

AAL type 2 기능을 갖는 이동 통신 전송 시스템에서 패킷화된 음성 트래픽의 성능 해석

정회원 정 해 원*, 이 영 교**, 박 기 식**, 조 성 준**

Performance Analysis of Packetized Voice Traffic in the Mobile trunking Systems with AAL type 2 protocol

Hae-Won Jung*, Young-Kyo Lee**, Ki-Sik Park**, Sung-Joon Cho** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 압축된 음성 신호와 같이 저속이며, 패킷 길이가 짧고 발생율이 변동하는 지연에 민감한 어플리케이션을 효율적으로 전송하는 AAL type 2 프로토콜의 표준화 사항을 소개하였다. 그리고, 이를 셀룰러 이동 통신 시스템의 기지국과 이동 교환기 간에 적용한 예를 모델화 하고, 패킷화된 음성 트래픽을 적용하여 트렁크 용량과 지연, 전송 효율 등에 대한 성능분석을 수행하였다. 시뮬레이션 결과에 의하면, overlapping 방식이 non-overlapping 방식보다 효율적임을 알 수 있었다. 또한 최적의 전송 버퍼 크기는 4 ATM 셀 임을 알 수 있었다. 제안된 성능 분석 방법 및 연구 결과는 앞으로 구축될 IMT 2000 통신망 구축 등에 기초 자료로 활용될 것으로 기대된다.

ABSTRACT

In this paper, we introduced the current trend of standardization for AAL 2 which provides for the bandwidth-efficient transmission of low-rate such as compressed voice, short and variable length packets in delay sensitive applications. And we set up a model to which we apply between BSC and MSC in the cellular mobile telecommunication systems. Also, we performed a performance analysis of trunk capacity, delay, and transmission efficiency used in packetized voice traffic. According to the simulation results, overlapping scheme is better efficient than non-overlapping scheme. Also, we knew that optimum transmission buffer size is 4 ATM cells. Finally, we expect that the proposed method of the performance analysis and the results may be used to the basic reference for constructing IMT-2000 telecommunication networks.

I. 서론

차세대 이동통신 시스템(IMT 2000 ; International Mobile Telecommunications) 이란 궁극적으로 유선망과 무선망을 통합하여 유, 무선망 어디에 있더라도 그 위치에 관계없이 단말, 개인의 이동성과 멀티미디어 통신을 제공하는 서비스이다. 현재 전세계적으로 IMT-2000 시스템을 구축하기 위한 노력이 가

시화되고 있으며, 우리나라에서도 FPLMTS 연구 개발 콘소시움이 구성되고, 2단계 기술 개발을 통하여 2001년에 시험 서비스를 제공할 계획으로 연구 개발 중에 있다.

과거 FPLMTS (Future Public Land Mobile Telecommunication Systems)라 불리우던 IMT-2000은 상용 중인 PCS와의 밀접한 연계성을 갖고, 통신망의 진화적인 차원에서 접근될 것으로 예측된다.

* 한국전자통신연구원(hw-jung@etri.re.kr)

** 한국항공대학교 항공통신정보공학과

** 논문번호 : 98186-0427, 접수일자 : 1998년 4월 27일

즉, IMT 2000 시스템은 ATM 을 기반으로 하는 유선의 기반망을 토대로 하여, 무선 전송 방식, 신호 망 구조 및 신호 방식, 위치 관리 데이터베이스, 셀 구조 등과 상호 유기적인 관계를 갖고 유,무선이 통합된 구조로 발전되어 갈 것이다. 셀룰러 이동 통신망에의 ATM 기술 도입은 초기에는 유선 기반 분야부터 ATM 기술이 도입된 후(Non Transparent Service Model)에 점차로 무선 채널에서도 ATM 전송이 이루어지는 형태로(Transparent Service Model) 발전이 될 것이다^[1].

