

〈主 題〉

Wireless ATM 기술

김대영¹⁾, 김덕환²⁾

(¹⁾충남대학교 교수, ²⁾주성대학 교수)

□ 차 례 □

- I. 서 론
- II. 무선 ATM 기술의 연구과제
- III. 이동성을 고려한 무선 ATM 프로토콜
- IV. 무선 ATM망 전송 링크의 오류 특성
- V. 무선 ATM 기술의 응용
- VI. 결 론

I. 서 론

비동기 전송모드(ATM : Asynchronous Transfer Mode) 기술을 기반으로 한 광대역 종합정보통신망(B-ISDN)의 구축이 현실화되고 있는 가운데 최근의 정보통신기술의 방향은 초고속화, 이동화 및 유·무선의 통합화 개념으로 진전되고 있으며, 서비스의 특성이 기존의 제한된 장소 위주의 통신에서 위치에 관계없이 정보교환이 가능한 이동화 형태로 전환되고 있다. 특히, 이동통신기술은 언제, 어디서나, 누구에게라도, 어떠한 통신도 가능한 개인화 및 멀티미디어화로 이루어지고 있으며, 위성통신망을 이용하여 소형경량의 휴대단말기로 어디에서나 통신을 가능케 하는 개인휴대통신(PCS : Personal Communication Service)의 실용화가 조만간 실현될 전망이다. 향후에는 뉴스, 오락 및 교육 등의 서비스를 제공하기 위한 온라인 멀티미디어 정보 데이터베이스 등의 광대역 서비스를 위해, 휴대형의 광대역 무선 액세스가 ATM 기반의 통신망을 통하여 가능해야 하며, 이들 액세스는 자동차로부터 사무실 및 주거지역 등 여러곳에서 자유롭게 이루어질 것이고, 이를 위해 이동성의 지원과 자원관리 등의 기술이 요구될 것이다[1]. 위성·이동통신기술 및 관련 서비스 환경의 변화에 따라 지상의 B-ISDN을 보완하기 위해서는 이동 및 위성통신기술과의 상호결합이 필수적이며, 또한 무선환경에서 광대역 멀티미디어 서비스를 효과적으로 제공하기 위해

서는 ATM 전송기술의 사용이 요구된다. 이에 따라 가시선(line of sight) 및 위성(satellite)을 경유하는 무선링크에 ATM 기술이 적용된 B-ISDN(즉, 무선 ATM 망)의 구축 필요성이 점차 중요시되고 있다 [2].

한편, ATM 기술은 광섬유와 같이 매우 넓은 대역폭과 저잡음 특성을 갖는 즉, 비트오류율(BER : Bit Error Rate)이 $10^{-9} \sim 10^{-12}$ 정도를 갖는 광섬유 링크를 기반으로 구현된다[3, 4]. 그러나, 무선 및 위성 환경에서는 신호가 공중으로 전파되기 때문에 주변의 환경(날씨, 지형, 방해전파 등)에 민감하며, 그 결과 무선환경에서 ATM 셀을 전송할 경우 페이딩(fading), 재밍(jamming), 다중 경로(multipath), 채널 부호화 및 복호화로 인하여 비트오류가 버스트하게 나타나게 되어 많은 셀들의 손실이 발생된다. 이와같이 무선환경은 매우 열악하기 때문에 ATM 기술을 무선환경에 그대로 적용하기에는 상당한 어려움이 따르게 되며, 이를 위해 강력한 오류정정(error correction) 기법이 요구되고 있다[2, 5].

무선 액세스 기술에 관한 초기의 개발은 무선환경의 전송특성과 관련된 기술의 실정으로 보아 협대역망을 기본으로 할 것으로 예상되며, 광대역망의 도입과 무선의 통합이 점차 가속화될 전망이다. 무선 ATM 환경은 미국 국방부에서 전송망 개발을 시작한 이후 무선 LAN, PCN 등으로 급속히 확산되고 있다[6, 7]. 현재, 무선 ATM 기술에 관하여 연구되고 있는 주요

내용들로는 이동성, 자원관리, 무선 액세스, 다층(multi-tier) 서비스, 오류정정 기법, 기존 통신망과의 통합, 라우팅 방법, 보안성 등이 있다[5, 8].

이 논문에서는 서론에 이어 II장에서는 무선 ATM 기술에 관해 연구되고 있는 과제들을 정리하고, III장에서는 무선 ATM 환경에서 핸드오프(handoff) 및 재라우팅(re-routing) 등의 이동성을 고려한 무선 ATM 프로토콜에 관하여 고찰하며, 또한 IV장에서는 무선 ATM 망에서 전송 링크의 오류에 관한 일반적인 전달 특성을 살펴보고, ATM 셀 손실률을 줄이기 위한 새로운 인터리빙(interleaving) 기법을 소개한 후 시뮬레이션을 통하여 그 결과를 고찰한다. 이어서 V장에서는 무선 ATM 기술을 기반으로 한 무선 LAN과 PCN 서비스망의 구현 기술에 관하여 논하고, VI장에서 결론을 맺는다.

I. 무선 ATM 기술의 연구과제

2.1 무선 ATM 망의 구조 및 서비스

유선 ATM 망에 이동성이 있는 무선 액세스의 통합을 위해 무선 액세스와 유선망 세그먼트간의 접목이 이루어져야 하며, 이는 향후의 광대역 멀티미디어 서비스를 경제적이고도 효과적인 방법으로 제공할 수 있다. 무선 ATM 망에서 요구되는 논리적인 접속을 그림 1에 보여주고 있다.

무선 ATM 망은 여러개의 상호연결된 서브망으로 구성되며, 이들 서브망은 계층적인 망 구조를 구성하며 호처리, 라우팅 그리고 논리적 망 요소들 간에 분산된 제어기능들을 수행한다[8]. 서브망 사이와 또는 서브망 내부의 각 구성요소 간의 통신은 주로 ATM 기술을 기본으로 하지만, 유선망의 세그먼트는 무선 포트(RP : Radio Port)로 부터 다른 전송 기술을 사

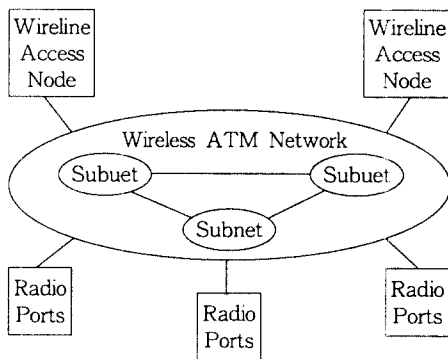


그림 1. 무선 ATM 망의 개관

용하는 무선 인터페이스 프로토콜 종단점으로 전달될 수 있다. 사용자는 무선 액세스 노드인 RP 또는 유선 액세스 노드를 통해서 망을 액세스할 수 있다.

무선 ATM에 대한 대표적인 서브망의 구조는 필요시 망 요소들을 쉽게 할당할 수 있는 계층적 분산망 구조가 될 것이다. 그림 2는 ATM 기반의 무선망 시스템의 일례를 나타낸 것이다. 여기서, 기지국(base station)은 이동가입자가 망을 액세스할 수 있는 RP를 수용하며, 여러개의 RP컨트롤러(RPC : RP Controller)는 그 상위 계층에 분산되어 구성된다. 또한 그 상위 계층에는 소규모 ATM 스위치가 구성되어 있어서 셀 간 트래픽의 라우팅을 위한 충분한 자원을 제공하며, 최상위 계층에는 대규모 ATM 게이트웨이 트웨이 스위치가 있어서 서브망 간의 통신과 다른 원격지의 망 사이에 이동접속 경로를 제공한다[8, 9].

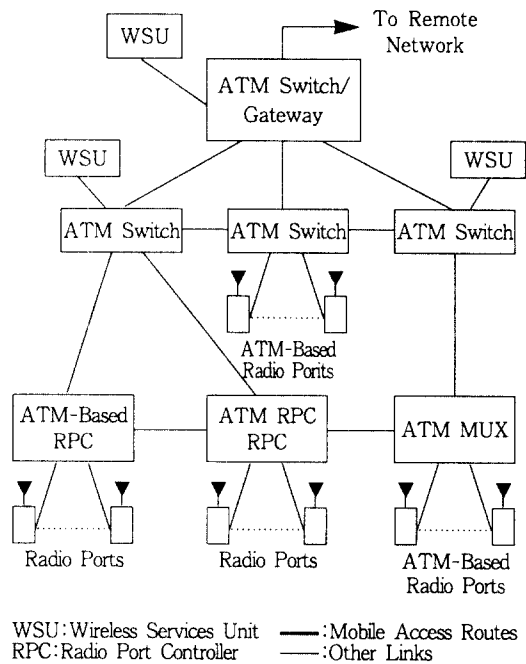


그림 2. ATM 기반의 무선망 시스템

벨코아의 개인액세스 통신시스템에서 취급되는 RP와 RPC는 각각 BS와 BSC에 대응되며, RP는 대개 간단한 무선모뎀이 된다. RP는 무선 인터페이스 패킷(AIP : Air Interface Packet)의 전달, 번역 및 캡슐화 기능을 제공하기 위한 약간의 상위 프로토콜 기능을 요구한다. 또한 RPC는 AIP의 전달 또는 번역 및

캡슐화 그리고 RP의 제어 등을 수행하기 위한 추가적인 상위 프로토콜 기능을 필요로 한다. 이러한 망 요소들은 AIP와 ATM 상호간의 셀 프로토콜 변환을 제공하며, 관련된 부가적인 기능은 ATM 근간망 요소에 ATM 카드를 추가함으로써 제공될 수 있다. 무선서비스장치(WSU : Wireless Service Unit)는 주로 데이터베이스의 지원과 이동성 관리를 위한 신호 및 프로토콜 기능과 그리고 다른 무선 시스템의 특수 기능을 제공한다. 즉, VLR(Visitor Location Register)과 HLR(Home Location Register) 등의 데이터베이스 요소가 WSU에 속해있다[8].

