

# AAL Type 2의 성능 평가

권 세 동<sup>†</sup> · 한 만 유<sup>††</sup> · 박 현 민<sup>†††</sup> · 주 우 석<sup>††††</sup>  
진 종 훈<sup>††††</sup> · 이 강 선<sup>††††</sup>

## 요 약

셀룰러 망 어플리케이션(Cellular Network Application)은 빠르게 진보되어 가고 있으며, 이러한 어플리케이션들은 Base Station(BS)과 Mobile Switching Center(MSC) 사이에서 빠르고 효과적인 전송 방법을 요구한다. 이러한 요구를 해결하는 방법중의 하나가 ATM 링크를 사용하는 것이다. 일반적으로 셀룰러 어플리케이션에서는 낮은 데이터 전송률과 작은 크기의 패킷을 사용하는 특성 때문에, 작은 크기의 패킷이 하나의 ATM 셀에 의해 전송된다면 상당한 양의 링크 대역폭이 손실된다. 이러한 셀룰러 어플리케이션과 낮은 데이터 전송률을 가지는 어플리케이션의 효과적인 수행을 위하여, 새로운 형식의 ATM Adaptation Layer인 AAL Type 2가 제안되었다. 본 논문에서는, AAL Type 2의 원리와 더불어 새로운 AAL 방식의 근간을 형성하는 다른 대안 방법들에 대하여 서술하였다. AAL Type 2의 성능에 대한 실험은 패킷 지연(delay)과 ATM 셀 사용 효율성의 관점에서 이루어졌다. 이러한 어플리케이션에서는 패킷길이가 가변적이기 때문에, AAL Type 2에서 실행되는 Fair Queueing 알고리즘의 효과와 가변길이의 패킷을 공정하게 서비스하는 문제가 논의되었다.

## Performance Evaluation of AAL Type 2

Se-Dong Kwon<sup>†</sup> · Man-Yoo Han<sup>††</sup> · Hyun-Min Park<sup>†††</sup> · Woo-Seok Joo<sup>††††</sup>  
Jong-Hun Jun<sup>††††</sup> · Kang-Sun Lee<sup>††††</sup>

## ABSTRACT

Cellular network applications are growing drastically and this requires a fast and efficient transport method between the base station and the mobile switching center. One possible solution is to use ATM links. The low data rate and small-sized packets in the typical cellular applications imply that significant amount of link bandwidth would be wasted, if this small sized packet is carried by one ATM cell. For efficient operation for such cellular and low bit rate applications, a new type of ATM Adaptation Layer, AAL Type 2, has been proposed. In this paper, the principles of AAL Type 2 are briefly described along with the introduction of other alternatives which have formed the basis for this new AAL. The result from the simulation to study the performance of the AAL Type 2 is discussed from the view point of packet delay and ATM cell use efficiency. Due to the variable size of packets in this application, the fairness issue in serving variable sized packets is also discussed along with the effect of fair queueing algorithm implemented at AAL Type 2.

키워드 : AAL Type 2, VTOA

### 1. 서 론

최근에 셀룰러 망 어플리케이션(Cellular Network Application)은 급속도로 발전되어 왔다. 이러한 어플리케이션은 Base Station(BS)과 Mobile Switching Center(MSC) 사이에서 셀룰러 음성 및 데이터를 빠르고 효과적으로 전송하는 방법을 요구하게 되었다. 이러한 요구를 해결하기 위하여 제안되어진 방법중의 하나가 BS와 MSC 사이에서 ATM 링

크를 사용하는 것이다. 일반적으로 셀룰러 어플리케이션에서는, 유선 망에서의 일반적인 어플리케이션 보다 데이터 전송률이 상대적으로 낮고 패킷 크기가 작다. 예를 들면, IS-95 Code Division Multiple Access(CDMA)에서 8Kbps의 보코더(vocoder)는 2~22바이트의 패킷 크기를, 13.2Kbps의 보코더는 4~32바이트 크기의 패킷을 사용한다[1]. 이러한 작은 크기의 패킷이 48바이트의 payload를 전송할 수 있는 하나의 ATM 셀에 의해 운반된다면, 상당한 양의 링크 대역폭이 손실될 것이다.

ATM Forum Voice and Telephony over ATM(VTOA) working group과 International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector(ITU-T) study

\* 본 논문은 교내 연구비 지원사업에 의해 수행된 연구 결과의 일부임.  
† 준 회원 : (주)GT&T 연구원  
†† 정 회원 : North Carolina State University Electrical and Computer Engineering  
††† 종신회원 : 명지대학교 공과대학 컴퓨터학부 교수  
†††† 정 회원 : 명지대학교 컴퓨터공학과 교수  
논문접수 : 2002년 4월 13일, 심사완료 : 2002년 8월 19일

group 13에서, 여러 연결을 하나의 ATM 연결로 다중화(multiplex)시키는 기술이 활발하게 제안되고 논의되어져 왔다. AAL-1, AAL-3/4 그리고 AAL-5와 같은 기존의 ATM Adaptation Layer(AAL)에서는, 셀룰러 트래픽을 운반하기 위해서는 ATM 셀을 부분적으로 채울 수밖에 없었기 때문에, AAL Composite User(AAL-CU)라는 새로운 형식의 AAL이 제안되었고, 최근의 ITU 회의에서 AAL Type 2라 명명되었다.

AAL Type 2에 대한 여러 가지 기본적인 형식이 제안되어져 왔다. 가변크기의 패킷이 여러 연결로부터 하나의 ATM 연결로 다중화되기 때문에, 패킷의 경계를 구분 짓는 메소드(method)가 사용되어져야만 한다. 효율적인 대역폭 사용과 에러 보호의 관점에서 여러 가지 방법이 제안되고 연구되어져 왔다[2,3]. 최근에 ITU study group 13에서는 B-ISDN ATM Adaptation Layer Type 2 Specification인 새로운 Recommendation I.363.2를 발행하고, 새로운 AAL Type 2의 형식에 대하여 정의하고 있다.

[4]에서는 CDMA와 Japanese Personal Digital Cellular (PDC) 어플리케이션을 위한 현존하는 전송방법인 Frame Relay, AAL-1/AAL-5와 비교하여 AAL Type 2의 대역폭 효율성에 관하여 분석하였다. 분석결과에서, AAL Type 2와 Frame Relay는 T1 전송속도에서 동등한 효율성을 나타내었으나, T3 전송속도에서는 AAL Type 2가 Frame Relay보다 30% 정도 더 많은 음성 호(call)를 전송하며, T1과 T3 전송속도에서 AAL-1과 AAL-5보다 1.8~2배정도 더 많은 음성 호를 전송한다.

