

# 비동기 방식 IMT-2000 시스템에서 음성 및 패킷 트래픽에 대한 기지국의 성능 평가

정희원 박영옥\*, 유병한\*, 백장현\*\*

## Performance Evaluation of the Radio Transceiver Subsystem Carrying Voice and Packet Traffic in Asynchronous IMT-2000 System

Youngok Park\*, Byunghan Ryu\*, Janghyun Baek\*\* *Regular Members*

### 요 약

본 연구에서는 비동기 방식 IMT-2000 시스템의 무선 접속망에서 12.2 Kbps의 음성 트래픽 및 64 Kbps의 패킷 트래픽을 기지국에서 AAL-2 (ATM Adaptation Layer type 2)로 구성된 후, 제어국으로 전송할 때의 트래픽 처리와 관련된 블럭 및 전송로의 성능을 분석한다. 이를 위하여 기지국의 구조를 간략히 살펴보고, 큐잉 네트워크를 이용하여 모델링한다. Overlapping 방식의 다중화 기법, 20 ms의 전송시간간격, 그리고 프레임 스테저링 개념을 적용하여 시뮬레이션을 수행한 후, 트래픽 처리 블럭인 LRI (Local Router Interface) 및 RNI (Radio Network Controller Interface)에서의 트래픽 처리시간의 설계치를 제시하고, 음성 트래픽의 다중화를 위하여 RNI에 설정하여야 할 지연시간인 타임아웃시간을 제시한다. 또한, 설정된 타임아웃시간내에 음성 트래픽이 다중화되지 못할 확률 및 AAL-2 구조를 이용할 때의 음성 트래픽의 다중화 이득을 평가한다. 본 연구에서는 8개의 E1 링크를 완전히 독립적으로 사용하는 경우 (Complete Partitioning; CP)와 8개의 E1 링크를 공유하여 사용하는 경우 (Complete Sharing; CS)의 2가지 형태의 E1 링크에 대해 자원 이용효율을 살펴보고, 동시에 통화 가능한 음성 사용자 수, 패킷 사용자 수, 그리고 음성 및 패킷 사용자 수를 제시한다.

### ABSTRACT

In this paper, we present the designed processing time and evaluate the transmission efficiency when the voice traffic of 12.2 Kbps and the packet traffic of 64 Kbps are constructed as the AAL-2 (ATM Adaptation Layer type 2) and then those traffics are transmitted to the RNC (Radio Network Controller) from the RTS (Radio Transceiver Subsystem) in RAN (Radio Access Network) of asynchronous IMT-2000 system. For this purpose, we first briefly describe the architecture of the RTS, and then model it as a queueing network. By a simulation study, we present the timeout time which should be set for multiplexing the voice traffic in the RNI (RNC Interface) block. Then, we evaluate the probability that voice traffic can not be multiplexed within the established timeout time, and evaluate the multiplexing gain. In this study, we examine the resource utilization efficiency for two cases of physical links in transmitting the traffic to the RTS from the RNC; the Complete Partitioning (CP) E1 link and the Complete Sharing (CS) E1 link. Then, we present the number of voice and/or packet users who can be simultaneously accommodated on the physical link.

\* 한국전지통신연구원 무선방송기술연구소 IMT-2000 개발본부 기지국기술연구부(rubh@etri.re.kr)

\*\* 전북대학교 산업공학과·정보통신연구소

논문번호 : 00317-0894, 접수일자 : 2000년 8월 4일

## I. 서론

3세대 이동통신시스템으로 ITU-T에서 제안하고 있는 IMT-2000 (International Mobile Telecommunication-2000) 시스템은 저속의 음성 서비스 뿐만 아니라 ATM (Asynchronous Transfer Mode)을 사용하는 고속의 영상통신에 이르는 다양한 형태의 서비스의 제공을 고려하고 있다. 이러한 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서는 트래픽 소스의 다양성에 기인하는 보다 효율적인 트래픽 제어가 요구되고 있다<sup>[1]</sup>.