한편, 무선환경에서는 유선망에서의 ATM 서비스와 동일한 종류 및 형태의 서비스를 제공해야 한다. 이들 서비스 트래픽은 현재 이동통신에서 제공되는 트래픽보다 고속의 트래픽을 포함하며, 트래픽의 특성도 ABR, CBR 및 VBR로 다양하고, 이들의 QOS도 서비스 종류에 따라 구분된다. 따라서 무선 ATM 망은 음성, 데이터 및 멀티미디어 등의 서비스에 효율적으로 대처할 수 있는 유연성을 지녀야 한다[10~12]. 표 1은 일부 무선 ATM 서비스의 특성을 나타낸 것이며, 무선링크를 통해 전송이 이루어지므로 최대 허용가능한 BER이 제시되어 있다.

<표 1> 무선 ATM 망에서의 서비스 특성

응용 서비스	서비스 형태	처리율 (bps)	최대 지연 (ms)	최대허용 BER
voice telephony	CBR/VBR	2.4 ~ 32K	30 ~ 40	1.00E-3
video conference	VBR	64 ~ 384K	40 ~ 90	1.00E-7
digital video (TV/VCR quality)	VBR	1 ~ 6M	100	1.00E-6
data (file transfer, ...)	VBR	0.1 ~ 10M	30 (low delay) 300 (high delay) >300 (DB access)	1.00E-6
electronic mail	VBR	9.6 ~ 128K	100	1.00E-6

이들 서비스들을 효과적으로 제공하기 위해서는 이동성, 자원관리, 전송 오류율, 프로토콜 참조모델, QOS 파라미터 재협상 등에 관한 기능들이 수행되어야 하며, 또한 유선망과의 인터페이스가 원활하게 이루어지고 관련 서비스 제공이 용이하도록 무선 ATM 망이 구성되어야 한다.

2.2 프로토콜 참조모델

여러 망이 서로다른 특성을 가지고 있을 뿐만 아니라 그들의 토폴로지도 매우 다를 수 있다. 기지국은 망형, 성형 또는 고리(chain)형과 같이 상호 연결될 수 있고, 그들은 셀전달자(cell-forwarder)로서의 기능이나 또는 스위치 기능으로 작동될 수 있다[8, 9]. ATM 망에 무선 액세스 기능의 확장은 여러 구조에 많은 변경이 요망된다.

먼저, MAC 계층인 경우에 ATM을 지원하도록 점대점 연결이 에뮬레이션되어야 하는데, 이를 위해 매체 감지를 위한 분산 또는 중앙 제어 동작을 수행할 수 있도록 복합 MAC(complex MAC)으로 구성되어야 한다. 그리고, 고속망에서 하나의 ATM 셀을 전달

하기 위한 시간은 PHY가 수신하여 전송하는 스위칭 시간에 근접한다. 따라서, 하나의 ATM 셀이 포함된 PDU를 갖고 있는 시스템은 대역폭의 50% 이상의 처리율을 얻을 수 없을 것이다. 이것은 무선 동기 헤더가 포함될 때에는 더욱 열악하며, 데이터 PDU 당 다중셀을 구성할 경우에 개선될 수 있을 것이다. 다중셀의 구성은 세그먼트화를 수행하지 않거나 또는 매체를 이용시에 버퍼링되는 모든 것을 송신함에 따라 이루어질 수 있다. 그러나, 이 경우 큰 버퍼를 필요로 하며, leaky-bucket 알고리즘의 적용 및 흐름제어 policing이 필요하다. 이밖에, QOS를 지원하기 위해, 무선 MAC 계층 프로토콜에서 실시간 접속을 위한 대역폭 예약 과정과 QOS 요구에 대한 우선순위 형태를 지원해야만 할 것이다[8, 9, 13].

한편, 벨코아에서는 패킷 무선기술이 기반으로 된 무선링크를 향후의 무선 ATM 프로토콜 참조 모델의 일례로서 그림 3과 같이 제시하고 있다[8]. 즉, 무선 물리계층(WPL : Wireless Physical Layer), 무선 패킷전송계층(WPTL : Wireless Packet Transfer Layer), 무선 패킷적용계층(WPAL : Wireless

Packet Adaptation Layer) 그리고 상위계층(Higher Layers)으로 구성되며, WPAL 계층과 WPTL 계층은 각각 AAL 계층과 ATM 계층으로 대응시킬 수 있다. 이 모델은 CBR 및 VBR 트래픽을 모두 수용할 수 있으며, 다중 액세스 기술의 선택은 AIP를 위해 선택된다.

Higher Layers
Wireless Packet Adaptation Layer
Wireless Paket Transfer Layer
Wireless Physical Layer

그림 3. 무선 ATM망의 프로토콜 참조모델의 일례

WPL 계층은 무선 전송매체의 물리적인 액세스를 제공하는 PMD(Physical Medium Dependant) 서브계층과 WPTL로 부터 PMD 서브계층을 통해 전송하기 적절한 형식으로 패킷을 변환하는 TC(Transmission Convergence) 서브계층으로 구성된다. WPTL 계층은 멀티미디어 응용시 해당 서브망의 채널공유 기능을 담당하는 MAC 서브계층과 무선링크로 직접 연결된 인접 노드간에 오류가 없는 패킷 전달기능을 수행하는 DLC(Data Link Control) 서브계층으로 이루어진다. 그리고 WPAL 계층은 무선 시스템 자원의 관리를 담당하는 RR(Radio Resource) 서브계층, 이동성 관리를 담당하는 MM(Mobility Management) 서브계층, 호제어를 담당하는 CC(Call Control) 서브계층, 상위계층과의 메시지 송수신을 위해 패킷의 분해 및 조립을 수행하는 SAR(Segmentation & Reassembly) 서브계층으로 구성된다.

2.3 이동성(Mobility)

ATM 스위치에 의해 상호 연결되는 기지국을 가진 시스템에서, 이동국은 새로운 기지국으로 무선 접속을 해야만 하고, 이전의 기지국으로 부터 새로운 기지국을 통해 스위치되도록 현재의 어떤 채널을 배 열해야만 한다. 이러한 핸드오프 동작은 셀 손실이 없이 채널이 지속되는 동안 이루어져야만 하며, 이를 위해 부가적인 신호방식이 요구된다. 즉, B-ISDN 환경에서 단말 이동성을 지원하기 위한 전달기능이 요구되며, 이를 위해 ATM은 이동성을 지원하는(즉, VC(Virtual Channel)/VP(Virtual Path) 라우팅) 여러

가지 고유 기능들을 제공해야 하고, 핸드오프 수행시에 브리징(bridging)과 셀 시퀀싱(sequencing) 기능 등 ATM 계층에서의 여러가지 부가적인 기능을 제공해야 한다[5, 14, 15].

한편, 핸드오프 이후에 QOS 및 대역폭이 일치될 가능성은 거의 없다. 이동국이 혼자 점유하고 있는 셀 사이트로부터 이미 여러 사용자가 있는 셀 사이트로 이동한다면, 대역폭은 줄어들고 QOS 파라미터를 이에 대응시킬 수 없을 것이다. 이러한 현상은 피할 수 없으며, 통신망과 서비스 시스템에서 관련 기능 및 동작을 보상해야만 개선될 수 있을 것이다.

2.4 전송 오류율

일반적으로 ATM 기술은 광섬유와 같이 매우 넓은 대역폭과 저잡음 특성을 갖는 즉, 비트오류율(BER)이 $10^{-9} \sim 10^{-12}$ 정도를 갖는 광섬유 링크를 기반으로 구현된다. ATM 셀이 광섬유 링크를 통해 전송될 때 전송로 상의 비트오류는 랜덤하게 발생하게 되며, ATM 셀에서의 비트 오류 특성은 표 2와 같다 [16]. 한편, 무선 및 위성 환경에서는 신호가 공중으로 전파되기 때문에 주변의 환경(날씨, 지형, 방해전파 등)에 민감하며, 그 결과 무선환경에서 ATM 셀을 전송할 경우 페이딩, 재밍, 다중경로, 채널 부호화 및 복호화로 인하여 비트오류가 버스트하게 나타나게 되어 많은 셀들의 손실이 발생된다. 이와같이 무선환경은 매우 열악하기 때문에 ATM 기술을 무선환경에 그대로 적용하기에는 상당한 어려움이 따르며, 10^{-1} 정도의 BER을 개선하기란 더욱 어렵다. 특히, 위성링크를 통해 고속(45Mbps 또는 155Mbps)으로 데이터를 전송하기 위해서는 링크의 BER을 10^{-7} 이상으로 유지해야 하며, 이를 위해 오류정정(error correction) 기법을 사용해야 할 경우 또다른 형태의 버스트 오류를 유발시켜 ATM 셀에 큰 영향을 미치게 된다[2, 11].

따라서, 페이딩 등의 잡음과 전파지연이 큰 경우에는 BER이 증가되어 이들 환경에서 ATM 전송이 가능하도록 하기 위해서는 라우팅 기능을 수행하는 셀 헤더(header)에서 오류가 발생되지 않도록 해야한다. 또한, 고속의 위성링크에서도 수용가능한 BER을 제공하기 위해서는 오류정정 기능이 요구된다. 그러나 ATM 셀 헤더내의 HEC(Header Error Correction) 기능으로는 단지 하나의 비트 오류만을 정정할 수 있고 버스트 오류의 정정이 불가능하다. 그 결과 무선링크에서의 ATM 셀 폐기율은 랜덤 오류를 갖고 있는 유

표 2. ATM 셀에서의 비트 오류 특성

오류의 발생	오류 특성	결 과	관련 QOS 파라미터
header	corrected (right)	valid cell	-
header	corrected (false)	corrected (false)	ATM cell insertion rate (CIR)
header	detected	cell loss	ATM cell loss rate (CLR)
payload	at least one bit	cell error	ATM cell error rate (CER)
payload	multiple bits	severe cell error	ATM severely errored cell ratio

선링크보다 매우 커지므로 버스트 오류특성에 대한 오류정정 기능이 추가로 필요하게 된다. 또한 위성 링크를 통한 ATM 서비스가 가능하기 위해서는 셀 폐기율을 광섬유 링크 수준으로 낮출 수 있는 기법에 대한 연구가 요망된다. 현재, 오류정정 기법으로 FEC 방법과 ARQ 방법이 사용되고 있는데, FEC는 대역폭의 낭비를 초래하는 문제점이 있으며, ARQ는 지연이 수반되므로 비실시간 서비스에만 적용될 수 있다.