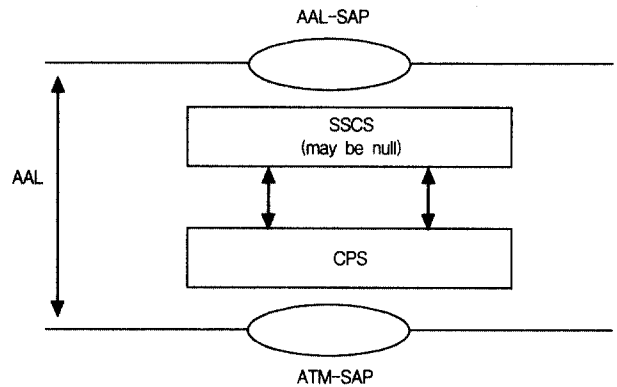
본 논문에서는, AAL Type 2의 원리와 더불어 새로운 AAL 방식의 근간을 형성하는 다른 대안 방법들에 대하여 서술하였다. AAL Type 2에 대한 성능 평가는 패킷 지연(delay)과 ATM 셀 사용 효율성의 관점에서 이루어졌다. 또한, AAL Type 2에서 실행되는 Fair Queueing 알고리즘의 효과와 가변길이의 패킷을 공정하게 서비스하는 문제에 대하여 논의하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 새로운 AAL Type 2를 소개하고, 제 3장에서는 새로운 AAL Type 2의 대안 방법에 대하여 간단히 소개하였다. 제 4장과 제 5장에서는 각각 AAL Type 2의 모델링(modeling)과 AAL Type 2의 성능 평가에 대한 결과를 나타내고, 제 6장에서는 가변길이 패킷을 공정(fairness)하게 서비스하는 문제에 대하여 논의하였다. 마지막으로, 제 7장에서는 결론 및 향후 과제에 대하여 논하였다.

## 2. AAL Type 2

### 2.1 AAL Type 2의 구조

(그림 1)에서 나타난 것처럼, AAL Type 2는 다른 AAL 과 마찬가지로 Common Part Sublayer(CPS)와 Service Specific Convergence Sublayer(SSCS)의 두 부분으로 정의되어 있다[5]. AAL Type 2 사용자 서비스를 지원하기 위하여 서로 다른 SSCS 프로토콜이 정의되며, 그렇지 않은 경우에는 SSCS가 널(null)일 수 있다. [5]에서 서술한 것처럼, AAL Type 2는 ATM 망을 통하여 하나의 AAL-SAP로부터 다른 AAL-SAP로 AAL Data Units(AAL-SDUs)를 전송할 수 있다. AAL Type 2 CPS에서 다중화를 제공함으로써, 여러 AAL 연결을 하나의 ATM 계층과 연결할 수 있다. AAL 사용자는 데이터 전송을 위해 사용되는 AAL-SAP를 선택함으로써, AAL에 의해 제공되는 QoS(Quality of Service)를 선택할 수 있다.

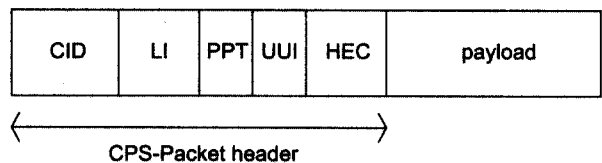


(그림 1) AAL Type 2의 구조

### 2.2 AAL Type 2 CPS PDU의 형식과 패킹(Packing) 과정

본 절에서는, CPS-Packet의 형식과 CPS-Packet이 AAL Type 2 CPS PDUs로 패킹(packing)되어 가는 과정에 대하여 설명한다.

AAL의 전송 중, CPS에서의 다중화 기능은 패킷 열(stream)을 받아들여 각 패킷에 헤더를 추가하여 CPS-packet을 만든다. 그리고 나서, 이러한 CPS-packet 열은 ATM 셀 payload에 맞게 세그먼트(segment)로 나뉘어지고, 각각의 세그먼트에 시작 필드(start field)를 추가하여 ATM 셀 payload를 형성하며, 이렇게 생성된 것을 CPS-PDU라 한다.



(그림 2) AAL Type 2 CPS-Packet의 구조

(그림 2)에서와 같이, CPS-packet은 3 옥텟(octet)의 CPS-Packet Header(CPS-PH)와 CPS-Packet Payload(CPS-PP)로 구성된다. CPS-PH의 각 필드에 대한 정의와 명세(specification)는 다음과 같다[5].

- Channel Identifier(CID, 8비트) : CID 값은 각 채널의 AAL Type 2의 사용자를 나타내며, 각 사용자는 고유한 CID를 할당받는다. CID 값은 8번부터 255번까지를 사용하며, 0~7번까지는 예비 값이다.
- Length Indicator(LI, 6비트) : LI 필드는 CPS-Packet payload의 옥텟 수를 나타낸다. 일반적으로, CPS-Packet payload의 기본 최대 길이는 45옥텟이다. 최대 길이가 64 옥텟일 경우에는 AAL Type 2 Negotiation Procedure를 통하여 협상되어질 수 있다.
- Packet Payload Type(PPT, 2비트) : PPT 값이 3일 때에는, CID 값에 의하여 구별되는 개별적 채널을 관리하는 OAM과 같이, CPS-Packet이 AAL 계층 관리 기능을 제공한다. 그렇지 않을 경우에는 CPS-Packet이 음성 신호의 전달과 같은 특정 어플리케이션 기능을 제공한다.
- User-to-User Indication(UUI, 3비트) : UUI 필드는 PPT 필드의 값이 3일 경우에는 CPS에 의해 AAL 계층 관리 개체 사이에서 전송되며, 3이 아닐 경우에는 SSCS 개체 사이에서 전송된다. PPT의 값이 3이 아닐 경우에는, PPT 필드의 내용 역시 SSCS 개체 사이에서 전송된다.
- Header Error Control(HEC, 5비트)

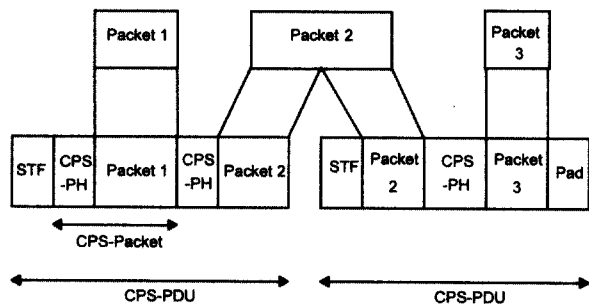
각 CPS-PDU는 시작 옥텟으로서 한 옥텟의 Start Field(STF)를 가지며, 47옥텟의 payload를 가진다. 이러한 48옥텟의 CPS-PDU가 ATM-SDU가 된다. STF의 구조는 다음과 같다.