IMT-2000 시스템 설계시에 고려하여야 할 것 중의 하나가 기지국 (Radio Transceiver Subsystem; RTS)과 제어국 (Radio Network Controller; RNC) 간의 mobile trunking 방식의 도입이다. IMT-2000 액세스 망의 구축 기술중의 하나가 ITU-T SG13 등의 표준화 기관에서 활발하게 논의되고 있는 ATM 기반의 계층셀 구조에 의한 mobile trunking으로 AAL-2 (ATM Adaptation Layer type 2)의 구조를 사용하는 방법이다. 이 방식은 압축된 음성 트래픽과 같이 사용자 정보의 길이가 짧고, 가변적인 데이터 스트림을 하나의 ATM 가상회선연결 (Virtual Channel Connection; VCC)상에서 다중화하여 전송하는 방식으로 AAL-CU (AAL-Composite User)로 잘 알려져 있다<sup>[2]-[6]</sup>. 최근에, AAL-2 구조 사용시에 예상되는 패킷 손실 확률, 지연시간의 변동, ATM 다중화기의 성능 등의 분석에 대한 연구가 이루어져 왔다<sup>[7][8]</sup>. 이들은 음성 트래픽이 AAL-2 구조로 구성될 때  $10^{-3}$ 의 패킷 손실을 허용할 때의 수용할 수 있는 음성호의 수 및 다중화를 위한 패킷 대기시간의 할당, 그리고 ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation)의 부호화 방식을 사용할 때의 AAL-2 다중화기의 처리 능력 및 호 제어 방법을 제시하고 있다.

본 연구에서는 비동기 방식 IMT-2000 시스템의 무선 액세스 망에서 12.2 Kbps의 음성 트래픽 및 64 Kbps의 패킷 트래픽을 기지국에서 AAL-2 구조로 구성한 후, 제어국으로 전송할 때의 트래픽 처리와 관련된 블럭 및 전송로의 성능에 초점을 맞춘다. 무선단말 (User Equipment: UE)에서 전송된 트래픽은 채널 엘리먼트, 기지국 내부 라우터, E1 링크 등을 통하여 기지국에서 제어국으로 전송되게 된다. 즉, 무선단말에서 전송되는 음성 및 패킷 트래픽에 대해서 기지국의 RNI (Line Interface Unit)에서

AAL-2 구조로 구성한 후, ATM 셀 페이로드에 적재하여 E1 링크를 통하여 제어국으로 전송하게 된다. 그러므로, 정보의 길이가 짧은 12.2 Kbps의 음성 트래픽에 대해서는 하나의 ATM 셀 페이로드에 복수명의 음성 사용자 정보가 각 패킷 헤드가 추가된 미니셀의 형태로 수용되게 된다. 그러나 패킷의 길이가 ATM 셀 페이로드보다 긴 64 Kbps의 패킷 트래픽을 AAL-2 구조로 구성할 때는 하나의 패킷 트래픽은 복수개의 ATM 셀 페이로드에 적재되어 전송되게 된다.

AAL-2 구조를 이용하는 경우, 기지국으로 입력되는 사용자 정보에 3 바이트의 헤드를 추가하여 미니셀 (Common Part Sublayer-패킷: CPS-패킷)을 구성한 후, CPS-PDU (CPS-Protocol Data Unit)에 다중화된다. 한편, 전송시에는 다중화에 도착하는 사용자 정보의 길이와 도착 특성에 따라 ATM 셀 페이로드를 전부 채워서 전송할 수도 있고 (overlapping 방식) 부분적으로 채워서 전송할 수도 있는데 (non-overlapping 방식), E1 링크의 사용효율 관점에서는 전체를 채워서 전송하는 경우가 효율적이다<sup>[9]</sup>. 전자는 미니셀을 다중화하는 도중에 총 길이가 47 바이트를 초과하는 경우, 제일 마지막의 미니셀은 다음의 ATM 셀 페이로드에 적재하고 나머지 빈 부분은 비어있는 상태로 전송하는 방식이다. 후자의 경우는 마지막 미니셀을 분할하여 일부는 현재의 ATM 셀 페이로드에 적재하여 전송하고 나머지 부분은 다음 ATM 셀 페이로드에 적재하여 전송하는 방식이다.