한편, 무선 환경에서 동작상태의 일시적인 정지가 흔히 발생될 수 있는데, 이로 인한 무선링크의 다운이 발생되지 말아야 한다. 이를 위해서는 인접하는 시스템에 대한 감시 및 신호 응답 타임아웃 상태를 감시하기 위해 기존의 OAM 형태를 변경할 필요가 있다.

III. 이동성을 고려한 무선 ATM 프로토콜

3.1 이동 액세스망의 구성 및 핸드오프

무선 ATM 망에서는 ATM 기술의 특징을 고려하면 단말 이동성과 핸드오프의 효율적인 제공이 가능

하고, 또한 기지국간의 연결을 위한 접속기능을 효과적으로 제공할 수 있다. 단말 이동성에 요구되는 라우팅 기능은 기본적인 ATM 구조 및 기능을 사용하면 가능하다. 그러나, 무선 정합은 특수한 무선 물리계층(RPHY ; Radio Physical Layer)이 필요하다. 단, 이동단말(MT ; Mobile Terminal)의 프로토콜 스택은 B-ISDN 프로토콜 구조(AAL 계층, ATM 계층 및 RPHY 계층)의 하위 계층으로 모델링 될 수 있다. RPHY 계층은 여러가지 액세스 기술((CDMA ; Code Division Multiple Access), TDMA(Time Division Multiple Access))의 특수 형태, 패킷 액세스 형태, 용량의 유연성 등을 위한 다중 무선링크에 관한 기능을 담당한다[8, 14, 15].

이동성을 고려한 무선 ATM 망에서 액세스망의 구성은 이동 단말(MT), 기지국(BTS ; Base Transceiver Station), 셀 사이트 스위치(CSS ; Cell Site Switch) (즉, 이동교환국) 및 국부 교환기(LE ; Local Exchange)를 포함한다. 이상을 고려하면 이동 액세스망 내의 사용자 트래픽의 라우팅은 그림 4에 설명된 바와 같이 이루어진다.

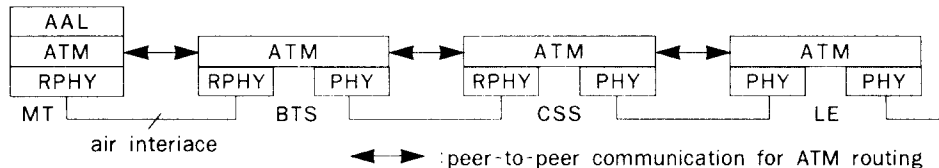


그림 4. 이동 액세스망의 구성 및 라우팅

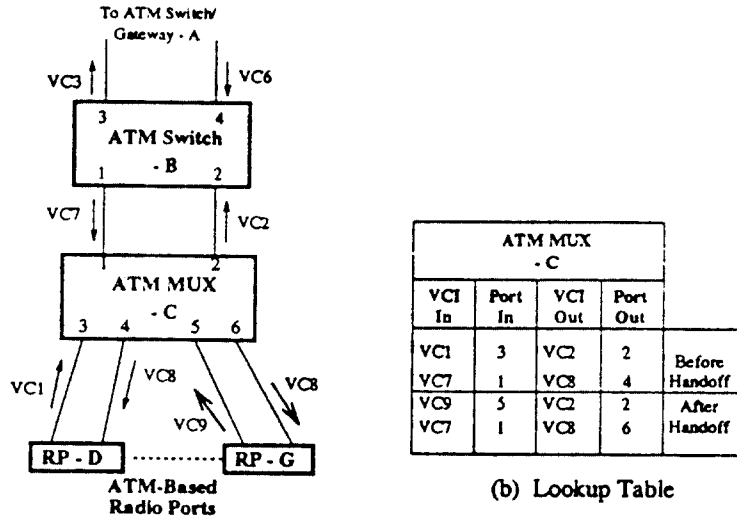
핸드오프 및 재라우팅(re-routing) 등 이동성에 관련된 무선 ATM 망 환경을 지원하기 위해 VC/VP 번역 기능과 이를 수용하는 ATM 구조가 요구된다. 매크로 다이버시티(MD ; Macro-diversity)와 관련 핸드오프는 핸드오프 수행이 완료된 이후에도 근원지와 목적지 간에 서로다른 물리적인 경로를 통해 동일

신호의 멀티캐스트를 필요로 한다. 무선 인터페이스를 통한 이러한 멀티캐스트 리던던시는 경로에 의존적인 신호 품질을 개선할 수 있다. MD와 관련 핸드오프는 컴바이너(combiner) 장치 내의 신호 비교를 허용하기 위해 접속 세그먼트의 동기화를 필요로 한다. ATM context 내에서 핸드오프 및 재라우팅의

선택은 ATM Context내에서 VC/VP 세그먼트를 재구성함으로써 가능하다. 핸드오프 및 재라우팅에 관련된 AIP/ATM 셀은 연속적으로 도착될 수 없으므로 셀 시퀀싱을 필요로 한다. 핸드오프 및 재라우팅 그리고 셀 시퀀싱 동안에 브리징(bridging) 노드간의 협력은 ATM 노드에서의 부가적인 이동성 요구사항이 된다.

그림 5의 (a)는 ATM 다중화기에 의한 비매크로 다이버시티(NMD ; Non-macro Diversity) 핸드오프 및 재라우팅을 통한 이동접속의 예를 나타낸 것이다. 다른 서브망으로의 이동접속은 ATM 게이트웨이 스위치 A를 통하여 ATM 기반의 RP-D로 부터 초기에 설정된다. 이동중인 사용자가 RP-D로 부터 ATM 기반의 다른 RP-G로 핸드오프를 원할 때, RP-D는

RP-G만을 액세스할 때 사용되는 새로운 VCN (Virtual Channel Number)을 갖는 AIP 전송을 시작한다. RP-G에서는 해당되는 VCI(VC9)가 입력되는 AIP 헤더로 부터 얻어지고, AIP는 ATM 셀로 번역되어 미리 할당된 경로를 통해 ATM 다중화기 C로 라우팅된다. ATM 다중화기 C에서의 모니터/번역기는 VCI과 VC9의 비교를 통하여 RP-D로 부터 RP-G로의 핸드오프를 인식한다. 원격지 통신망으로의 이러한 ATM 셀의 라우팅은 변경되지 않고 유지되지만, 반면에 VC7을 통해 ATM 다중화기 C에 도착되는 ATM 셀은 이동체로의 전송을 위해 RP-G로 VC8을 라우팅한다. ATM 다중화기 C에서 핸드오프 이전 및 이후의 라우팅에 대한 룩업테이블(look-up table)이 그림 (b)에 나타나 있다.



(a) Virtual Channel Connections

그림 5. ATM 다중화기에 의해 지원되는 NMD 핸드오프 및 재라우팅을 통한 이동 접속

이밖에, ATM 스위치에 의해 지원되는 MD 핸드오프 및 관련 RPC를 통하여 이동 접속을 수행할 수 있다. 이상의 결과에 의하면 무선 ATM 망에서 기본적인 이동성을 수행하기 위한 요구사항으로는 스위치, 멀티캐스트 또는 컴바이닝 기능에서 ATM 계층 내의 VC/VP 라우팅 등의 변경, 두 MD 그룹간의 NMD 핸드오프에 대한 데이터 시퀀싱의 지속, MD 그룹에서 여러개의 접속 세그먼트들의 동기화 등을 수행해야 한다. 이를 위해서는 ATM 수송기능 상에서 새로운 요구사항을 필요로 한다. 이들 두 요구사항들 간

의 기본적인 차이로 MD 동기화가 액세스망에 제한될 수 있으나, 반면에 데이터 시퀀싱의 지속은 ATM 노드를 지원하는 어떤 이동성에서 요구된다.

3.2 무선 ATM 프로토콜 구조

무선 ATM은 무선링크를 사용함으로써 전송속도 (bit rate), 셀손실, 지연 등에 대한 제약이 있다. 무선 ATM으로의 기본적인 접근방법을 위해서는 망계층 기능에 대해서는 표준 ATM 셀을 사용하지만, 무선 헤더 및 트레일러가 무선 채널의 특수 프로토콜 계층

- MAC, DLC 및 무선망 제어(wireless network control) - 을 위해 무선링크 상에 추가되어야 한다 [5]. 그림 6은 고정망과 무선망 사이의 인터페이스를 나타낸 것이다. 무선 ATM의 프로토콜 계층화는 표준 ATM과 조화를 이루어야 하며, 새로운 무선 채널을 위해 특수한 MAC, DLC 및 무선망 제어 계층이 ATM 프로토콜 스택에 추가되어야 한다. 이동성을 고려하여 ATM 망 및 제어계층은 구역(location) 관리, 핸드 오프, QOS 규정 및 재협상 등과 같은 부가적인 기능을 필요로 한다. 또한, 무선채널의 높은 오류율의 문제를 개선하기 위해, DLC 계층에서는 오류를 막기위한 추가적인 기능을 제공해야 한다.