- Offset Field(OSF, 6비트) : OSF는 처음 CPS-Packet의 시작을 가리키거나, 그렇지 않을 경우에는 PAD 필드의 시작을 가리킨다. 47은 CPS-PDU payload의 시작 경계가 없음을 나타낸다.
- Sequence Number(SN, 1비트) : 이 비트는 CPS-PDU 스트림의 번호(2진수)를 나타내는데 사용된다.
- Parity(P, 1비트) : 8비트의 STF의 패리티가 홀수일 때 송신기에 의해 세트된다.

CPS-PDU payload는 0개 혹은 하나 이상(완전하거나 혹은 부분적인)의 CPS-Packet을 운반한다. 사용하지 않는 payload는 패딩(padding)을 위하여 0으로 채워진다. CPS-Packet은 하나 혹은 2개의 ATM 셀 경계로 겹쳐질 수 있다. CPS-Packet은 CPS-PH를 포함하여 CPS-Packet 내의

어느 곳에서든지 나뉘어질 수 있다. (그림 3)에서와 같이, 각 패킷은 CPS-PH를 부가하여 CPS-Packet을 형성한다. 첫 번째 CPS-PDU에서는 처음 CPS-Packet 앞에 STF를 삽입한다. 두 번째 CPS-Packet은 두 부분으로 나뉘어진다. 첫 번째 부분은 처음 CPS-PDU의 남은 자리로 채워지고, 두 번째 부분은 두 번째 CPS-PDU에 의해 전송된다. 세 번째 CPS-Packet은 그 뒤에 위치하며, CPS-PDU의 나머지 부분은 더 이상의 패킷이 없기 때문에 0으로 채워진다.

STF는 ATM 셀 손실이 일어날 때, 패킷 경계를 복원하는데 사용된다. (그림 3)에서와 같이, 두 번째 CPS-PDU에 있는 STF의 오프셋(offset) 필드는 CPS-Packet 3의 시작점을 가리킨다. 만일 어떠한 이유로부터 이전 셀이 손실되었다면, 두 번째 CPS-PDU에 존재하는 Packet 2의 길이에 대한 정보는 손실된다. 이러한 경우에, Packet 3의 시작점은 CPS-PDU에 있는 STF의 오프셋 필드로부터 알아낼 수 있다.



(그림 3) AAL Type 2 CPS-PDU의 패킹(packaging)

### 2.3 AAL Type 2 CPS에서의 과정

CPS의 송신기에서는 ATM 셀이 완전하게 채워지지 않았을 경우에, 이미 패킹(packaging)되었으나 전송되지 않은 CPS-Packet의 최대 대기 시간(waiting time)을 보장하기 위하여 타이머를 사용한다. 패킷, 즉 CPS-SDU가 SSCS 송신기로부터 전송되었을 때, 이것을 CPS-PDU의 첫 패킷으로 간주하여 타이머가 시작되고, CPS-Packet의 헤더가 조합되어져 CPS-PDU로 복사된다. 만일 이러한 CPS-Packet이 다음 CPS-PDU로 오버랩(overlap)되지 않는다면, 전체 CPS-SDU가 CPS-PDU로 복사된다.

CPS-PDU가 완전하게 채워지지 않은 경우에, SSCS 송신기로부터 CPS-SDU가 더 전송되어지면, CPS-Packet 헤더가 만들어져 CPS-PDU로 복사된다. 이러한 CPS-Packet이 다음 CPS-PDU로 오버랩되지 않는다면, CPS-SDU 전체가 CPS-PDU로 복사되어진다. 만일, CPS가 다음 CPS-Packet으로 오버랩되게 된다면, 현재 CPS-PDU는 패킷의

시작부분으로 채워지고 ATM 계층(layer)으로 보내진다. 패킷의 나머지 부분은 새로운 CPS-PDU로 복사되어지며, 타이머가 재동작 된다.

현재의 CPS-PDU가 부분적으로 채워진 상태에서 타이머가 파기되면, 현재의 CPS-PDU는 ATM 계층으로 보내져서 다음 패킷을 위한 대기시간 없이 전송되어진다.

### 3. AAL Type 2의 다른 제안 방법

AAL Type 2의 명세(specification)가 배포되기 이전에, AAL Type 2에 대한 여러 가지 방법이 제안되어져 왔다. 이러한 제안방법들은 기본적인 개념 면에서는 동일하다. 중요한 차이점은 효과적인 대역폭 사용과 손실률에 대한 trade-off를 어떻게 다루느냐 하는 것이다. 이 장에서는 각 제안 방법에 대한 구조를 간단하게 소개하며, 각 방법들의 상세한 비교는 [6]에서 보여진다.

#### 3.1 AAL-m(미니셀 : minicell)

미니셀[2] PDU는 2 옥텟(Octet)의 헤더와 payload로 구성되어 있다. 헤더는 8비트의 Channel Identifier(CID)와 6비트의 Length Indicator(LIC), 그리고 2비트의 Header Integrity Check(HIC) 필드로 구성되어 있다.

미니셀 PDU가 ATM 셀의 payload로 다중화 될 때, 미니셀의 Start Pointer(MSP)가 ATM 셀 payload의 첫 번째 옥텟으로 채워진다. MSP의 사용은 AAL Type 2의 시작필드의 기능과 유사하며, 6비트의 오프셋(offset) 필드와 2비트의 보호(protection) 필드로 구성되어 있다. 이 제안 방법에서는, 대역폭을 절약하기 위하여 MSP가 모든 ATM 셀 payload에 삽입되어지지 않는다. MSP의 삽입은 ATM 셀 헤더의 Payload Type 필드에 있는 두 개의 ATM User-to-User(AUU) 코드에 의하여 제어된다. AUU가 0인 경우에는, payload의 처음 옥텟이 MSP가 된다. 전송라인의 상태가 좋지않을 경우에는, MSP가 좀더 많이 만들어진다. 만일 셀 손실에 의하여 패킷의 정렬(alignment)이 맞지 않을 경우에, MSP를 가진 다음 셀은 반드시 대기하여야 한다.