이러한 진화 과정에서 통신망 설계자의 초기의 주된 관심 중의 하나가 이동 교환기와 기지국 간의 Mobile trunking 다중화 방식의 도입으로 이는 액세스 망의 전송 비용을 줄임과 동시에 미래로의 진화에 대비하는 하나의 방법이 될 것이다. 최근 ITU-T SG13 등의 표준화 기관에서도 이에 대하여 활발히 논의되어, ATM 기반의 Layered Cell 구조에 의한 Mobile trunking의 표준화가 구체화되고 있다. Mobile trunking 다중화 방식은 디지털 이동 통신 등에서 사용되는 압축된 음성 신호와 같이 짧은 패킷 길이가 변동하는 데이터 스트림을 하나의 ATM VCC(Virtual Channel Connection)상에서 다중 전송하는 방식으로, 이때 사용되는 프로토콜이 통상 AAL-Composite User라 불리는 AAL type 2 프로토콜이다^[2]

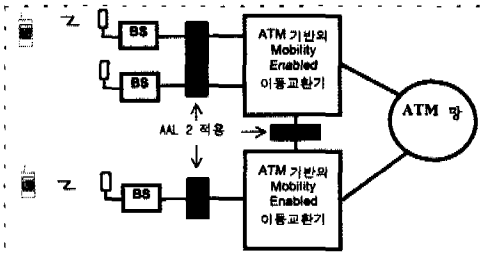


그림 1. Layered cell의 적용 영역
Fig. 1 The applied area of layered cell.

Mobile trunking에 대한 표준화는 '97년 9월에 공통부(CPS : Common Part Sub-layer) 부계층에 관한 I.363.2 규격이 확정되었으며^[3], '98년 6월에는 SSCS (Service Specific Convergence Sub-layer) 규격도 작성되었다^[4]. 표준화 작업은 ITU-T를 중심으로 ATM FORUM의 VTOA (Voice and Telephony Over ATM) 연구반, 미국의 T1S1 등의 표준화 기관 상호간에 긴밀한 협조 체제를 유지하면서 진행되고 있다.

본 논문은 이와 같은 AAL type 2 프로토콜의 핵심 사항을 소개하고, 이를 이동 통신 시스템에 적용한 경우를 모델화 하고 패킷화된 음성 트래픽에 적용하여, 트렁크 용량과 지연, 전송 효율 등의 파라메타에 대한 분석을 수행하였다. 이러한 연구 결과는 앞으로 구축될 IMT 2000 통신망 구축 등에 기초 자료로 활용될 것으로 기대된다.

II. AAL type 2 프로토콜의 소개

1. AAL type 2 적용 시나리오

ATM기반의 PCS/IMT 2000 망에 AAL type 2가 적용된 예를 그림 2에 나타내었다. 단말기에서 저속의 음성 데이터로 압축 부호화된 데이터는, 무선 전송 채널의 전송 에러에 대처하기 위하여, 인터리빙과 비터비 채널 코딩 등이 된 후 기지국(CDMA망의 경우 BTS)에 전달된다. 기지국에서는 채널 디코딩을 수행하고, 이러한 소량의 음성 데이터를 여러 개 묶어 하나의 ATM 채널로 다중화하여 이동성 지원의 ATM 교환기로 다중 전송한다. 바로 이 구간이 AAL type 2 다중 전송되는 구간으로, 하나의 ATM VCC 채널을 통하여 여러 개의 미니셀 즉, 여러 이동 단말로부터 보내온 음성 신호를, 하나의 ATM 페이로드 안에 다중 전송하는 것이다. 이렇게 다중 전송된 ATM 다중 셀은 그림 2와 같이 맞은편의 인터워킹 장치 등에서 partial filled된 표준 ATM셀로 변환되어 여타 망으로 교환 중계되는 것이다. 그 역의 방향도 동일한 처리 절차가 수행된다.

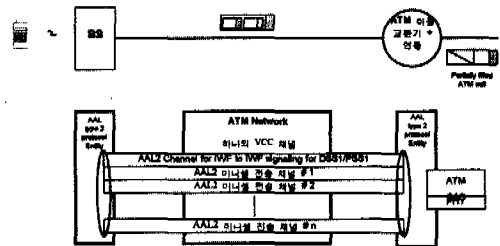


그림 2. AAL type 2 Mobile trunking 적용 예
Fig. 2 The example of AAL type 2 applied to mobile trunking.