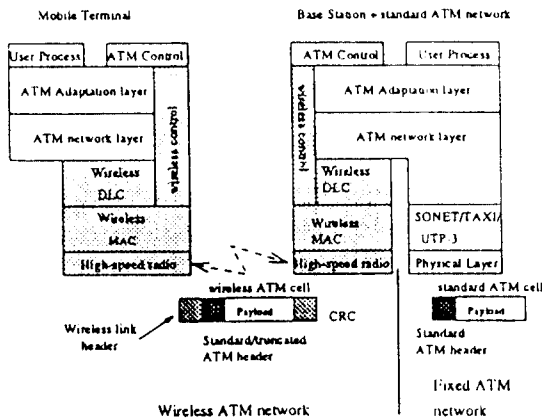


그림 6. 고정망과 무선망 간의 인터페이스

IV. 무선 ATM 망 전송 링크의 오류 특성

4.1. 전송 오류와 셀 손실률

무선 ATM 망에서 BER이 높은 무선링크를 통해 트래픽을 전송할 경우, ATM 셀에 많은 오류가 발생하게 된다. ATM 물리계층에서 셀이 손실될 확률을 고찰하기 위해 무선링크상에서 전송 채널의 오류가 랜덤하게 나타난다고 가정하면, 랜덤 오류에 의해 ATM 셀 내에 1비트 이상의 오류가 발생할 확률(CER : Cell Error Rate)과 ATM 셀 헤더에 1비트 이상의 오류가 발생할 확률은 근사적으로 식 (1)과 같이 표시할 수 있다[4, 16, 17].

$$CER = 1 - \sum_{i=0}^{\infty} {}_n C_i p^i q^{n-i} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} p &= BER \\ q &= 1 - p \\ &= 1 - BER \end{aligned}$$

식 (1)에서 셀 내에 1비트 이상의 오류가 발생할 확률과 헤더에 1비트 이상의 오류가 발생할 확률은 각각 $n = 424(53octets)$ 와 $n = 40(5octets)$ 으로 놓고 구한다.

ATM 셀 헤더에는 2비트 이상의 오류 검출과 1비트 오류의 정정이 가능한 HEC 기능이 있어서 1비트 오류에 의해 셀이 손실되는 것을 막아준다. 따라서, 오류가 랜덤하게 발생할 때 헤더에 2비트 이상의 오류가 발생하여 셀이 손실될 확률(CLP : Cell Loss Probability)은 근사적으로 식 (2)와 같이 표시할 수 있다.

$$CLP = 1 - \sum_{i=0}^1 {}_n C_i p^i q^{n-i} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} p &= BER \\ q &= 1 - p \\ &= 1 - BER \end{aligned}$$

여기서, $n = 40$ 는 이고, t 는 헤더에 있는 오류의 갯수를 나타낸다. 따라서 헤더에 길이가 2인 버스트 오류가 나타날 확률은 근사적으로 식 (3)과 같이 표시할 수 있다.

$$CLP = 1 - {}_{40} C_0 p^0 q^{40} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} p &= BER/2 \\ q &= 1 - p \\ &= 1 - BER/2 \end{aligned}$$

한편, 평균 오류버스트 길이가 b 일때, n 개의 오류가 h 비트의 간격으로 발생할 확률 $P_B(n)$ 은 식 (4)와 같다. 여기서, p 는 디코더 출력단에서의 비트 오류율을 나타낸다.

$$P_B(n) = \frac{b^n}{n!} \exp(-\frac{hp}{b}) \sum_{j=0}^{\infty} (\frac{hp}{b} \exp(-b))^j \frac{j^n}{j!} \quad (4)$$

이상의 결과식에 의하여 BER의 변화에 따른

ATM 셀의 오류 및 손실 확률을 나타내면 그림 7과 같다. 여기서, 점선과 실선은 각각 오류가 랜덤하게 발생하여 셀 및 헤더에 오류가 발생할 확률(CER)과

헤더내에 2비트 이상의 오류의 발생으로 셀이 폐기되는 셀 손실률(CLP)을 나타낸 것이다.

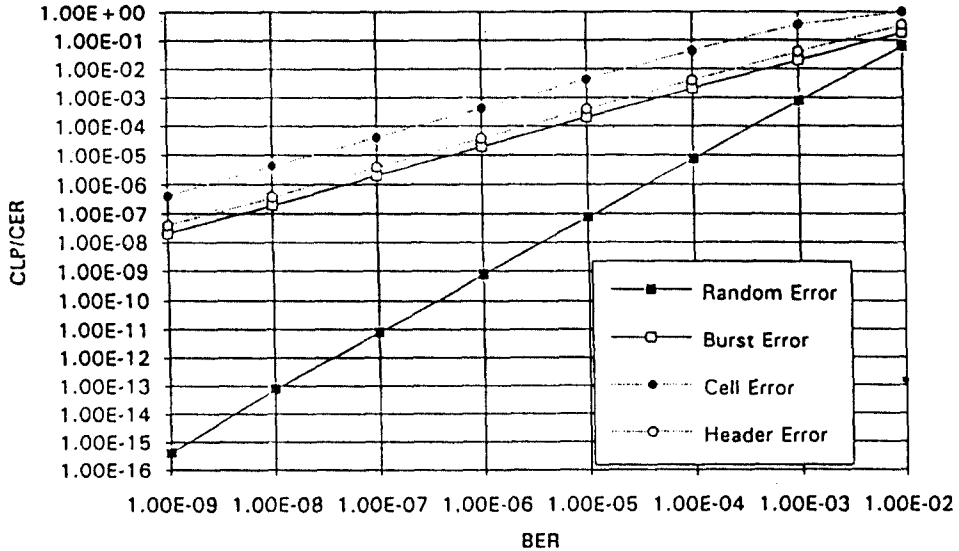


그림 7. BER의 변화에 따른 CLP/CER 특성

그림 7에서 랜덤 비트 오류가 셀에 미치는 영향을 살펴보면, 무선링크의 BER이 10⁻³일 때 셀에 1비트 이상의 오류가 발생할 확률은 0.34이고, 헤더에 1비트 이상의 오류가 발생할 확률은 0.04이다. 이때, 1비트 오류는 HEC에 의해 정정되므로 2비트 이상의 오류가 손실되는 비율은 약 0.076%가 된다. 반면에 오류가 2비트 길이로 버스트하게 나타나게 되면, 셀 손실률은 1.98%에 이르게 되어 상당량의 셀이 손실됨을 알 수 있다. 또한, 랜덤 오류 환경에서는 BER이 10⁻² 크기로 변화할 때마다 CLP는 10⁻² 크기로 변화하나, 버스트 오류 환경에서는 거의 비례적으로 변화한다. 따라서, 버스트 오류 환경에서의 셀 손실률이 랜덤 오류 환경에서의 경우보다 훨씬 크게 나타남을 알 수 있다.

4.2 홉(hop) 수와 셀 손실률

그림 8과 같이 무선 ATM 망에서 트래픽 셀들이 한 노드에서 다른 노드로 BER이 서로 다른 여러개의 무선링크, 즉 여러개의 홉(hob)을 통해 전달될 때, 홉 수에 따른 셀 손실률 특성을 고찰한다. 노드 1에서 노드 n으로 전달된 셀의 개수, 즉 트래픽을 계산하면 식 (5) 및 식 (6)과 같다 [17]. 여기서, T₀는 노드 1, T₁은 노드 2, T_n은 노드 n의 트래픽을 의미한다.

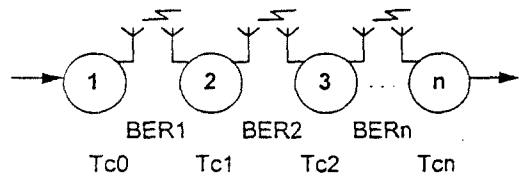


그림 8. n 개 홉으로 구성된 무선 ATM 망

$$\begin{aligned}
 T_1 &= T_0 - T_0 \times CLP_1 \\
 &= T_0 - (1 - CLP_1) \\
 T_2 &= T_1 - T_1 \times CLP_2 \\
 &= T_1 - (1 - CLP_2) \\
 &= T_0 - (1 - CLP_1)(1 - CLP_2)
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

그러므로, T_n은

$$\begin{aligned}
 T_n &= T_0 (1 - CLP_1)(1 - CLP_2) \\
 &\quad \dots(1 - CLP_n)
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

과 같다. 한편, 식 (5)와 (6)의 결과를 이용하여 노드 1에서 송출되어 노드 n으로 전달되는 동안에 발생한 셀 손실률을 구하면 식 (7)과 같다.

$$CLP_{total} = (T_{\infty} - T_m) / T_{\infty} \quad (7)$$

$$= 1 - T_m / T_{\infty}$$

식 (7)과 (5)의 결과로부터 노드 1에서 노드 3까지 전달되는 동안의 셀 손실률을 구하면 식 (8)과 같다.

$$CLP_{1-3} = 1 - T_{\infty} / T_{\infty} \quad (8)$$

$$= 1 - [T_{\infty} (1 - CLP_1)(1 - CLP_2) / T_{\infty}]$$

$$= 1 - (1 - CLP_1)(1 - CLP_2)$$

따라서, 식 (8)의 결과를 이용하여 식 (7)을 다시 정리하면 식 (9)와 같다.

$$CLP_{total} = 1 - (1 - CLP_1)(1 - CLP_2) \dots (1 - CLP_n) \quad (9)$$

여기서, 만일 노드 1에서 노드 n 까지의 링크의 BER이 동일하다고 가정하면, 식 (9)는 식 (10)과 같이 다시 정리할 수 있다.

$$CLP_{total} = 1 - (1 - CLP)^n \quad (10)$$

식 (9) 및 (10)의 결과로부터 무선 ATM 망의 트래픽 근원지(source)에서 목적지(destination)까지 여러개의 링크(즉, 홉)를 통해 셀이 전달될 때, 각 홉의 BER에 따른 셀 손실률의 변화와 홉 수에 따른 셀 손실률의 변화를 나타내면 그림 9와 같다. 여기서, 각 홉의 BER은 $10^{-2} \sim 10^{-6}$ 및 10^{-6} 의 경우에만 고려하였으며, 오류 특성은 랜덤 오류와 버스트 오류를 각각 고려하였다.