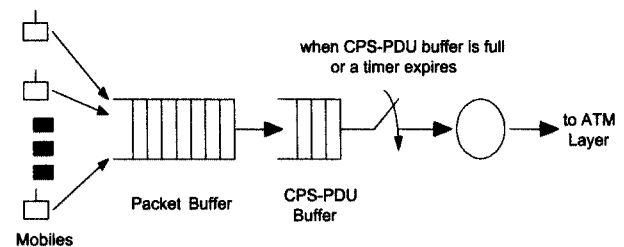
#### 3.2 AAL-us

AAL-us[3] PDU는 2 옥텟의 헤더와 payload로 구성되어 있다. 헤더는 8비트의 Channel Identifier와 2비트의 예약(Reserved) 필드, 그리고 6비트의 Length Indicator로 구성되어 있다. AAL Type 2의 시작 필드 혹은 미니 셀에서의

MSP와 같은 것을 사용하지 않는 대신에, 에러 방지를 위하여 각 ATM 셀의 payload 끝에 2 옥텟 길이의 trailer가 존재한다. 이러한 trailer는 2비트의 예약 필드, 4비트의 Sequence Number 필드, 그리고 10비트의 CRC(Cyclic Redundancy Check)로 구성되어 있다. 패킷이 다음 ATM 셀로 오버랩 되어질 때, 분리된 패킷의 마지막 부분도 역시 나머지 길이를 위한 2 옥텟의 헤더를 가지며, 만일 ATM 셀이 헤더 길이와 같거나 적은 길이만큼의 가용길이를 가지면, 나머지 공간은 채워지지 않게 된다.

### 4. 시뮬레이션 모델

송신기에서 AAL Type 2 Common Part Sublayer(CPS) 연산의 성능에 대한 평가는 일반적으로 BS(Base Station)에서 수행된다. 좀더 자세하게 이야기하자면 (그림 4)에서 나타난 바와 같이, AAL Type 2 CPS의 셀에서의 이동국(mobile)으로부터 전송되어진 패킷 열(stream)을 받아서 CPS-PDU로 패킹(packing)하고, 이러한 PDU들을 ATM 계층으로 전송하는 모든 과정들이 AAL Type 2 성능평가의 대상이 되는 것이다.



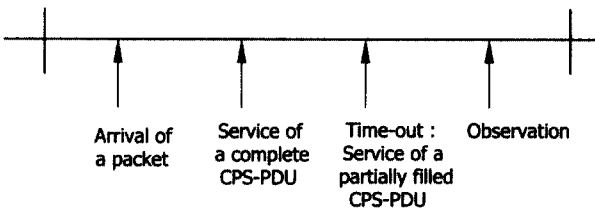
(그림 4) AAL Type 2의 시뮬레이션 모델

본 논문에서의 시뮬레이션에서는 [1]에서 연구되어진 바와 같이, CDMA 시스템을 셀룰러 어플리케이션으로 가정하며, 트래픽 소스가 되는 각 이동국(mobile)은 silence 주기를 포함하여 입력 트래픽의 에너지에 기반한 서로 다른 4개의 레벨들의 전송률을 변화시킬 수 있는 8Kbps의 보코더(vocoder)로 구성되어 있다고 가정한다. 트래픽은 매 20ms마다 공기를 통하여 패킷의 형태로 부호화(encoding)되고 전송되어진다. 따라서, 주기적으로 여러 가변길이의 패킷을 생성하는 것이다. 시뮬레이션에서 사용되는 패킷 길이의 분포(distribution)는 [1]에서처럼 <표 1>과 같이 나타내어진다. 셀에서의 모든 이동국은 동일하다고 가정한다. 셀에서의 모바일의 숫자 역시 시뮬레이션 동안에는 변화하지 않는다고 가정한다.

시뮬레이션은 이산시간(discrete-time) 도메인에서 수행된다. 슬롯(slot)의 길이는 T1 링크(BS와 MSC 사이의 링크를 T1이라 한다)에서 하나의 ATM 셀이 전송되어지는 기간동안(53옥텟(octets)/1.544Mbps  $\approx$  0.27ms)에 결정되며, 한 슬롯 기간 동안에는 오로지 하나의 CPS-PDU만 생성된다. 시뮬레이션에서의 이벤트(event) 순서는 (그림 5)와 같다. 그림에서 observation에서는 큐의 현재 상태 즉, 현재 큐의 길이 혹은 각 패킷들의 대기 시간을 관찰한다.

<표 1> 8Kbps 보코더를 가진 CDMA 시스템에서의 패킷 길이 분포

전송률 (Transmission rate)	패킷 크기 (Packet size)	확률 (Probability)
8Kbps	22 octets	0.291095
4Kbps	10 octets	0.03882
2Kbps	5 octets	0.072328
800bps	2 octets	0.597757



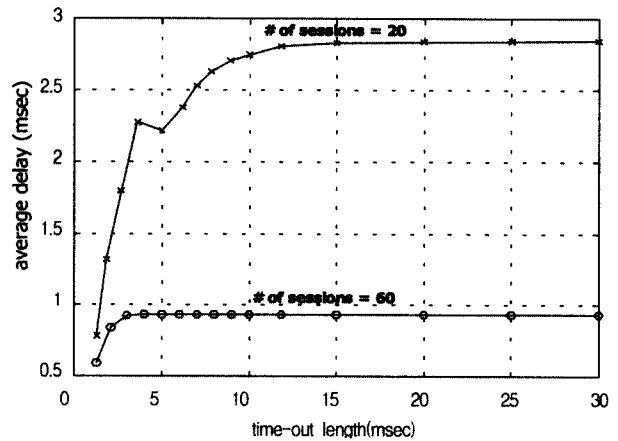
(그림 5) 시뮬레이션에서의 이벤트 순서

### 5. AAL Type 2의 성능 평가

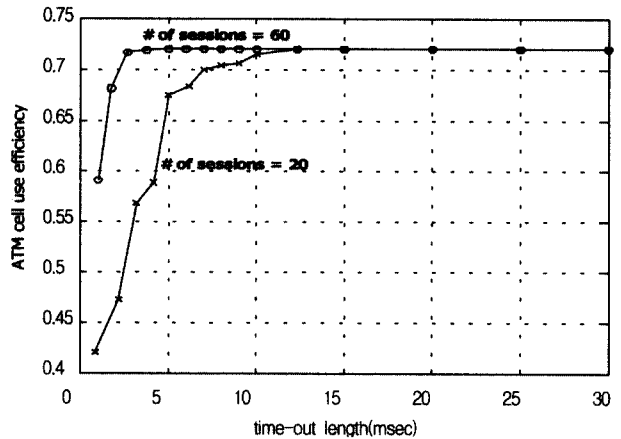
(그림 6)~(그림 7)에서는 지연(delay) 시간과 ATM 셀 사용의 효율성(efficiency)을 타임-아웃 길이에 따라 나타내었다. 이전에 언급한바와 같이, 패킷이 CPS-PDU 버퍼에서 CPS-PDU로 패킹(packaging)되기를 기다릴 때 타이머가 세트된다. 그림에서, 지연 시간은 AAL에서 패킷이 존재하는 기간의 평균길이를 나타내며, ATM 셀 사용의 효율성은 ATM payload의 48바이트 중에서 실제적인 패킷 데이터의 비율로써 계산된다.