2. 프로토콜 구조

AAL type 2 프로토콜 구조는 그림 3과 같이 CPS 부계층과 SSCS부계층으로 구성되며, 압축된 음성 데이터, G3 팩시밀리 데이터, MFC 다이얼 톤

등의 데이터를 수용한다. AAL type 2는 이러한 각각의 응용 서비스의 요구 QoS를 만족시키면서 ATM 다중 전송을 수행한다.

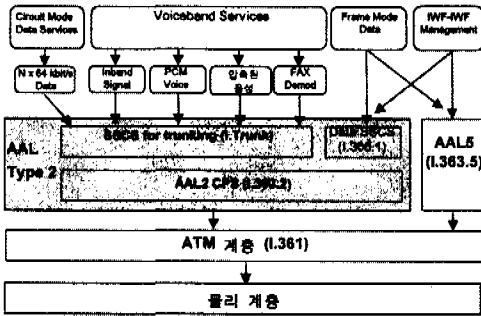


그림 3. AAL-CU의 프로토콜 구조
Fig. 3 The structure of AAL-CU protocol.

가. I.363.2 : CPS 부계층

CPS는 미니셀의 다중화 전송 기능을 수행하는 것으로, 하나의 ATM VCC안에 채널 식별 코드 값에 의해 최대 256개의 미니셀 전송 채널을 구성한다.

1) AAL-CU협상 절차

AAL type2 프로토콜 엔터티간에 통신을 하기 위해서는 미니셀 전송 채널의 연결, 설정, 해제를 위한 협상 절차가 필요하다. 이러한 운영 절차를 AAL-CU협상 절차(ANP : AAL-CU Negotiation Procedures)라 부르며, 그 위치는 그림 4와 같다. 표준화 검토 초기에는 관리 평면 기반의 접근 방법과 제어 평면 기반의 접근 방법이 제안되었으나 ATM신호 방식의 투명성을 확보하기 위하여 최종적으로 관리 평면 기반의 접근 방법을 사용하기로 결정되었다.

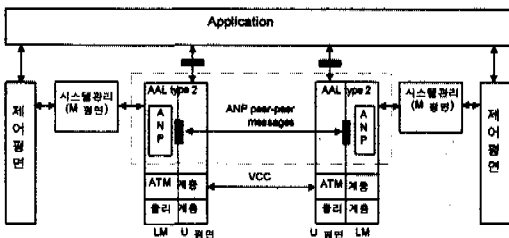
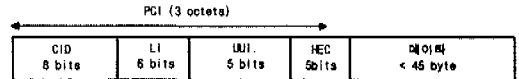


그림 4. AAL type 2 협상 절차
Fig. 4 The negotiation procedure of AAL type 2.

2) 미니셀의 구성

미니셀 구성에 대하여 표준화 초기에는 CPS 포

맷에 대하여 3개의 인이 있었으나^{[5][6][7]}. 최종적으로 그림5와 같이 3옥텟의 헤더부와 데이터로 구성되었다. 또한 ATM payload의 첫번째 바이트는 연속된 ATM셀에 미니셀이 중첩(overlap)되기 위하여, 미니셀의 시작점을 나타내는 start field로 사용된다. 오버래핑이란 기능은 페이로드의 잔여 기간이 미니셀 길이보다 작은 경우, 두개의 ATM셀에 걸쳐서 미니셀을 전송하는 기능을 말한다. 만약 데이터를 두개의 ATM 셀에 연속하여 전송을 하였는데, 첫번째 ATM 셀에 전송 에러가 발생하여 셀패기를 수행하면서 연속으로 셀 패기가 되는 것을 방지하기 위한 것이 STF의 사용이다. ATM 페이로드에 아직 추가 미니셀을 실을 수 있는 여유가 있으나, 추가 도착 셀이 없으며 최대 셀 전송 지연 시간이 경과된 경우에는 '0'을 채워 전송 하는 기능이 있으며, 이를 패딩(padding) 기능이라고 한다.