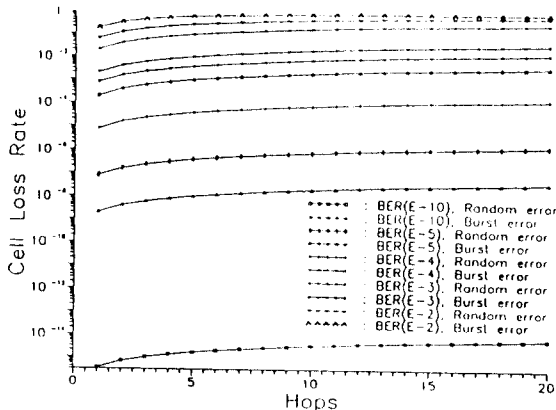


그림 9. 홉 수에 따른 셀 손실률 특성

그림 9로부터 많은 홉을 통해 셀이 전달될수록 셀 손실률이 커지는 것을 알 수 있는데, 예를 들어 각 홉의 BER이 10^{-10} 이면 20개의 홉을 지나는 동안에 셀 손실률이 약 10^{-14} (랜덤 오류)과 10^{-8} (버스트 오류)이고, BER이 10^{-5} 이면 셀 손실률이 10^{-6} (랜덤 오류)과 10^{-3} (버스트 오류) 정도가 된다. 그러나, BER이 10^{-4} 이상이 되면 셀 손실률은 매우 커져 상당량의 메시지가 높은 BER로 인해서 손실되므로, BER이 $10^{-3} \sim 10^{-5}$ 인 무선환경에서는 셀 손실률을 대폭 줄일 수 있는 오류정정 코드를 사용해야 할 것이다.

4.3 셀 손실률과 처리율

데이터 정보의 손실은 망의 처리율(즉, 성능) 저하를 초래하게 되는데, 여기서는 셀 손실률에 따른 처리율의 영향을 고찰한다. 전송되는 셀 중에서 하나 이상이 손실될 경우에는 ATM 적응계층(AAL ; ATM Adaptation Layer)에서 패킷의 재조립에 실패를 하게되어 패킷 손실이 발생되며, 이러한 손실은 수송계층과 같은 상위계층 프로토콜에 영향을 미치게 된다. 이를 해결하기 위해 상위계층 프로토콜은 오류가 발생된 패킷을 재전송하게 되는데, 재전송 방법으로는 Go-Back-N 방식과 Selective Reject 방식이 이용된다. Selective Reject 재전송 방법은 전송이 중단된 패킷 정보만을 재전송하기 때문에 처리율이 Go-Back-N 방법보다는 우수하지만, 반면에 프로토콜이 복잡하다. 한편, round-trip 시간이 윈도우 크기에 비해서 충분히 길다면 처리율은 상당히 줄어들게 된다 [17~20].

재전송 윈도우가 W 인 경우의 셀 갯수는 전송 속도 R , 패킷 크기 p (Bytes) 및 전파지연 τ 에 의해서 아래의 식 (11)과 같이 정의된다[4, 17].

$$W = \frac{2\tau R}{8p} \quad (11)$$

또한, 각 패킷의 셀 손실률이 랜덤한 경우에 패킷이 손실될 확률 π 는 식 (12)와 같이 근사적으로 표시할 수 있다. 여기서, 48은 ATM 셀의 페이로드(payload)를 나타낸다.

$$\pi \approx \frac{p}{48} \times CLP \quad (12)$$

Go-Back-N 방법에서는 W 패킷을 갖는 윈도우에 하나의 패킷 오류가 발생하여도 W 패킷을 갖는 윈도우 전체가 재전송되어야 한다. 따라서, 이 경우의

처리율 η 는 윈도우가 보내져야 하는 평균 횟수에 거의 반비례하며, 식 (13)과 같은 근사식으로 표시할 수 있다.

$$\eta (Go\ Back\ N) \approx \frac{1 - \pi}{1 + \pi W} \quad (13)$$

Selective Reject 방법에서는 오류가 발생된 패킷만을 재전송하므로, 이 경우의 처리율 η (Selective~Reject) 는 각 패킷이 보내져야 하는 평균 횟수에 거의 반비례하며, 식 (14)와 같은 근사식으로 표시할 수 있다. 이 식은 단지 단일 패킷만이 round-trip 지연 윈도우 내에서 전송되는 경우에만 적용할 수 있다.

$$\eta (Selective\ Reject) \approx (1 - \pi) \quad (14)$$

그림 10은 셀의 전송속도 R 이 20Mbps, 패킷 크기 p 가 200Bytes, 윈도우 크기 W 는 2500 패킷 그리고 지연 τ 가 100ms인 경우에 Go-Back-N과 Selective Reject 재전송 방법에 대한 처리율을 각각 나타낸 것이다. 이들 양 방법은 10⁻⁶의 셀 손실률까지는 거의 100%에 가까운 처리율을 갖지만, 이후 셀 손실률이 증가할수록 Go-Back-N 방법의 처리율은 각 윈도우에 오류가 생길 확률이 매우 증가되므로 급격하게 감소되며, 셀 손실률이 10⁻²까지 증가할 경우에는 전송되는 패킷이 거의 없게 된다. 반면에 Selective Reject 방법은 셀 손실률이 10⁻³까지 거의 100%에 가까운 처리율로 지속된 후 감소하기 시작한다.

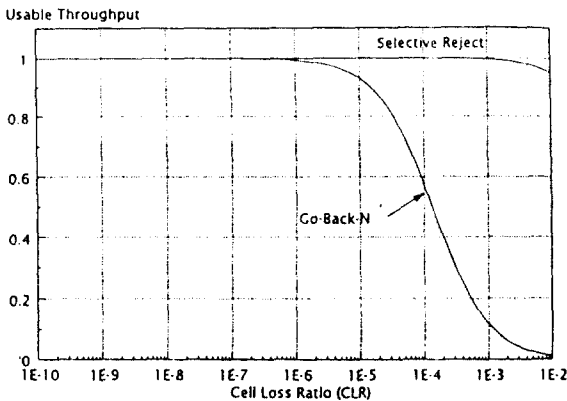


그림 10. 셀 손실률에 따른 처리율 특성

그림 10의 결과에 의하면 셀 손실률이 큰 (CLP=10⁻³, BER=10⁻⁴) 무선 환경에서는 처리율을

높이기 위한 재전송 방법으로서 Go-Back-N 방법보다는 Selective Reject 방법을 사용하는 것이 효과적인 것임을 알 수 있다.

4.4 시뮬레이션 및 결과 검토

무선 ATM 망에서 전송 링크의 오류 특성을 살펴 보기 위해, 무선링크를 가시선(LOS : Line of Sight) 링크와 위성링크로 구분하였으며, 다양한 무선 ATM 망에서 ATM 트래픽의 단대단(end-to-end) 전송 특성을 고찰할 수 있도록 L-L(L1 : LOS 링크, L2 : LOS 링크) 모델을 구성하였다. 이들 모델에서 시뮬레이션 전용의 소프트웨어 패키지인 BONEs(Block Oriented Network Simulator) Designer를 이용하여 SUN SPARK 20 워크스테이션에서 시뮬레이션을 수행하였다[21].

시뮬레이션 모델에서 링크의 전송속도(즉, 대역폭)는 20Mbps로 고정하고, 랜덤 혹은 버스트 오류가 있는 무선링크를 가정하여 이들 링크별로 BER을 가변(1.00E-3, 1.00E-4)하고, 오류정정 기능을 보강(2비트 정정)하면서 ATM 셀을 전송하는 형태로 무선 ATM 망의 오류 특성을 고찰하였다.

여기서, 가시선 링크와 위성 링크의 지연을 각각 132 μ s (3.3 μ s \times 40km)와 250ms, 무선링크의 특성 및 성능 평가요소로는 비트오류율, 셀 손실률, 처리율 등을 고려하였다. 또한, 각 노드는 ATM 셀을 처리할 수 있는 스위치로 가정하고, 버퍼상에서 오버플로우로 인한 오류를 방지하기 위해 버퍼의 구조는 FIFO로서 크기는 무한대로 하였다. 트래픽 소스의 종류로는 음성, 고속 데이터, 대화형 저속 데이터, MPEG2 데이터로 대별하여 음성은 32채널, 그 이외는 각각 2채널의 용량으로 전송하며, 망 내 링크의 부하는 50%를 유지하도록 하였다. 특히, 버스트 트래픽의 셀 발생은 On-off 분포로 가정하여 버스트간의 간격은 지수 분포, 버스트 길이는 기하 분포로 하였다. 이밖에 각 노드간 거리는 일정하게 하였으며, 시뮬레이션 시간은 3초로 하였다.

그림 11은 BER 1.00E-3, 1.00E-4인 랜덤 및 버스트 오류환경을 가진 L-L 모델에서의 처리율을 나타낸 것이다. 2비트 정정기능을 수행하는 랜덤 오류환경(R3LLE34L50)과 버스트 오류환경(B3LLE34L50), 1비트 정정기능을 수행하는 랜덤 오류환경(R2LLE34L50)과 버스트 오류환경(B2LLE34L50) 순으로 처리율이 떨어진다. 특히 2비트 오류정정기능을 수행하는 경우보다 1비트 오류정정기능을 수행하는 경우에 그리고

랜덤 오류환경인 경우보다 버스트 오류환경인 경우에 처리율이 급격히 떨어짐을 알 수 있다.

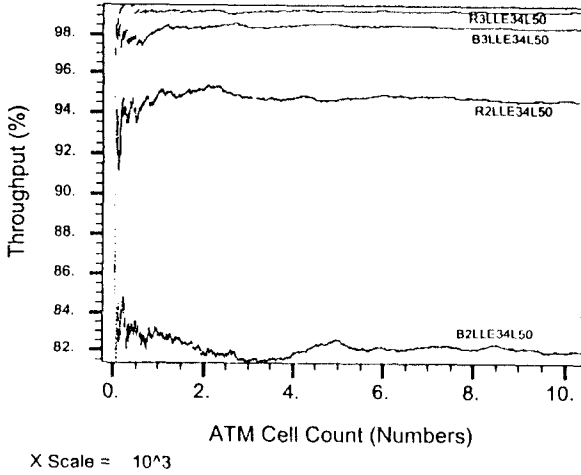


그림 11. ATM 셀 수에 따른 처리율 특성
(BER 1.00E-3, 1.00E-4)

이상의 결과에 의하면 L-L 모델에서 무선 ATM 망의 구성이 가능해지기 위해서는, BER이 1.00E-3, 1.00E-4인 경우에 랜덤 오류환경에서는 2비트 이상의 오류정정기능이 그리고 버스트 오류환경에서는 3비트 이상의 오류정정기능이 필요함을 알 수 있다.