셀에서의 모바일의 수, 즉 세션의 수가 20개 정도로 적을 때, 일반적인 세션의 개수, 즉 60개 정도의 세션일 때보다 지연 시간이 굉장히 커지게 된다. 특히, 20세션인 경우에, 타임-아웃 길이가 10ms로 증가하는 동안에 지연 시간이 상당한 폭으로 커짐을 알 수 있다. 반면에, 60세션인 경우에는 지연 시간의 변화가 크지 않다. 적은 수의 세션을 가진 경우에는 입력 트래픽의 비율이 낮기 때문에, ATM 셀을 채우는 시간이 오래 걸리기 때문이다. 따라서, 타이머가 큰 값으로 세트된다면 ATM 셀이 ATM 계층으로 보내지기까지의 대기시간

이 길어지게 된다.



(그림 6) 타임-아웃 길이 vs. 지연시간



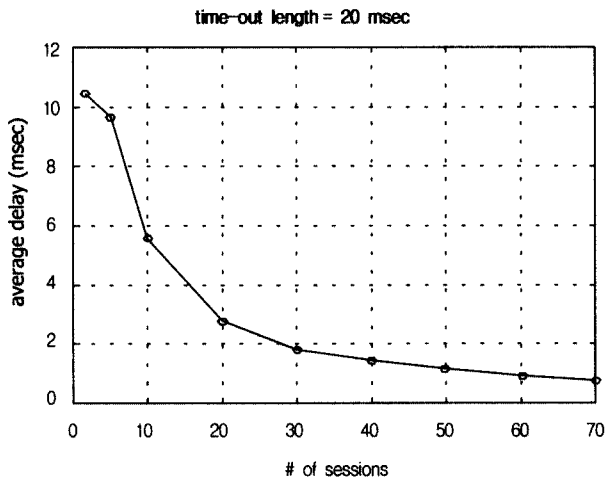
(그림 7) 타임-아웃 길이 vs. ATM 셀 사용 효율성

효율성 역시 세션의 길이가 20개 정도인 경우에 변화가 심하다. 짧은 타임-아웃 길이 즉, 10ms보다 적은 타임-아웃 길이를 가지게 되는 경우에, 대부분의 ATM 셀이 CPS-packet으로 완전하게 채워지기 이전에 ATM 계층으로 전송되기 때문에 ATM 셀 사용의 효율성이 낮아지게 되는 원인이 된다. 타이머 값이 10이상인 경우에 효율성은 거의 일정하며, 각 트래픽 소스에서 20ms 주기로 패킷이 일정하게 발생된다.

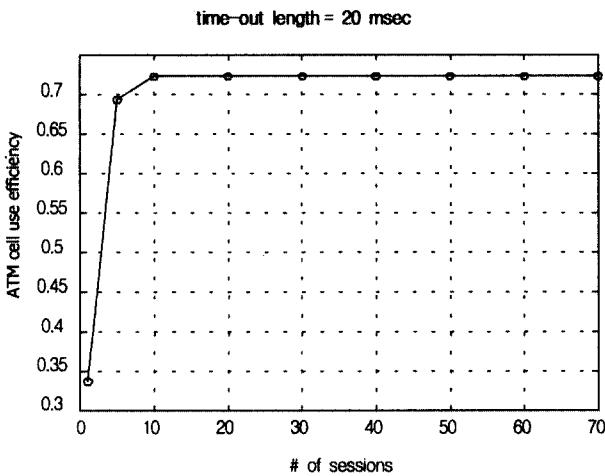
결과에서 보여지듯이, 타이머의 값은 셀에서의 모바일의 개수가 적은 경우에 AAL Type 2의 성능에 영향을 미친다. 반면에, 타임-아웃 길이가 굉장히 짧지 않는 한, 모바일의 수가 많을 경우에는 성능에 영향을 미치지 않는다. 따라서, 특별히 적은 양의 트래픽일 경우에, 효율성을 희생하고 지연 시간을 줄이기 위해서는 짧은 타임-아웃 길이의 타이머가 선택되어진다. 왜냐하면, 셀룰러 어플리케이션에서의 대부분의

트래픽은 지연 시간에 민감하며, 링크에서의 트래픽의 양이 큐잉 지연(queueing delay)의 원인이 될 정도로 많지 않은 경우에는 효율성이 중요한 요소(factor)가 되지않기 때문이다.

(그림 8), (그림 9)에서는 타임-아웃 길이를 20ms로 고정했을 경우에, 셀에서의 세션 수에 따른 지연 시간과 효율성의 관계를 세부적으로 나타내었다. (그림 6)에서와 같이, 셀에서 세션의 수가 적을 때에는 큰 지연 시간을 가지며, ATM 셀 사용 효율성이 적음을 알 수 있다. 그러나, AAL Type 2를 사용하지 않고 ATM 셀에 의해 패킷이 운반되는 경우에는, <표 1>에서 나타낸 패킷 분산에 따라 평균 패킷 길이는 8.349444옥텟이다. 따라서,  $8.349444/48 \approx 0.17$ , 즉 효율성은 0.17 정도이다. 세션의 수가 50개 이상 정도로 많은 경우에는, 1ms 정도의 지연 시간을 희생함으로써, 높은 효율성을 얻을 수 있다.



(그림 8) 세션의 수 vs. 지연시간



(그림 9) 세션의 수 vs. ATM 셀 사용 효율성

### 6. AAL Type 2의 공정성(Fairness)

큐잉 알고리즘은 패킷이 제공되는 순서를 제어하고 다른 세션으로부터의 패킷과 어떻게 상호작용을 하는지를 결정하기 때문에, 가변길이의 패킷을 생성해내는 각 세션의 네트워크에서 어떠한 큐잉 알고리즘을 선택하는가에 따라 시스템의 성능이 달라질 수 있다. 뿐만 아니라, 몇 개의 세션에서 의도적으로 패킷 길이를 증가시키거나 평소보다 많은 양의 패킷을 발생시키는 경우, 이러한 세션들의 서비스 받는 양이 증가할 수 있다. 따라서, QoS(Quality of Service)를 보장하는 것뿐만 아니라 스케줄링 과정에서 공정(fairness)한 배분을 위하여 큐잉 알고리즘을 선택하는 것은 매우 중요한 일이다.

본 논문에서 다루고 있는 AAL Type 2의 셀룰러 네트워크에서도 동일한 문제에 직면한다. 여러 개의 세션으로부터 발생하는 가변길이의 패킷이 하나의 채널로 다중화되기 때문에, 서비스의 공정성 및 QoS의 보장에 대하여 고려해야한다.