CID : Channel Identifier, 미니셀 전송 채널의 구분과 사용자 평면의 데이터와 관리 기능 평면의 데이터를 구분
UUI : User to User Indication, CPS 사용자간의 정보 전달 (예, 음성 신호의 압축 방법, 시퀀스 번호, 복음 구간 또는 잠음에 대한 정보 등)
LI : Length Indicator
HEC : Header Error Check

그림 5. 확정된 미니셀 헤더의 구조
Fig. 5 The structure of conformed short cell header.

나. l.trunk : SSSC 부계층

SSSC부계층은 저속의 음성, 목음 구간의 압축 및 복원, G3 팩시밀리 데이터, MFC 톤 등의 대역 내 신호 전송 등의 서비스를 위하여, 정보원의 코딩, 패킷화와 더불어, 정보 데이터의 셀 분해 조립, 미니셀 전송의 QoS 및 셀 지연 변동의 흡수, 미니셀의 오류 및 흐름 제어 기능 등을 수행한다. SSSC 패킷 포맷은 크게 3가지 형태로 구성된다. 첫번째 포맷은 순수한 정보 데이터로만 구성되는 방식이며, 두번째 포맷은 순수한 정보 데이터와 4 비트 CRC를 포함한 헤더로 구성된다. 세번째 포맷은 정보 데이터에 10 비트 CRC 기능과 6비트의 메시지 식별 기능(다이얼 디지털, 팩시밀리 제어 데이터 등)으로 구성된다.

III. 성능 분석 모델

AAL type 2를 이동 통신시스템의 기지국과 교환기에 적용할 때 궁극한 점이, 하나의 VCC로 처리

할수 있는 이동 가입자의 통신 채널 수, 미니셀 지연 시간 및 트렁크 전송 속도와의 관계 등이다. 시뮬레이션의 모델은 크게 3부분으로 나눌수 있다. 첫번째가 트래픽의 생성 단계의 모델화이다. 사용자의 패킷 발생율은 이동 트래픽 특성에 기초를 하여 생성된다. 멀티미디어 트래픽은 크게 실시간(real-time)과 비실시간(non-real-time) 트래픽으로 구분할 수 있다. 음성,비디오 같은 실시간 트래픽의 특성은 제한된 지연 시간 및 지연 가변성을 요구하는 반면에, 셀 손실에 대해서는 다소 너그럽다. 이에 반하여 데이터 전송과 같은 비실시간 트래픽의 전송은 시간 지연에 대해서는 둔감하지만 셀 손실에 대하여는 민감하게 반응한다.

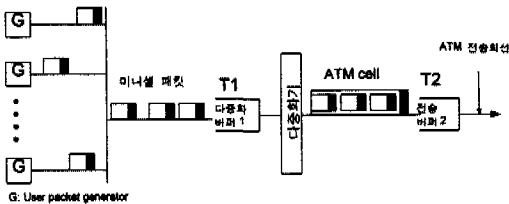


그림 6. 시뮬레이션 모델
Fig. 6 The model of simulation.

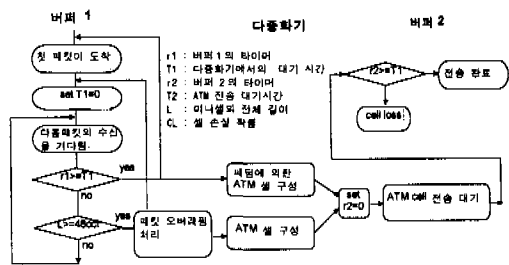


그림 7. 시뮬레이션 처리 흐름도
Fig. 7 The flow chart of simulation.

일반적으로 음성 트래픽은 ON/OFF 시스템으로 모델화 할수 있으며, ON 상태(talk spurt)인 경우에만 패킷이 생기는 것으로, 패킷의 생성은 포아송 분포를 따르는 것으로 간주한다. 이러한 음원이 다수인 경우에는 IPP(Interrupted Poisson Process), MMPP(Markov Modulated Poisson Process)[8] 등으로 모델링할 수 있다. MMPP 는 ON OFF 마코프 체인을 N 개의 음성 소가 중첩되는 프로세스로써, N 상태는 N 개의 음성원이 talk 상태에 있음을 표시한다.

