이 승 회

1996년 한양대 전자계산학과(학사)
 2005년 서울대 전기·컴퓨터공학부(석사)
 1996년~1999년 LG정보통신 주임연구원
 1999년~2005년 LG전자 선임연구원
 2005년~현재 LG-Nortel 책임 연구원
 관심 분야는 프로토콜 디자인 및 성능분석, 무선랜, 메쉬네트워크, 이동통신 시스템, 차세대 이동통신.

IV. 결론

본 연구는 IP 기반의 CDMA 이동통신 시스템을 전국적인 상용 망에 적용하기 위해서 인터넷 도메인의 기술이 어떠한 방식으로 도입되어야 하는지에 대한 좋은 사례가 될 것으로 생각된다. 이 과제를 통해서 구현된 IP기반의 이동통신 시스템이 국내의 대전 지역에서 이미 안정적으로 서비스 중에 있으며, 2008년 연말까지는 서울, 대구, 인천, 부산 등 주요 대도시에서 상용 망에 투입될 예정이다.

앞으로, 본 연구와 관련하여 HA 이중화와 네트워크 이중화의 기능 향상을 통해서 시스템 혹은 전달 망의 장애 발생 시 보다 빠르게 장애를 극복할 수 있도록 하는 방안에 대하여 추가적인 연구를 진행할 예정이다.

참고문헌

- [1] PICMG "Reference". PICMG 3.0 Revision 2.0 AdvancedTCA Base Specification. <http://www.picmg.org>
- [2] Service Availability Forum, <http://www.saforum.org>
- [3] GoAhead, "GoAhead SelfReliant 4.2 presentation material", pp. 31, Dec., 2006.
- [4] Z. Albanna, "RFC3171 - IANA Guidelines for IPv4 Multicast Address Assignments", IETF, Aug., 2001.
- [5] T. Davis, "Linux Ethernet Bonding Driver mini-howto", <http://www.kernel.org/pub/linux/kernel/people/marcelo/linux-2.4/Documentation/networking/bonding.txt>
- [6] R. H. Linden, "RFC3768 - Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP)", IETF, April, 2004.
- [7] C. Bormann, "RFC2686 - The Multi-Class Extension to Multi-Link PPP", IETF, Sept., 1999.
- [8] M. Degermark, "RFC2507 - IP Header Compression", IETF, Feb., 1999.