이러한 요구에 대한 해결방법으로써 Fair Queueing 알고리즘[7-9]이 제안되고 발전되었다. 특히, Self-Clocked Fair Queueing(SCFQ)[9] 방식은 간단한 실행 방법만으로도 서비스의 공정성을 유지하고 만족할만한 성능을 얻을 수 있다. SCFQ 알고리즘에 대하여 간단히 소개하면 다음과 같다.

$s_k^i$ 와  $d_k^i$ 는 각각  $k$ 번째 세션에서  $i$ 번째 패킷,  $p_k^i$ 의 서비스의 시작과 끝을 나타내고, 시간  $t$ 에서 시스템의 가상 시간은 다음과 같다.

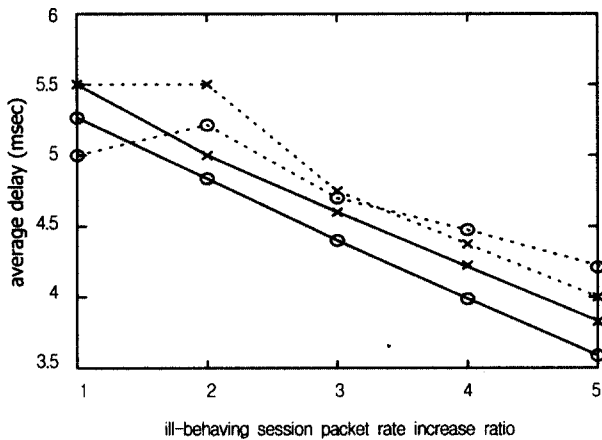
$$v(t) \equiv F_k^i, s_k^i < t < d_k^i$$

각각의 도착 패킷,  $p_k^i$ 는 다음의 식에 따라 계산되어진 종료시간으로, 가상시간을 날인하고(stamped) 큐에 위치시킨다.

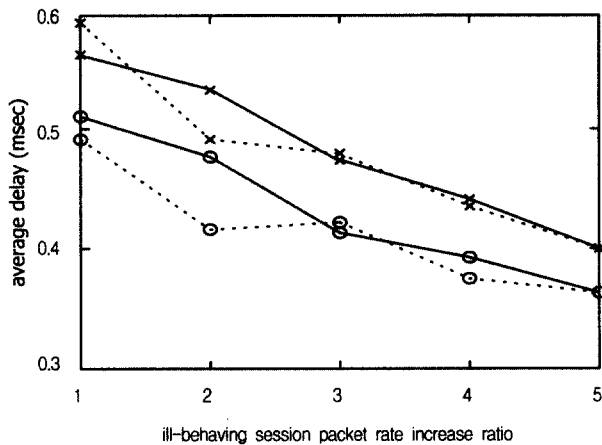
$$F_k^i = \frac{L_k^i}{\phi_k} + \max \{ F_k^{i-1}, v(a_k^i) \},$$

$$F_k^0 = 0,$$

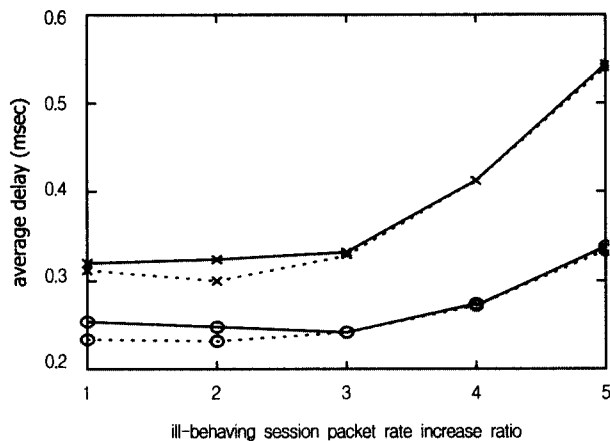
여기서  $\phi_k$ 는 세션에 의해 부여된 서비스 할당분을 나타내고,  $L_k^i$ 는 패킷의 길이를, 그리고  $a_k^i$ 는 패킷의 도착시간을,  $v(t)$ 는 시간  $t$ 에서 서비스를 받는 패킷의 서비스 태그로 정의된다. 어떠한 세션이 다른 세션보다 더 많은 서비스를 받기 위해서는 더 큰 서비스 할당 값을 부여받아야 한다. 서비스를 위하여 큐에 있는 패킷은 관련된 서비스 태그(tag)의 크기가 큰 순서로(increasing order) 선택된다. 혼잡 기간(busy period)이 끝나면, 각 세션에서의 가상시간  $v(t)$ 와 패킷 카운트  $i$ 는 0으로 리셋(reset)된다.



(a) 10 sessions



(b) 100 sessions



(c) 200 sessions

○	: SCFQ
×	: FCFS
—	: well-behaving sessions
...	: ill-behaving sessions

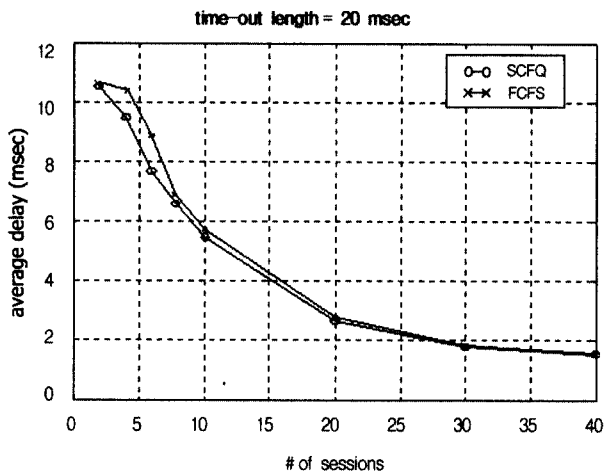
(그림 10) AAL Type 2의 Fairness

세션중의 일부가 오동작(ill-behaving) 할 때, 즉 일반적인 세션에서의 패킷에 비하여 크기를 증가시키거나 더 많은 패킷을 발생시키는 경우, AAL Type 2에 의해 세션들이 어떻게 공정하게 서비스 받는가를 조사하기 위하여 시뮬레이션을 실행하였다. 시뮬레이션에서 오동작하는 세션을 전체 세션의 약 10% 정도로 간주하였다. AAL Type 2에서 Fair Queueing 방법의 효과를 측정하기 위하여, AAL Type 2 CPS에서 SCFQ 방법으로도 시뮬레이션을 실행하였다.