두번째 단계는 각각의 미니셀을 48 바이트의 ATM 페이로드로 다중화 하는 단계의 모델화로, 적

충한 미니셀의 전체 길이가 48 옥텟에 도달하거나, 셀 결합 지연 타임 아웃이 만기가 되어 버퍼에 있던 사용자의 미니셀 데이터와 '0'으로 패딩된 데이터를 채운 ATM 셀 전송이다.

세번째 단계는 이렇게 미니셀로 채워진 ATM셀을 전송로로 전송하는 단계이다. 전송버퍼 T2는, 일정한 길이의 ATM 셀 사용, 지정된 일정 기간이 되면 즉시 전송을 하므로 M/D/1으로 모델화가 가능하며, 서비스 시간의 간격은 trunk의 속도에 따라 변동한다. 다중화된 미니셀을 전송 선로 상에 송출하기 위하여 빈 ATM 셀 슬롯을 기다리기 위한 버퍼를 가정한다. ATM VCC채널은 시스템 초기화시에 PVC로 설정되었다고 가정한다.

이러한 가정으로 작성한 시뮬레이션 모델과 처리 흐름도가 그림 6과 그림 7이다.

IV. 시뮬레이션 결과

1. 시뮬레이션 파라메타

일반적인 통신망의 진화 과정을 고려할 때, 기지국과 이동 ATM 교환국 간의 트렁크는 초기에는 기설치된 T1/E1 트렁크를 그대로 사용할 것이다^[9]. 시뮬레이션에 사용된 음성의 talk-spurt은 352 m/s, silent의 경우 650 m/s를 이용하였다. (talk-spurt 기간 동안에 평균도착율은 10 m/s이다.) 또한, 음성 입력 소스원의 길이는 10 바이트(8 kbps, 10ms)로 고정된 경우와 가변 길이를 적용한 경우로 나누어 분석한다. 가변 길이의 입력 소스원의 길이는 10, 5, 1.2 바이트(8, 4, 1 kbps)로 각각 30 %, 4 %, 66 %의 비율로 발생한다고 가정하였다. 또한 미니셀의 도착 간격은 10 ms, 트렁크 속도는 2 Mbps로 가정하였다.

2. APR(Actual Payload Rate)

미니셀의 다중화 효율을 검토하기 위해 프로토콜 오버헤드를 제외한 순수한 이용자 정보와 ATM payload와의 관계를 분석한다. 이용자 정보(user data)와 48 바이트 ATM payload의 비율 다음과 같이 APR(Actual Payload Rate)로 정한다.

$$APR = \text{실제 전송되는 user data} / 48$$

입력 트래픽이 8 kbps의 고정 길이인 경우, 가입자가 증가 할수록 APR은 최대 값인 75% 에 근접함을 알 수 있다. 가변 길이 방식의 경우에는 (미니셀의 이용자 데이터 : 10 바이트 : 30 %, 5 바이트 : 4 %, 1.2 바이트 : 66 % 로 가정) CPS 패킷의 오

버헤드로 인하여 고정 길이 방식보다 약 20% 감소함을 알 수 있다.

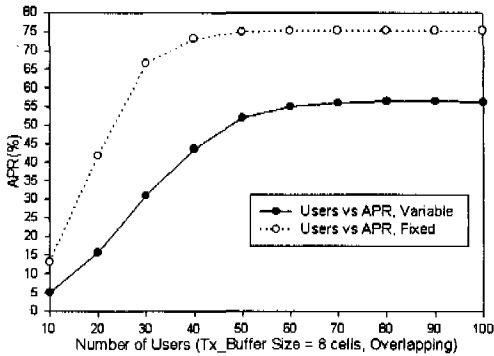


그림 8. 가변길이방식과 고정길이방식의 APR (Overlapping 방식, 전송버퍼 : 8 셀)
Fig. 8 The APR of variable length scheme and fixed length scheme (Overlapping scheme, Transmission buffer size : 8 cells).