본 연구에서는 전송시간간격 (Transmission Time Interval; TTI)내에 전송하여야 할 정보량이 적은 12.2 Kbps의 음성 트래픽에 대해서는 8개의 E1 링크를 완전히 독립적으로 사용하는 경우 (Complete Partitioning; CP)와 IMUX (Inverse MultipleXing)를 사용함으로써 8개의 E1 링크를 공유하는 경우 (Complete Sharing; CS)에 대하여 SLAM II<sup>[10]</sup>를 사용하여 시뮬레이션을 수행하여, 동시에 통화중인 음성 사용자 수에 대한 기지국내의 트래픽 처리와 관련된 블럭에서의 처리시간의 설계치를 제시하고, 기지국 내부 전송로 및 기지국과 제어국간의 전송로인 E1 링크의 전송효율을 평가한다. 또한, 음성 트래픽을 ATM 셀 페이로드에 다중화하기 위하여 RNI에서 음성 트래픽의 도착을 기다리는 적정한 시간 (이하 타임아웃시간으로 부른다) 및 설정된 타임아웃시간내에 다중화되지 못할 확률인 타임아웃확률을 제시하고, AAL-2 구조 사용시에 하나의 ATM

셀 페이로드에 다중화되는 음성 트래픽의 사용자 수를 나타내는 다중화 이득 및 E1 링크에 수용할 수 있는 음성 사용자의 수를 평가한다.

또한, 전송시간간격내에 전송하여야 할 정보량이 많은 64 Kbps의 패킷 트래픽에 대해서는 8개의 E1 링크를 공유하는 경우 (CS)만을 고려하고, 동시에 통화 가능한 패킷 트래픽 사용자 수를 제시한다. 마지막으로, CS의 경우에 대하여 8개의 E1 링크에 동시에 수용할 수 있는 음성 및 패킷 트래픽의 사용자 수를 제시한다.

본 연구에서는 1장의 서론에 이어 2장에서는 기지국과 제어국간의 정합 규격인 Iub 인터페이스의 프로토콜 스택 구성도 및 AAL-2의 구조를 설명한다. 3장에서는 비동기 방식 IMT-2000 시스템의 기지국 구조를 간략히 살펴보고, 4장에서는 E1 링크를 포함하여 기지국을 큐잉 네트워크를 이용하여 모델링하고, 성능분석을 위한 기본적인 가정사항 및 입력 파라미터를 설명한다. 5장에서는 주어진 큐잉 모델에 대하여 시뮬레이션을 수행한 후, 트래픽 처리와 관련한 블럭에서의 트래픽 처리시간의 설계값의 제시 및 전송로의 성능을 평가한다. 6장에서는 분석 결과를 바탕으로 음성 및 패킷 트래픽을 AAL-2 구조로 전송할 때의 성능 및 향후 연구과제에 대하여 언급한다.

## II. AAL-2 구조의 트래픽

비동기 방식 IMT-2000 시스템에서 기지국과 제어국간의 정합규격인 Iub 인터페이스에서는 서비스의 종류와 관계없이 모든 트래픽 데이터는 그림 1에서 보여주는 것과 같이 AAL-2 구조로 전송하게 된다<sup>[11][12]</sup>. 또한, 압축된 음성 트래픽은 음성활동계수 및 잡음상태에 따라서 12.2 kbps, 10.2 kbps, 7.95 kbps, 7.4 kbps 등의 다양한 전송율을 가지게 된다<sup>[13]</sup>. 이러한 전송율에 의존하여 음성부호기(AMR)는 20 ms의 전송시간간격 동안에 축적된 PCM 형태의 샘플로부터 패킷(사용자 정보)을 생성하고, 기지국의 무선채널 엘리먼트는 각 채널별로 매 전송시간간격마다 사용자 정보를 제어국으로 송신하게 된다.

그림 2와 같이 AAL-2의 CPS상에서의 패킷은 3 바이트의 CPS-패킷 헤드(CPS-PH)와 45 바이트 이하의 CPS-패킷 페이로드로 구성된다. CPS-PH에는 AAL-2 사용자를 식별하는 1 바이트의 채널 식별자(CID) 필드, 사용자간 정보에 대한 예약비트를

나타내는 사용자간 표시(User-to-User-Indication; UII) 필드, 그리고 CPS 패킷 헤드의 오류검출을 위한 헤드 에러 제어(Head Error Control; HEC) 필드가 포함되어 있다. 또한 CPS 패킷의 길이가 가변이고 가변 비트율을 제공하기 때문에, CPS 패킷의 길이를 표시하는 길이 지시자(Length Indicator; LI)가 포함되어 있다.