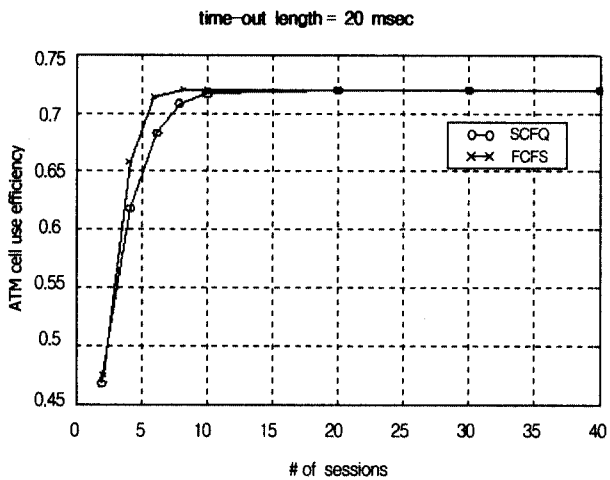
(그림 10)은 세 개의 서로 다른 셀 인구 집단에서의 실험 결과를 나타내고 있다. 10개와 100개의 세션인 경우에, 실행된 큐잉방법에 관계없이, 오동작하는 세션에서 패킷 발생률이 증가할수록 정상적으로 동작하는 세션에서의 지연(delay) 성능이 더 좋아지게 된다. 오동작하는 세션에서의 지연 성능도 역시 같은 경향을 보인다. 오동작하는 세션으로부터의 증가된 트래픽은 ATM 셀이 빠르게 채워지는 효과를 줌으로써, 결과적으로 AAL 계층에서 각 패킷의 대기 시간을 줄여 주게 된다. 이러한 결과는 셀에서의 세션의 수가 증가할수록 평균 지연시간이 작아지는 이전 시뮬레이션 결과와 일관성을 가진다. 시뮬레이션 과정에서는 AAL의 진입점(entry point)에서 어떠한 백로깅(backlogging) 현상도 일어나지 않도록 하기 위하여, ATM 계층의 서비스 용량이 T1급 정도로 세트된다. 그렇지 않은 경우에는 각 패킷의 지연시간이 AAL Type 2가 아닌 ATM 계층의 영향을 받게 된다. (그림 10) (c)에 보여진 세션 200개의 경우가 그러한 경우이다. 정상적으로 동작하는 세션의 지연시간은 오동작하는 세션에서 발생시키는 패킷의 발생률이 증가할수록 커지며, 오동작하는 세션에서도 마찬가지로 지연시간이 같은 비율만큼 커지게 된다. 이전에 설명하였듯이, 이러한 결과는 증가하는 트래픽의 양에 따라 발생하는 백로그(backlog)현상 때문이다.

결과에서 알 수 있는 또 하나의 사실은 AAL Type 2의 지연 성능은 간단한 First-Come-First-Serve(FCFS) 큐잉 방법을 사용하는 것보다, SCFQ 방법을 사용할 때 조금 더 좋다는 것이다. (그림 11)과 (그림 12)에서는 FCFS 방법을 사용했을 때와 SCFQ를 사용했을 경우에 AAL Type 2의 성능 비교에 대하여 자세하게 나타내었다. SCFQ 방식이 FCFS인 경우와 비교해서 지연 성능 면에서 조금 더 좋음에도 불구하고, 결과에서 보여지듯이 셀에 30개 이상의 세션이 있을 때에는 ATM 셀 사용의 효율성과 지연 시간에서 큰 차이를 보이지 않고 있다.

그러나, 세션이 10개 이하일 때는, 두 가지 큐잉 방법의 성능이 상당한 차이를 보임을 알 수 있다. 두 시뮬레이션에서 사용되는 전체 입력 트래픽의 수가 같기 때문에, 낮은 효율



(그림 11) Fair Queueing 방법에 따른 지연시간



(그림 12) Fair Queueing 방법에 따른 ATM 셀 사용 효율성

성을 가진다는 것은 타임-아웃(time-out)이 더 많이 일어나는 것을 의미하며, 또한 딜레이가 작아지게 되는 원인이 된다는 뜻이다. 결과에서 SCFQ 방식의 경우에, 더 많은 타임-아웃 이벤트(event)가 일어나기 때문에, AAL Type 2에서 타이머를 세팅하는 방법을 고려해야한다. 2.3절에서 언급하였듯이, 타이머는 항상 큐에 있는 가장 오래된 패킷의 도착 시간에 따라 결정되어야하며, 이 패킷은 FCFS 방법에 따라 다음 ATM 셀을 위해 선택되어야 한다. 그러나, SCFQ 방법에서는 가장 오래된 패킷이 다음 ATM 셀을 위해 선택되어지지 않을 수 있다. 패킷이 서비스 태그 값의 증가 순서에 따라 선택되어지기 때문에, 가장 오래된 패킷이 다음 ATM 셀에 선택되지 못하고, 두 번째 ATM 셀에 선택되어질 수 있다. 큐에서는 여전히 이 패킷이 가장 오래된 패킷이기 때문에, 이미 타이머가 동작하였다 할지라도 이 패킷의 도착 시간에 따라 다시 세트된다. 따라서, 평소보다 타이머 파기 시

간이 짧아지게 된다. 게다가, 세션의 수가 적을 때는, 타이머의 파기 확률이 매우 높아지게 된다. 이러한 내용들이 10개 세션 이하일 때, FCFS 알고리즘과 비교해서 SCFQ 알고리즘이 더 낮은 효율성과 더 적은 지연 시간을 가지게 되는 이유가 된다. 더 많은 수의 세션을 가질 때에는 타이머의 파기 확률이 매우 낮아지며, 타이머 매커니즘(mechanism)은 AAL Type 2의 성능에 영향을 미치지 않는다.

### 7. 결 론

AAL Type 2는 작은 크기와 낮은 비트율의 어플리케이션, 특별히 셀룰러 어플리케이션을 서비스하기 위한 새로운 AAL 방식이다. 트래픽이 시간지연에 민감한 특성을 가지고 있기 때문에, 만족할만한 정도의 ATM 셀 사용 효율성을 유지하면서, AAL에서의 패킹과정에서 발생하는 지연시간을 최소한으로 유지하는 것은 중요한 일이다. 이러한 목적을 위하여, AAL Type 2 명세(specification)에서는 CPS-PDU 버퍼에서의 최대 대기 시간을 제한하기 위하여 타이머를 사용하는 것을 권장한다.

본 논문에서는, AAL Type 2의 원리와 더불어 새로운 AAL 방식의 근간을 형성하는 다른 대안 방법들에 대하여 서술하였다. AAL Type 2의 성능에 대한 실험은 패킷 지연(delay)과 ATM 셀 사용 효율성의 관점에서 이루어졌다. 이러한 어플리케이션에서는 패킷길이가 가변적이기 때문에, AAL Type 2에서 실행되는 Fair Queueing 알고리즘의 효과와 가변길이의 패킷을 공정하게 서비스하는 문제가 논의되었다. 성능 평가의 결과에서 보여지듯이, 타이머의 역할은 모바일(mobile)의 수가 적을 때, 오로지 AAL Type 2의 성능에만 영향을 끼친다. 모바일의 수가 많을 때의 성능은 타이머의 파기 길이나 모바일의 수와 관계없이 거의 일정하다.