4.5 셀 손실을 개선 방법

1) FEC 코딩을 이용한 방법

ATM 셀 전송시 패리티셀 및 셀 손실 검사셀을 추가로 전송하여 전송시 오류가 발생한 셀을 정정하는 방식이 제안되고 있다[20, 22]. 이 방법은 기존 프로토콜을 변경시키지 않고 메모리 및 에러 검사 기능만을 일부 추가시키면 사용이 가능하다. 버스트 셀 오류도 복원할 수 있는 장점이 있으나, 추가적인 셀이 소요되므로 오버로드를 야기시킬 수 있으며, 단위 블록당 에러 검사로 인하여 셀 지연이 크게 증가한다.

FEC 방식은 주로 광섬유를 전송로로 하는 망에서 노드의 버퍼 오버플로우에 의한 셀 손실에 대한 보상 방법이지만, 상대적으로 BER이 안좋은 무선 전송 환경에서 발생할 수 있는 셀 손실에 대한 보상도 같은 효과가 있다. 그러나 여분의 셀이 많이 필요하여 오버로드를 유발할 수 있다.

따라서 채널을 효율적으로 사용할 필요성이 큰 위성 전송 링크 및 마이크로웨이브 무선링크에 적용하

기에는 문제점이 있다.

2) 에러 정정용 비트 보강에 의한 방법

BER이 10⁻³이하의 열악한 환경에서는 1비트 에러만을 정정할 수 있는 기존 HEC 프로토콜로는 셀 손실률이 커서 재전송 요구가 커지게 되며, 이로 인한 오버로드 현상이 발생할 수 있다. 셀 손실률을 개선하기 위한 방법으로 셀 헤더의 에러 검출 기능을 보강하려는 시도가 군용망 쪽에서 시도 중이다. 헤더에 2비트의 에러가 발생하였을 때도 정정할 수 있도록 그림 12와 같이 에러 정정 비트를 2바이트로 증가시킨 모델이 제안되고 있다[6, 7, 22, 23].

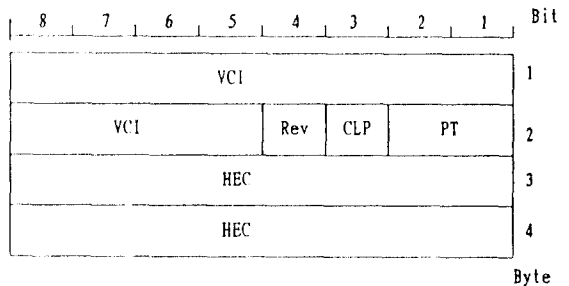


그림 12. 2바이트 HEC를 사용한 전송용 ATM 헤더

군용망은 상용망에 비해 상대적으로 규모가 작아서 VCI/VPI의 비트수를 줄이고 에러 검출 비트(1 바이트 증가)를 보강하는 방법이 가능하며, 또한 기존의 HEC에 추가로 CRC-16 검사 비트를 제공하여 더욱 양호한 성능을 얻는 것이 가능하다. 전자는 셀 크기가 기존 셀 단위인 53 바이트로 구성 가능하나, VCI/VPI 비트가 상용 프로토콜과 차이가 있으므로 셀 경계 식별 등을 위해 상용망과의 연동 기능이 보완되어야 한다. 후자의 경우는 53+2 바이트의 셀구조상되므로 기존 표준과는 셀 크기 자체는 다르나, 셀 경계 식별 및 ATM 계층 이상의 상위층에서는 특별한 부가 기능이 불필요하다. 이와같은 프로토콜을 적용하면 상당한 셀 손실 개선 효과가 있다. 그러나 두 경우 모두 기존 프로토콜과의 호환성 문제가 해결되어야 하므로 상용망에서 ATM 셀을 무선으로 전송할 때 이 방법을 이용하는 것은 바람직한 방법으로 볼 수 없다.

3) 인터리빙에 의한 방법

무선 환경에서는 버스트 에러 발생 확률이 유선 환경과 비교하여 상대적으로 크며, 특히 위성전송의 경우에는 전송지연이 커서 재전송 요구 확률을 최소화

V. 무선 ATM 기술의 응용

5.1 무선 LAN

각종 정보기기와 단말기의 이용증가에 따라 통신선로 및 관련설비의 확장과 단말기의 이동에 따른 비용 증가는 많은 부담이 되고 있다. 특히, 기존 유선 LAN의 문제점인 선로 유지보수, 증설, 단말장비 이전 등의 어려움을 해소하기 위하여 무선 LAN에 대한 필요성이 증대되고 있다. 또한, 향후의 광대역 서비스를 제공하기 위해서는 무선 인터페이스가 ATM 셀기반으로 구성하는 것이 바람직하다. ATM LAN은 특정 전송매체 및 속도에 제한받지 않으며, 각 호스트 사이의 데이터 전송은 병렬로 동시에 이루어지므로 고속 멀티미디어 서비스나 멀티미디어 데이터 공유와 다자간 통신을 통한 화상회의 서비스를 충족 시키기에 적절하다. 또한 광대역 공중통신망과의 연결을 담당하는 게이트웨이나 브릿지에서의 용이한 처리로 인하여 망 간의 고속 정보전달이 가능하다.

무선 LAN 프로토콜을 유선 LAN과 가급적 호환성을 갖도록 하여 유선 LAN을 무선 LAN으로 쉽게 치환할 수 있어야 한다. 또한 패시형 프로토콜의 무선 LAN에 대한 적용은 곤란하기 때문에 국제표준의 유선 LAN과 호환성을 갖도록 한다면 CSMA/CD 형태의 프로토콜로 해야 할 것이다. 그러나 무선 캐리어 레벨의 검출시 측정에 의한 충돌 검출이 곤란하기 때문에 새로운 충돌 검출 알고리즘이 요구된다. 또한, 유선 LAN에서는 전송로의 품질이 양호하고 데이터의 오류율이 낮기 때문에 상위계층에서 오류제어를 수행해도 전체의 성능에는 큰 영향을 주지 않는다. 그러나, 무선링크에서는 오류환경이 매우 열악하기 때문에 성능 저하를 방지하기 위해 무선 LAN 프로토콜 상에서 오류제어를 수행할 필요가 있다. 기존의 연결형 통신에서 사용되는 ARQ 방식을 비연결형 특성을 지닌 무선 환경에서 그대로 적용하기에는 큰 지연과 많은 오버헤드가 존재하게 된다.

따라서, 무선 LAN 프로토콜의 오류제어 방식으로는 오류정정부호를 이용하는 FEC 방식이나, 이용하든 또는 오류가 발생한 수신 패킷에 대한 선택적 ARQ 방식을 사용하든지, 또는 이들 양방식을 병용하는 형태가 바람직할 것이다[12].

무선 LAN에 있어서 가장 큰 장점은 단말의 휴대성과 이동성을 수용한다는 점이다. 이 경우 유선 LAN에서 이용되어 온 고정적인 어드레스 할당으로는 대응할 수 없기 때문에 해당 계층의 상위 프로토콜 변

경이 요구된다. 변경 방법으로는 네트워크 어드레스 자체를 단말이 존재하는 네트워크에 따라 동적으로 변경하는 동적 어드레스 변경과 단말의 네트워크 자체는 고정으로 하고, 그 경로를 이동에 따라 동적으로 변화시키는 동적 경로 변경이 고려될 수 있다.

한편, 무선 ATM 기반 LAN은 경제적인 이용이 가능하고, 새로운 기능과 서비스 응용을 갖는 다수의 망 사용자에게 제공할 수 있다[25, 26]. 기존의 B-ISDN UNI는 유선망의 점대점 접속이 대부분이다. 그러나, 무선 ATM LAN에서는 무선 채널의 방송의 용이성을 고려하여 MAC 계층의 보완이 요구된다. 무선 ATM LAN을 위한 변경된 ATM 셀 헤더를 그림 15에 보여주고 있는데, 동기화 및 동화(equalization) 기능과 전송오류의 정정기능이 보강되어 있음을 알 수 있다.

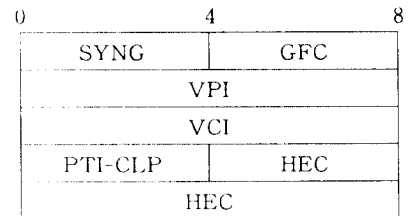


그림 15. 무선 ATM LAN을 위한 변경된 ATM 셀 헤더

무선 ATM LAN에서 고려되어야 할 2가지 요소로서, 이동성 관리와 미디어 액세스 분야가 있다. 이동성 관리는 무선 가입자가 망 내에서 자유로운 로밍을 허용하기 위해 요구되며, 미디어 액세스 프로토콜은 여러 이동 가입자에게 무선 액세스를 허용하기 위한 것이다[25].

또한, 멀티미디어 트래픽을 지원하기 위한 무선 ATM 망에 있어서, 효율적인 방법으로 제한된 통신 대역을 각 이동국이 공유하고, 주파수 스펙트럼의 이용효율을 최대화하고, 이동국의 지연을 최소화하기 위한 채널 액세스 프로토콜이 설계되어야 한다. AT&T 벨연구소에서는 상향의 Request Access(RA) 채널과 하향의 Packet Transmission(Xmt) 채널로 된 타임슬롯 할당 시스템에서 slot-by-slot 기반으로 작동하는 DQRUMA(Distributed Queueing Request Updata Multiple Access) 채널 액세스 프로토콜을 제안하였다[27, 28]. DQRUMA 프로토콜의 블록도는 그림 16과 같고, 상향링크와 하향링크의 대역폭을 동적

으로 공유하기 위해 시분할 이중(duplex) 시스템에서 DQRUMA 프로토콜을 사용할 수 있으며, 이 프로토콜은 각 기지국에서 간단히 취급할 수 있다. 즉, 기지국이 이동국으로부터 상향의 RA 채널을 통해 전송요구를 수신함에 따라 기지국은 Request 테이블 내의 적절한 엔트리를 갱신한다. Request 테이블은 시스템 내의 N개의 모든 이동국에 대한 엔트리를 포함하며, 각 엔트리는 이동국의 b비트 Access Identification(Access ID)와 각 이동국에서 또다른 패킷의 송신여부를 나타내는 Transmit Request(Xmt_Req) 정보를 포함한다.