3. 지연(Delay)

시뮬레이션에서 사용되는 전송버퍼의 크기를 설정하고 최적의 사용자 수를 결정하기 위해 적절한 버퍼 크기를 8 셀로 가정한다. 다중화로 인한 지연을 살펴 본 것이 그림 9이다. 다중화를 하지 않는 경우는 AAL type 1 에 해당된다. Non Overlapping 방식이 Overlapping 방식보다 사용자의 수가 증가할수록 약간 효율적임을 볼 수 있다.

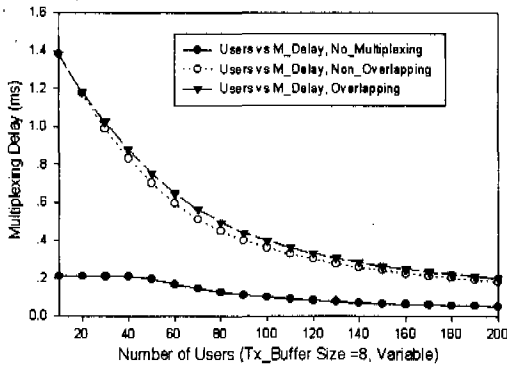


그림 9. 다중화 지연(가변길이방식, 전송버퍼 : 8 cells)
Fig. 9 The multiplexing delay(Variable length scheme, Transmission buffer size : 8 cells).

전송 지연의 경우도 사용자의 수가 증가할수록 감소하다가 일정 시점이 되면 오버 플로우가 발생하면서 셀 손실과 동시에 지연이 급격하게 증가됨을 알 수 있다(그림 10). Overlapping 방식이 Non_Overlapping 방식보다 버퍼 오버플로우 발생이

약 40 가입자 차를 두고 둔감해짐을 알 수 있다. 그림 11은 전송 버퍼의 크기에 따른 전송지연의 변화이다.

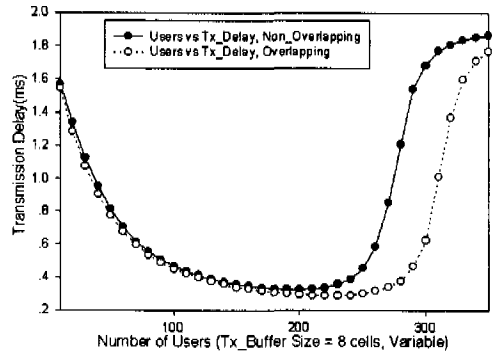


그림 10. 전송 지연 (가변길이방식, 전송버퍼 : 8 cells)
Fig. 10 The delay of transmission (Variable length scheme, Transmission buffer size : 8 cells).

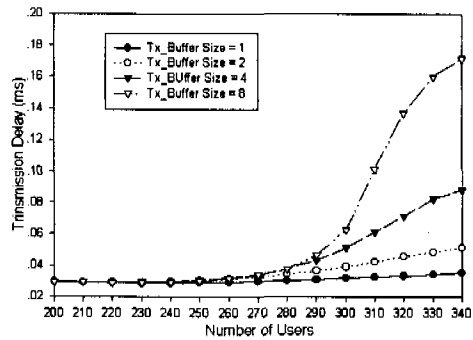


그림 11. 전송 버퍼의 크기에 따른 전송 지연 (가변길이방식, Overlapping 방식)
Fig. 11 The delay of transmission according to the transmission buffer size

4. 처리량

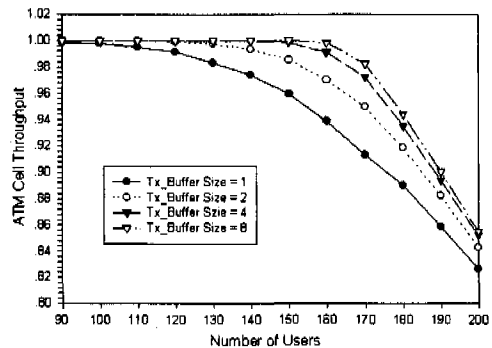


그림 12. 처리량 (Overlapping 방식)
Fig. 12 Throughput (the Overlapping scheme).