송신기는 CPS 패킷을 47 바이트의 CPS-PDU로 다중화하여 ATM 셀 페이로드의 형태로 ATM 계층으로 전달하게 된다. 만일 하나의 CPS-PDU가 CPS 패킷을 수용할 수 있는 충분한 공간이 없는 경우, CPS 패킷은 2개의 CPS-PDU로 분할되어 중첩된다. 이때 두번째 CPS-PDU는 CPS-PH가 포함되지 않기 때문에, 만일 처음 CPS-PDU를 전송하는 ATM 셀이 유실되면, 수신기는 2번째 CPS-PDU에서 CPS-PH를 찾을 수 없게 된다. 그러므로, 1 바이트의 CPS-PDU 시작 필드(Start Field; STF)가 각 CPS-PDU에 삽입된다. CPS-PDU 시작 필드는 첫번째 CPS-PH의 위치를 나타내는 오프셋 필드(Offset Field; OSF)와 CPS-PDU의 스트림 번호(module 2)를 나타내는 시퀀스 번호(Sequence Number; SN)와 수신기에서 STF의 에러 검출을 위해 사용되는 패리티(Parity; P)로 구성된다.

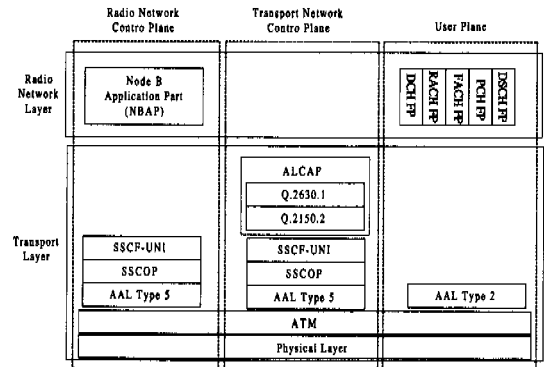


그림 1. Iub 프로토콜 스택 구성도 구조

한편, 비동기 방식 IMT-2000 시스템에서는 하나의 ATM 셀에는 5 바이트의 ATM 셀 헤드 외에도 착신지 주소, 프레임 제어, 전력제어, 데이터 전송속도 설정 등을 위하여 약 8 바이트의 제어 오버헤드가 추가로 요구된다. 또한, 각 사용자 정보가 미니셀의 형태로 ATM 셀에 다중화될 때, 3 바이트의 CPS 패킷헤드가 추가된다. 그러므로 하나의 미니셀의 평균 길이는 사용자 정보의 길이, 제어 오버헤드 길이, 그리고 3 바이트의 CPS 패킷헤드의 합이 된

다. 이 3 바이트의 CPS 패킷헤드 중에서 각 미니셀을 구별하는 CID (Channel Identifier)의 크기는 1 바이트이기 때문에 하나의 가상화선연결상에는 최대로 256 (=2<sup>8</sup>) 사용자 정보가 다중화될 수 있다. 그러나 CID 값의 '0'는 채널식별을 위해서 사용되지 않으며, '1'에서 '7'의 값은 AAL-2가 사용하기 위하여 예약된다. 그러므로, '8'에서 '255'까지의 값만 사용자 정보를 식별하기 위하여 사용된다.

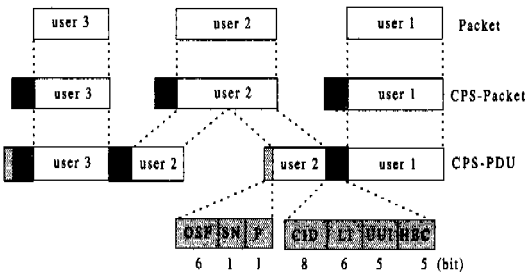


그림 2. AAL-2의 구조 (예, 음성 트래픽)

### III. 이동기 방식 IMT-2000 기지국 구조

그림 3은 이동기 방식 IMT-2000 시스템의 기지국 구조를 보여준다. 기지국은 RF 서브시스템 (Radio Frequency Subsystem; RFS), 기저 대역 서브시스템 (Base Band Subsystem; BBS), 그리고 기지국 정합 시스템 (Base station Interconnection Subsystem; BIS)으로 구성된다. RFS는 송수신 안테나를 수용하고 RF 전단 (front end) 및 IF (Intermediate Frequency) 신호 상향/하향 변환 기능을 수행하며, BBS는 기저대역 변복조 신호 처리, BIS는 기지국내의 호처리, 유지보수 및 제어국에 정합하는 기능을 수행한다.