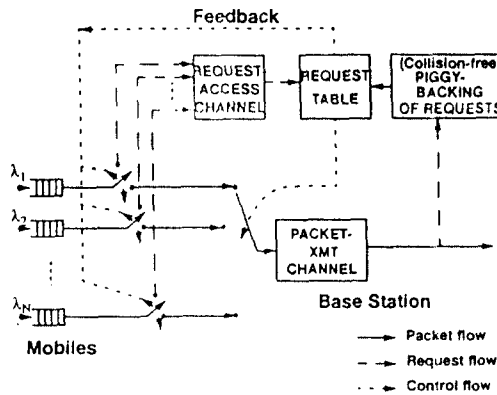


그림 16. DQRUMA 프로토콜의 블록도

이동국을 추적하고 구역화하기 위한 알고리즘, 핸드오프의 수행, QOS 보장여부에 대한 접속의 허용 등이 이동성 관리에 필요한 기능이다. 접속 변경 및 접속 해제 등의 접속 제어를 위해, QOS 보장여부에 대한 고정 또는 이동국의 종단점으로서의 접속허용을 포함하는 시나리오 절차가 요구된다. 이에 대해 AT&T 벨연구소에서 Homing 알고리즘을 제안하고 있다[27, 28]. 이 알고리즘의 동작은 다음과 같다. 먼저 이동가능한 기지국(PBS ; Portable Base Station)을 두고, 접속과정 중에 사용자가 이동함에 따라, "Home PBS"로서 이동국의 구 PBS를 지정하고, "Local PBS"로서 이동국의 신 PBS를 지정한다. 접속에 관련된 Home PBS는 셀이 진행중에 중심역할을 담당한다. 사용자 A와 B가 접속후 통신 도중에 이동한다면, 각 사용자는 Home PBS와 Local PBS를 갖게 된다. 사용자 A로부터 사용자 B로 전달되는 ATM 셀은 A로부터 Home PBS로 먼저 라우팅된다. 이때, 셀은 Home PBS로부터 사용자 B의 Home PBS로

미리 결정된 가상 경로를 따라 라우팅되며, 사용자 B의 Home PBS 내에 셀들이 버퍼링되고, B의 Local PBS로 순서에 따라 운반된다. 라우팅의 비효율성을 방지하기 위해 사용자의 Local PBS는 각 사용자의 해당 Home PBS로 천천히 갱신된다. 이러한 작동을 하는 Homing 알고리즘을 지원하기 위해 여러 신호절차가 필요하다. 이동국의 Local PBS와 Home PBS가 동일하거나 또는 다를 때의 접속에 대한 핸드오프와 그리고 Home PBS를 갱신할 때에 해당 신호절차가 요구된다.

5.2 PCS 망

PCS로 구현될 무선 통신망은 마이크로 또는 피코 셀구조를 갖는 하부망 구조를 갖게 되고, 따라서 셀들은 많은 무선 접속 및 제어장치를 수백미터 내의 좁은 범위안에 수용해야 한다. 이와 같은 구조는 수용 가입자의 증가를 가져오지만 많은 핸드오프 발생을 초래하므로 기존의 저속도 링크를 이용하여 무선 접속 및 제어장치가 교환기로 집중 연결되는 하부망 구조는 교환기에 과중한 부하를 줌으로써 효과적인 서비스를 제공할 수 없게 된다. 이를 해결하기 위해 무선망에서 요구되는 신호방식, 대역폭 관리, 데이터 베이스 관리 등을 망에 연결된 여러 노드에 분산 및 수용시킬 수 있는 ATM 기반의 하부망 구조가 효과적일 것으로 예상된다[10, 29]. 따라서 ATM 셀은 PCS망 내에서 데이터의 기본단위가 되며, 결과적으로 ATM 근간망 구조에서 투명한 인터페이스를 이루게 된다. 이때 PCS 망 내에서 DLC 계층과 MAC 계층 등의 무선 채널 프로토콜 계층들은 ATM 페이로드에 추가될 것이며, 고정망에 전달되기 전에 ATM 헤더에 의해서 교체될 것이다. 즉, ATM 기반의 전송망은 PCS 마이크로 셀들을 상호 연결하는 교환망으로서, 그림 17과 같은 접속 형태가 될 것이며, 또한 다른 유선망들과 연결시켜 주는 연동망으로서 적절한 것이다.

ATM 근간망의 PCS 시스템은 ATM 프로토콜 스택과 조화를 이루는 프로토콜 계층화를 따라야 하며, 그림 18과 같이 무선채널에 필요한 물리계층, MAC 계층, DLC 계층들은 ATM 계층 아래에 추가되어야 한다. 이는 정상적인 ATM 계층과의 호 설정, VCI/VPI 어드레싱, 셀 우선권 결정 그리고 흐름제어와 같은 제어 서비스들이 이동 서비스를 위해서 계속 사용되어야 함을 의미한다. 여기에는 ATM 망과의 신호방식 처리를 위한 어드레스 등록, 방송, 핸드오

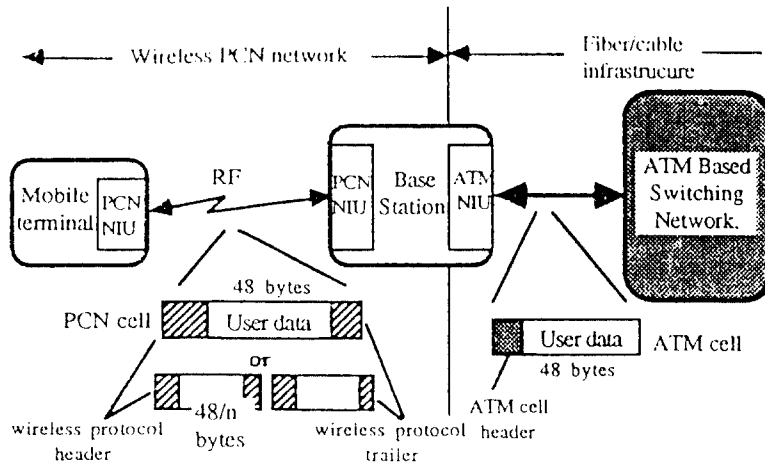


그림 17. ATM 근간망에 PCS 망의 접속

프, 채널 손상에 대한 QOS의 재협상 등 이동성과 관련된 특수 기능들이 포함되어야 한다.

Control Signalling		User Process	
(Q.93B, etc)		(TCP, etc)	
ATM adaptation layer (AAL)			
ATM Transport Layer			
			PCS Data Link
			PCS MAC
SONET	TAXI	UTP-3	Wireless medium
Physical layer			

그림 18. ATM 망 기반의 PCS 통신 프로토콜 스택
 이와같이 PCS 망은 무선을 이용한다는 점과 사용자가 이동한다는 점 때문에 무선자원 및 이동성 관리를 위한 기능이 요구된다. 무선자원 관리와 이에 관련된 기능으로는 셀 주파수 채널 관리, 무선 채널의 설정과 유지 및 해제, 무선채널의 비화, 제어채널의 관리, 시스템 정보 방송, 페이징 등을 들 수 있으며, 이동성과 관련된 기능으로는 위치등록과 핸드오프 등이 있다. 이러한 기능은 전체 PCS 망을 구성하는 각 요소에 시스템 구성의 효율성과 운용 비용 등을 고려하여 적절히 분산시켜야 한다.

VI. 결 론

ATM 기술이 차세대 정보통신망의 가장 유력한 후보구조로 될 것임에 틀림이 없으며, 따라서 무선 ATM 망의 구조와 운용 및 동작체계에 관한 표준화

를 제정하는 것이 필연적이다. 무선환경에서 ATM 기술이 구현된 무선 ATM 망에서는 광섬유 링크를 기반으로 하는 유선망과 비교하여 열악한 전송 특성을 가지며, 또한 이동·위성통신망과의 정합을 고려하여 단말의 이동성을 위한 추가적인 요구사항을 제공해 주어야 한다. 무선 ATM 망을 구축하는데 있어서 가장 큰 문제가 되는 것은 높은 채널 비트오류율이다. 해석적인 방법과 시뮬레이션을 통해 알아본 결과, BER이 10^{-4} 이하에서는 트래픽 셀의 약 1.98%가 헤더오류에 의해 손실되며, 셀들이 무선 ATM 망에서 많은 링크를 경유할수록 셀 손실률이 높아지는데 20개의 홉을 통해 전달될 경우에 약 10% 정도가 손실된다. 그리고 100%에 가까운 처리율을 갖기 위해서는, BER이 $1.00E^{-3}$ 인 경우에 랜덤 오류환경에서는 2비트 이상의 오류정정기능이 그리고 버스트 오류환경에서는 3비트 이상의 오류정정기능이 요구된다.

한편, 2비트 이상의 오류가 헤더에서 발생한 셀을 폐기시키는 ATM 헤더의 HEC 고유 기능 때문에, 버스트 오류가 많이 발생하는 무선환경에서 ATM 셀을 전송시 셀 손실을 보상하기 위한 방법이 필요하다. 손실된 셀을 보상하는 방법에는, 재전송 방법으로 ARQ 방법과 Selective Reject 방법이 있으며, 오류정정코드를 이용하는 FEC 방법 등이 있다. ARQ 방법은 전송 지연이 긴 위성 링크에 적용하는 경우에 지연이 문제시 되며, FEC 방법은 셀의 오버헤드를 많이 필요로하여 부하를 증가시키는 부작용이 있다. 이상의 결과를 고려하면 BER이 낮은 무선 ATM 망을 구축하기 위해서는 헤더에 강력한 HEC 및 FEC를 사용하고, 이때 발생하는 버스트 오류를 줄이기 위해

서는 적절한 인터리빙 기법을 사용하여 하며, 경우에 따라서는 FEC 코드와 적절한 재전송 프로토콜을 함께 사용하는 것을 검토해 볼만하다. 그러나, ARQ 방법은 무선 ATM 망에 과잉 폭주와 지연을 일으킬 수 있으므로 Selective Reject 방법을 사용하는 것이 보다 바람직하다고 생각된다. 또한, 셀손실은 ATM 셀 헤더에 오류가 발생할 때 나타나므로 셀손실의 보호를 AAL 계층에서는 수행할 수 없으며, 반면에 AAL 계층에서는 ATM 셀 페이로드만을 보호할 수 있다. 그러므로 셀손실을 줄이기 위해 ATM 계층에서 ATM 셀헤더를 정정할 수 있는 기능이 부가되어야 한다. 그러나 이 경우에도 추가적인 셀 오버헤드가 요구되고, ATM 셀의 표준 형식을 위반하게 된다. 따라서 물리계층에서 FEC 또는 ARQ 방식이 추가되어 오류정정 기능을 보강하는 것이 것이 바람직하다.