처리량(throughput) 은 성공적으로 전송된 셀 수

와 발생된 총 셀 수의 비로 표시할 수 있다. 그림 12는 미니셀의 길이를 10 바이트로 고정하고, 전송 버퍼의 크기를 변동하면서, 사용자 수에 따른 처리율의 변화를 살펴보기 위한 시뮬레이션 결과이다. 전송버퍼가 4인 경우, 약 150 명 정도의 사용자를 수용할 수 있음을 볼 수 있다. 또한 버퍼 크기가 4인 경우와 8인 경우의 차이가 미소함을 알 수 있다.

5. 채널 이용률

채널 이용률(channel efficiency)은 trunk를 얼마나 효율적으로 사용하는가에 대한 성능지수이다. 그림 13은 미니셀의 길이를 10 바이트로 고정하고 전송 버퍼의 크기에 따라, 사용자 수를 변화시켰을 때의 전송 효율이다.

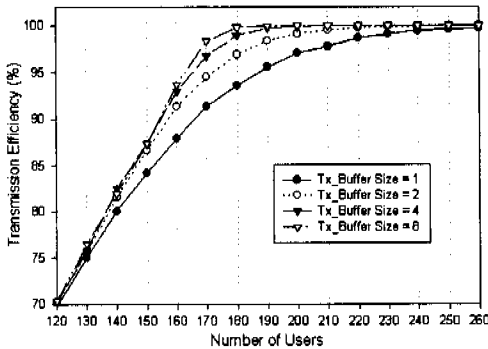


그림 13. 전송 효율 (Overlapping 방식)
Fig. 13 The efficiency of transmission (Overlapping scheme).

이상과 같은 시뮬레이션을 수행한 결과를 종합하면, 최대 수용 가능한 사용자 수는 AAL type 2 다중화를 하지 않는 경우에는 최대 47 가입자의 수용이었으나, 다중화를 수행하는 경우는 각각 120 (Non_Overlapping 방식), 150 (Overlapping 방식) 가입자이다. 다중화 지연의 경우 Non_Overlapping 방식과 Overlapping 방식에는 별 차이가 없으나, 전송 지연의 경우 Overlapping 방식이 버퍼 overflow에 둔감함(40가입자 수용)을 알 수 있었다. 크기와 처리량을 비교할 때 비용 대비 성능상에서 최적의 버퍼 크기는 4 ATM 셀의 크기인 것을 알 수 있었다.

V. 결론

본 논문은 최근 ITU-SG 13, ATM FORUM 내의 VTOA 연구 그룹 등에서 표준화 되고 있는 AAL type 2 프로토콜의 핵심 사항을 소개하고 이

를 이동 통신시스템의 기지국과 교환기에 적용한 경우를 모델화 하고, 패킷화된 음성 트래픽에 적용하여 하나의 VCC 연결에서 처리 가능한 이동 가입자의 연결 통신 채널 수, 미니셀 지연 시간 등을 고찰하였다. 시뮬레이션을 수행한 결과, 최대 수용 가능한 사용자 수는 AAL type 2 다중화를 하지 않는 경우에는 최대 47 가입자를 수용할 수 있었으나, 다중화를 수행하는 경우는 각각 120 (Non-Overlapping 방식), 150(Overlapping 방식) 가입자를 수용할 수 있었다. 다중화 지연의 경우 Non_Overlapping 방식과 Overlapping 방식에는 별 차이가 없으나, 전송 지연의 경우 Overlapping 방식이 버퍼 overflow에 둔감함(40가입자 수용)을 알 수 있었다. 크기와 처리량을 비교할 때 비용 대비 성능상에서 최적의 버퍼 크기는 4 ATM 셀의 크기인 것을 알아낼 수 있었다.