이러한 어플리케이션들에서는 패킷 길이가 가변적이기 때문에, 다중 세션에서의 서비스 배분에 대한 공정성도 조사되어야 한다. AAL Type 2에서, AAL의 출입점이 백로그(backlog)되는 것을 방지할 수 있을 만큼 ATM 계층(layer)의 용량이 충분히 크다는 가정 하에, 오동작하는(ill-behaving) 세션으로부터의 증가된 트래픽은 오히려 ATM 셀이 채워지기까지 발생하는 각 패킷의 대기 시간을 줄이는 원인이 된다. 셀에 10개 이상의 세션이 있을 때, ATM Adaptation Layer에 Fair Queueing을 적용했을 때의 성능은 FCFS 방법을 사용했을 때보다 두드러지게 좋아지는 않는다.

일반적으로, MSC는 PSTN에 연결되어 있다고 가정한다. MSC로 전송되어진 ATM 셀에 있는 패킷들은 역다중화(demultiplex)되고, 64Kbps의 PCM으로 전환되어 PSTN으



로 운반된다. 그러나, 미래에는 MSC가 ATM 네트워크에 연결될 것이다. 그렇게되면 현재 AAL Type 2에서 사용하고 있는 방식으로, 네트워크의 각 노드에서 패킷을 다중화하거나 역다중화한다면 문제점이 발생할 것이다. 따라서, AAL Type 2에 있는 개별적인 채널 레벨에서 스위칭에 대한 연구가 필요할 것이라는 것은 자명한 일이다.

그러한 경우에, Wireless ATM(WATM)과의 비교는 무선 네트워크상에서도 모든 ATM 데이터 구조를 유지하고 상위 프로토콜로의 변환을 줄여주어야 하는 문제들을 해결하는데 도움이 될 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] Z. A. Cui, "Analysis on variable cell size and short cell size ATM," ATM Forum/96-0056, Feb., 1996.
- [2] G. Eneroth, L-G. Petersen and G. Leijonhufvud, "Refined AAL-CU proposal for cellular and low bit rate applications," ATM Forum/96-0776, Jun., 1996.
- [3] J. Baldwin, B. Bharucha, S. Dravida and S. Nanda, "Error and loss resilience of proposed AAL-CUs," ATM Forum/96-0843, Jun., 1996.
- [4] J. Baldwin, B. Bharucha, B. Doshi, S. Dravida and S. Nanda, "AAL-2 : A new ATM Adaptation Layer for small packet encapsulation and multiplexing," Bell Labs Technical Journal, Vol.2, No.2, pp.111-131, 1997.
- [5] ITU-T, "B-ISDN ATM Adaptation Layer Type 2 specification," ITU-T Recommendation I.363.2(Draft), Nov., 1996.
- [6] J. Baldwin, B. Bharucha, B. Doshi, S. Dravida and S. Nanda, "AAL-CU : An ATM Adaptation Layer for small packet encapsulation," in Proc. ITC 15, pp.1445-1456, Jun., 1997.
- [7] A. Demers, S. Keshav and S. Shenker, "Analysis and simulation of a fair queueing algorithm," in Proc. SIGCOMM '89, Austin Texas, pp.1-12, Sep., 1989.
- [8] A. K. Parekh and R. G. Gallager, "A generalized processor sharing approach to flow control in integrated services networks : The single-node case," IEEE/ACM Trans. Networking, Vol.1, No.3, pp.344-357, Jun., 1993.
- [9] S. J. Golestani, "A self-clocked fair queueing scheme for broadband applications," in Proc. INFOCOM '94, pp.636-646, 1994.
- [10] K. Y. Eng, M. J. Karol, M. Veeraraghavan, E. Ayanoglu, C. B. Woodworth, P. Pancha and R. A. Valenzuela, "A wireless broadband ad-hoc ATM local-area network," Wireless Networks, Vol.1, No.2, pp.161-174, Jul., 1995.

### 권 세 동

e-mail : sdkwon@mju.ac.kr

1997년 명지대학교 컴퓨터공학과(학사)

1999년 명지대학교 컴퓨터공학과(석사)

1999년~2002년 명지대학교 컴퓨터공학과 박사 수료

1999년~현재 (주)GT&T 연구원

관심분야 : ATM 교환기, ATM 트래픽 제어, 컴퓨터 네트워크

### 한 만 유

e-mail : manyoo\_han@yahoo.com

1985년 서울대학교 전자공학과(학사)

1987년 North Carolina State University Electrical and Computer Engineering(석사)

1987년~1988년 현대

1988년~1994년 삼성전자

1999년 North Carolina State University Electrical and Computer Engineering(박사)

관심분야 : 무선 ATM, 고속 통신망에서의 성능 분석, 무선통신에서의 QoS

### 박 현 민

e-mail : hpark@mju.ac.kr

1985년 서울대학교 전자공학과(학사)

1988년 North Carolina State University Electrical and computer engineering(석사)

1995년 North Carolina State University Electrical and computer engineering(박사)

1996년~현재 명지대학교 공과대학 컴퓨터학부 부교수

관심분야 : ATM 교환기, 네트워크 트래픽 관리 및 보안 기술 연구

### 주 우 석

e-mail : red@mju.ac.kr

1983년 서울대학교 공과대학 전자공학과(학사)

1983년~1985년 한국 IBM, 데이콤 정보통신연구소

1987년 University of Florida, 컴퓨터공학(석사)

1991년 University of Florida, 컴퓨터공학(박사)

1992년~현재 명지대학교 컴퓨터공학과 교수

관심분야 : 컴퓨터그래픽스, 알고리즘, 데이터베이스, 광통신

## 전 종 훈

e-mail : jchun@mju.ac.kr

1986년 University of Denver, Colorado  
(학사)

1988년 Northwestern University Evanston,  
Illinois(석사)

1992년 Northwestern University Evanston,  
Illinois(박사)

1992~1995년 Central Oklahoma University 교수

1995년~현재 명지대학교 컴퓨터공학과 교수

관심분야 : Deductive Database, Data Mining, Digital Library

## 이 강 선

e-mail : ksl@mju.ac.kr

1992년 이화여자대학교 이과대학 전자계산  
학과(학사)

1994년 이화여자대학교 이과대학 전자계산  
학과(석사)

1998년 Computer Information Science and  
Engineering, University of Florida  
(박사)

1999년~2002년 삼성전자 중앙연구소 소프트웨어센터 선임연구원

2000년~현재 명지대학교 컴퓨터공학과 조교수

관심분야 : Modeling & Simulation