기지국과 제어국은 E1 링크를 통해 음성 및 패킷 트래픽을 ATM 방식으로 전송한다. 즉, 기지국의 RNI는 E1 링크를 통하여 제어국과 접속하며, CID 단위로 하나의 VPI/VCI 채널로 PVC 또는 SVC를 구성한다. 이때 음성 및 패킷 트래픽은 RNI에서 AAL-2 구조로 변환되어 ATM 셀 페이로드에 다중된 후, E1 전송로를 경유하여 제어국으로 전송된다. 또한, 제어국으로부터 기지국으로 입력된 ATM 셀을 역다중화하여 사용자 정보로 변환한다.

그러므로, E1 링크의 전송효율을 극대화하고 내부 접속 경로의 지연시간을 최소화하기 위해서는 사용자 정보의 다중화를 위하여 RNI에서 기다려야 할 지연시간인 타임아웃시간을 설정할 필요가 있다.

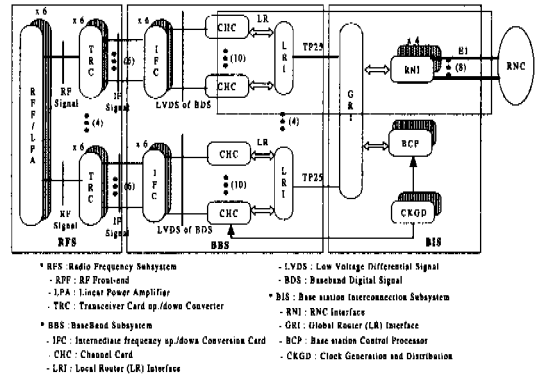


그림 3. IMT-2000 기지국 구조

### IV. 시뮬레이션 모델

그림 4는 그림 3에서 점선으로 표시된 부분에서의 트래픽의 흐름에 대한 큐잉 네트워크 모델을 보여준다. 호 요구가 수락되어 통화중 상태가 되면, 20 ms의 전송시간간격마다 기지국에서 제어국으로 사용자 정보가 전송되게 된다. 전송시에는 기지국의 무선채널 엘리먼트에서 제어국의 셀렉터까지 사용자 정보의 전송에 소요되는 전송지연시간의 변동을 줄이기 위하여 그림 5와 같이 프레임 스택터링 개념을 고려한다. 이는 전송시에 여러명으로부터 온 사용자 정보들을 동시에, 즉 같은 시점에 전송하는 것이 아니라, 사용자들 간에 일정한 시간 (오프셋 값) 간격을 두고 전송하는 개념이다. 예를 들어, 오프셋 값이 1.25 ms이고, 통화중인 사용자가 16명이면, 모두 다른 시작점을 갖게 되고, 만약 32명이면 두 사용자씩 같은 시작점을 갖게 된다. 이 개념은 기지국과 제어국간에 정보 전달을 위해 적용된 것이 아니고, 이미 무선 구간에서부터 적용된 것이 기지국을 거치면서 그대로 연장되는 것이다.

주어진 큐잉 네트워크 모델을 분석하기 위한 기본적인 가정사항은 다음과 같다.

- 기지국으로부터 제어국으로의 단방향의 트래픽을 고려한다.
- 호의 통화시간은 평균 90초에 표준편차 20을 갖는 일정분포로 한다. 호의 통화시간은 지수분포로 가정하는 것이 일반적이지만, 전송시간간격 및 프레임 스택터링 개념을 사용함으로써 사용자 패킷은 호원에서 일정한 간격으로 전송된다. 또한, 물리 링크상에 동시에 수용될 수 있는 사용자의 수 및 이 때의 성능을 분석하는 것을 목적으로 하고 있기 때문에 통화시간의 분포가 성능에는 크게

영향을 미치지 않는다.

그의 표 1과 같은 입력 파라미터를 가정한다. 그림 3에서처럼 GRI는 4개의 LRI로부터의 트래픽이 입력되고 전송속도가 125 Mbps 이지만, 본 연구에서는 그림 3의 점선으로 표시된 부분만을 분석대상으로 하고 있기 때문에, GRI의 전송속도를 31.25 Mbps (=125 Mbps / 4)로 가정한다.