이상과 같은 검토 결과로부터 우리가 알아낸 것은, PCS망을 ATM 망으로 점진적으로 전환하고자 할 때, 적어도 기존에 서비스 중인 트래픽은 기 운동중인 T1/E1 전송로로 충분히 수용할 수 있다는 점이다. 이와 같은 연구 결과는 IMT 2000 시스템의 통신망은 기존에 운동중인 통신망과 효율적인 조화와 유기적인 관계를 이루면서 구축될 수 있음을 보여주는 기초 자료로 활용될 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] 정해원, 이영교, 조성준, 강 훈, "무선 LAN과 무선 ATM LAN," 한국통신학회지, vol. 15, no. 2, pp. 47-60, 1998년 2월
- [2] Young-Kyo Lee, Sung-Joon Cho, "Layered cell transmission for mobile ATM networks," *MoMuC '97*, pp. 96-99, Sep. 1997
- [3] ITU-T Q.5/13, "Draft new ITU-T Recommendation I.363.2 : BISDN ATM Adaptation Layer type 2 Specification," Feb. 1997
- [4] T1S1.5, "ITU-T Q5/13 draft 0.2 of I.trunk-AAL2 SSCS for trunking" Feb. 1998
- [5] H. Nakamura et al., "Using ATM to carry very low bit rate mobile voice signals," *ICUPC '95*, 1995
- [6] H. Nakamura et al., "Layered cell structure for mobile ATM networks," *ICC '96*, Jun. 1996
- [7] 中野 雅友 外 3, "移動ATM通信網におけるツォットセル多重方式の検討," 1996電子情報通信學會

通信ソサイエティ大會, B-314, 1996年 9月

- [8] H. Heffes, at. al., "A Markov modulated characterization of packetized voice and data traffic and related statistical multiplexer performance," *IEEE JSAC*, no.6, pp. 856-868, Sep. 1986
- [9] I. Gard at. al., "Supporting STM traffic with ATM-A switch implementation," *ISS '95*, April 1995

정해원(Hae-Won Jung) 정희원

1957년 10월 6일

1980년 2월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과(공학사)

1982년 2월 : 한국항공대학교 대학원 항공전자공학과(공학석사)

1999년 2월 : 한국항공대학교 대학원 항공통신정보공학과(공학박사)

1982년 3월~현재 : ETRI 교환전송연구소 무선 ATM 연구팀 근무(책임연구원)

<주관심 분야> 유무선 통합 시스템, 무선 LAN, 무선 ATM, 무선 CATV, 닥내 무선 액세스

이영교(Young-Kyo Lee) 정희원

1966년 3월 29일 생

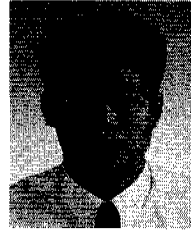
1992년 2월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과(공학사)

1995년 8월 : 한국항공대학교 대학원 항공통신정보공학과(공학석사)

1995년 9월~현재 : 한국항공대학교 대학원 항공통신정보공학과 박사과정 재학 중

<주관심 분야> 무선통신, 연동방식(유/무선통신) 및 트래픽제어, Wireless ATM

박기식(Ki-Sik Park) 정희원



1967년 10월 5일 생

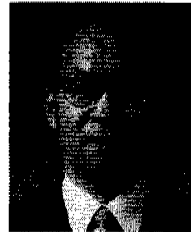
1991년 2월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과(공학사)

1996년 8월 : 한국항공대학교 대학원 항공통신정보공학과(공학석사)

1996년 9월~현재 : 한국항공대학교 대학원 항공통신정보공학과 박사과정 재학 중

<주관심 분야> 무선통신, 광통신, 이동통신, Wireless ATM

조성준(Sung-Joon Cho) 정희원



1946년 1월 9일 생

1969년 2월 : 한국항공대학교 항공통신공학과(공학사)

1969년 4월~1972년 7월 : 해군 기술장교

1975년 2월 : 한양대학교 대학원(공학석사)

1981년 3월 : 일본 오사카 대학교 통신공학과(공학박사)

1972년 8월~현재 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 교수

<주관심 분야> 무선통신, 이동통신, 위성통신, 환경전자공학