ATM은 이동성을 지원하는(즉, VC/VP 라우팅) 여러가지 고유 기능들을 제공해야 하고, 핸드오프 수행시에 브리징과 셀 시퀀싱 기능과 같은 ATM 계층에서의 여러가지 부가적인 요구사항들에 대한 이동 절차가 수행되어야만 한다. 또한, 핸드오프 제어 기능의 효과적인 구현을 위해 ATM 수송 계층의 보완이 필요하며, ATM 라우팅의 유연성은 이동성의 유연성을 제공할 것으로 기대된다. 광대역 멀티미디어 서비스를 제공할 무선 ATM 인터페이스의 프로토콜 참조 모델은 기존의 인터페이스를 기본으로 MAC 및 DLC 계층이 보완되어야 한다. 즉, MAC 계층은 물리계층의 무선링크를 제어하고 링크의 품질제어와 무선링크 상으로의 데이터 맵핑(mapping)을 수행한다. DLC 계층은 논리적인 링크의 설정, 유지 및 해체에 필수적인 기능 등을 수행하며, 광범위한 제어모드를 지원하는 링크 접속제어를 위해서 모든 무선 인터페이스에 대해 정의되어야 한다. 그리고, 물리계층은 무선 인터페이스 상으로의 무선링크를 제어한다.

이밖에, 무선 ATM 망에서 고속 광대역 서비스를 제공하기 위해서는, 이를 수용할 수 있는 대역폭을 갖는 무선링크가 구성되어야 하며, 무선환경에 적합하도록 생존성이 높은 프로토콜과 신호방식이 구현되어야 한다. FEC 및 ARQ가 ATM 셀에서 발생하는 오류를 검출 및 정정해 준다해도 무선 ATM 망에 사용되는 프로토콜과 신호방식이 무선환경하에서 생존성이 높지않다면, 그 망은 정상적으로 동작될 수 없다. 또한, 무선 프로토콜과 신호방식은 이동체 통신망에서 운용가능해야 하며, 망 내부에서 한 링크가 절단되거나 외부로부터 전파방해를 받을 때에도 자동적

으로 트래픽을 다른 경로를 통해서 전달할 수 있어야 한다.

무선 ATM 기술이 활발히 연구되고 있는 상황에서 효율적인 무선 ATM 망을 구축하기 위해서는 위에 열거한 내용들에 대한 충분한 검토와 분석이 선행되어야 한다. 이 논문의 결과는 유선 및 무선링크가 통합으로 수용된 B-ISDN 구축시 무선 ATM 기술을 적용하기 위한 사전 대응과 요구사항의 정립 등 선행 기술로서 활용이 가능하다. 향후, 다중 우선순위체계와 다양한 망 토폴로지를 고려하고 오류정정 기능을 강화한 여러가지 기법들을 적용하여, 셀 손실 특성, 지연 특성, 버퍼 크기 등에 대한 종합적인 연구가 요망되고, 또한 광대역 멀티미디어 서비스를 효과적으로 제공할 수 있도록 무선 ATM 망에서 이동성과 자원관리 등을 지원하기 위한 무선 인터페이스 및 관련 프로토콜 구조 등의 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

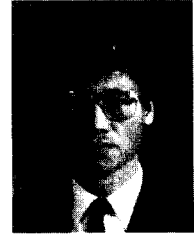
- [1] Heinrich Armbruster, "The Flexibility of ATM : Supporting Future Multimedia and Mobile Communications", IEEE Communications Magazine, pp.76-84, Feb. 1995
- [2] D.M.Chitre et al., "Asynchronous Transfer Mode(ATM) Operation Via Satellite : Issues, Challenges and Resolutions", International Journal of Satellite Communication, Vol.12, pp.211-222, 1994.
- [3] Rainer Handel and Manfred N. Huber, Integrated Broadband Networks / An Introduction to ATM-Based Networks, Addison-Wesley Publishing Company, 1991.
- [4] David E. McDysan and Darren L. Spohn, ATM Theory and Application, McGraw-Hill, Inc., 1994.
- [5] Sue Zhou and John Deane., "Issues for ATM over Wireless", ATM Forum/95-1428, 1995. 12
- [6] Dr.Donald L.Hagen et al., "ATM for Disadvantaged Tactical Links", IEEE JSAC, pp.73-75, 1994.
- [7] Martin Rosenzweig et al., "Wide Area Networks Asynchronous Transfer Mode(ATM) Program Plan", CECOM Technical Report, Jun. 1994
- [8] Melbourn Barton and T. Russell Hsing, "Architecture for Wireless ATM Networks", PIMRC '95, pp.778-782, 1995.

- [9] Malathi Veeraraghavan et al., "A Distributed Control Strategy for Wireless ATM Networks", ICC '95, pp.750-755, 1995.
- [10] D. Raychaudhuri and N. D. Wilson, "ATM-based Transport Architecture for Multiservices Wireless Personal Communication Networks", IEEE JSAC, Vol. 12, pp.1401-1414, Oct. 1994
- [11] David Moore and Michael Rice, "Variable Rate Error Control for Wireless ATM Networks", ICC '95, pp.988-992, 1995.
- [12] P.F.M. Smulders, "Error Control in ATM-based Indoor Radio LANs", PIMRC '94, pp.237-241, 1994.
- [13] H. Xie et al., "Data Link Control Protocols for Wireless ATM Access Channels", UPT '95, pp.753-757, 1995.
- [14] L. Van Hauwermerien et al., "Requirements for Mobility Support in ATM", GLOBECOM '94, pp.1691-1695, 1994.
- [15] Baiju V. Patel and Mischa Schwartz, "Impact of Mobility on Resource Allocation in ATM Networks", PIMRC '95, pp.763-767, 1995.
- [16] Stefan Ramseier and Thomas Kaltenschnee., "ATM over Satellite : Analysis of ATM QOS Parameters", ICC '95, pp.1562-1566, 1995.
- [17] 양한승, 김덕환, 서건, 안동명, 김대영, "시뮬레이션을 이용한 무선 ATM 망의 특성 고찰", JCCI '95, pp.366-370, Apr. 1995
- [18] L. Dittmann and S. B. Jacobsea, "Statistical Multiplexing of Identical Bursty Sources in ATM Network", GLOBECOM '88, pp.39.6.1-39.6.5, 1988.
- [19] Ernst W. Biersack, "Performance Evaluation of Forward Error Correction in an ATM Environment", IEEE JSAC, Vol. 11, No. 4, pp. 633-640, May 1993
- [20] Hiroshi Ohta, Tokuhiro Kitami, "A Cell Loss Recovery Method Using FEC in ATM Networks", IEEE JSAC, Vol.9, No. 9, pp.1471-1482, Dec. 1991
- [21] BONEs Designer User's Guide, ALTA Group, Dec. 1994
- [22] 임성호, 김덕환, 한덕찬, 김대영, "무선 ATM 망에서 인터리빙에 의한 ATM 셀 손실률 개선 방안연구", JCCI '95, pp.170-174, Apr. 1995
- [23] Thomas J.Wheeler et al., "Designing a Tactical ATM Network : Integrating Performance Engineering and Design", MILCOM '94, pp.215-219, 1994.
- [24] Sung-Ho Lim, Deok-Hwan Kim, Dong-Myung An and Dae-Young Kim, "Cell Loss Reduction by Cell Unit Interleaving in Wireless ATM Networks", to appear in ICC'96, 1996.
- [25] C. Apostolas et al., "Wireless ATM LAN", PIMRC '95, pp.773-777, 1995.
- [26] W. Tang et al., "Network Architecture and Signaling for Wireless Access to an ATM LAN", PIMRC '95, pp.901-906, 1995.
- [27] M. Karol et al., "Mobility-Management and Media-Access Issues in the BAHAMA Wireless ATM LAN", UPT '95, pp.758-762, 1995.
- [28] M. J. Karol et al., "Distributed Queueing Request Update Multiple Access (DQRUMA) for Wireless Packet (ATM) Networks", ICC '95, pp.1224-1231, 1995.
- [29] Tsong-Ho Wu and Li Fung Chang, "Architectures for PCS Mobility Management on ATM Transport Networks", UPT '95, pp.763-768, 1995.



김 대 영

- 1975년 : 서울대학교 전자공학과(공학사)
- 1977년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학석사)
- 1983년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학박사)
- 1979년 ~ 1981년 : 서독 RWTH Aachen, UNI Hannover 공대 연구원
- 1987년 ~ 1988년 : 미국 University of California Davis 분교 객원연구원
- 1983년 ~ 현재 : 충남대학교 공과대학 정보통신공학과 교수
- 관심분야 : 라인코드, 고속통신 프로토콜, 무선 데이터통신, 멀티미디어 통신 등임.



김 덕 환

- 1984년 : 서울시립대학교 전자공학과(공학사)
- 1992년 : 충남대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
- 1994년 ~ 현재 : 충남대학교 대학원 전자공학과 박사과정
- 1984년 ~ 1993년 : 한국전자통신연구소(ETRI) 선임 연구원
- 관심분야 : Wireless ATM 기술, 교환기술, 고속통신 프로토콜, 정보통신 등임.