표 1. 시뮬레이션을 위한 입력 파라미터

물리 링크	전송 속도
LRI	25 Mbps
TP25 링크	25.6 Mbps
GRI	31.25 Mbps
E1 링크	2 Mbps

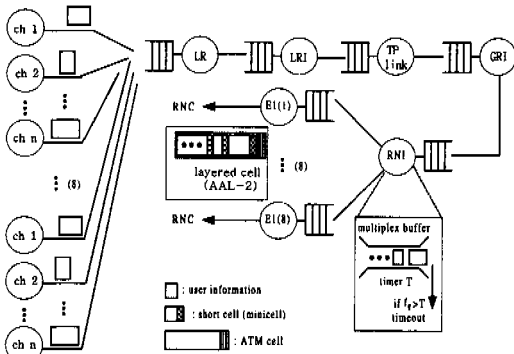


그림 4. 기지국의 큐잉 네트워크 모델

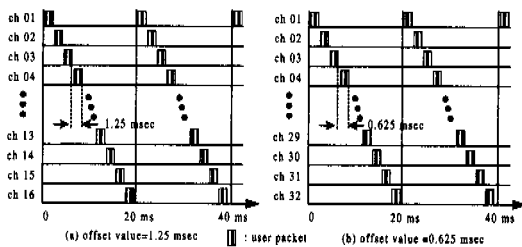


그림 5. 사용자 패킷의 전송 방식

한편, 본 연구에서는 트래픽 처리와 관련된 블럭인 LRI 및 RNI에서 트래픽 데이터를 처리하는데 요구되는 처리시간의 설계값을 제시하는 것을 하나의 목적으로 하고 있다. 그러므로, 다음과 같이 임시적인 처리시간을 계산하고, 계산된 값을 변화시켜가면서 시뮬레이션을 수행한 후, 트래픽 처리와 관련된 블럭이 bottleneck이 되지 않는 경우에 사용된 처리시간 중 가장 큰 값을 설계값으로 제시한다. 먼저, 전송시간간격을  $f$  로 나타내고, 트래픽 처리와

관련된 블럭은 점유율이 70%가 될 때까지 트래픽을 처리하는 것으로 가정한다. 그러면, 기지국내의 LR 및 RNI에서의 트래픽 처리시간( $t$ )은 다음과 같이 계산한다.

$$t = \begin{cases} \frac{f}{N_{load}^{voice A}} \times 0.7, & \text{if } 12.2 \text{ Kbps 음성} \\ \frac{f}{N_{load}^{packet A}} \times 0.7, & \text{if } 64 \text{ Kbps 패킷} \end{cases}$$

## V. 성능분석

### 5.1 E1 링크의 전송 효율

#### 5.1.1 12.2 Kbps 음성 트래픽

##### 5.1.1.1 Complete Partitioning E1 링크

그림 7은 그림 6(a)와 같이 8개의 E1 링크를 완전히 독립적으로 사용하는 경우 (Complete Partitioning; CP)에 대해 오프셋 값과 RNI 블럭에 설정된 타임아웃시간 ( $T$ )이 E1 링크의 점유율에 미치는 영향 및 E1 링크 입력큐에서의 평균대기시간을 보여준다.

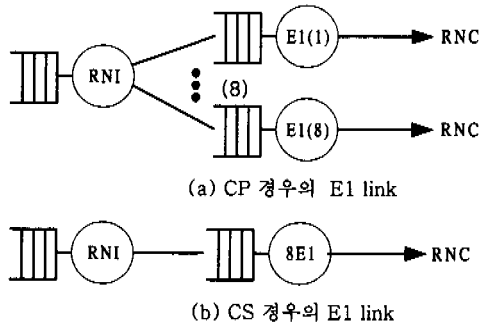


그림 6. E1 링크 이용 방식

본 연구에서는 20 ms의 전송시간간격을 고려하고 있기 때문에, 오프셋 값이 2.5 ms, 1.25 ms, 0.625 ms의 경우는 전송시간간격내에 각각 8 ch, 16 ch, 32 ch로 부터의 트래픽이 일정시간간격을 두고 전송됨을 의미한다. 또한, 오프셋 값이 1.25 ms의 경우, 타임아웃시간이 2 ms인 경우와 3 ms의 경우는 동일한 결과를 보여주고, 오프셋 값이 0.625 ms의 경우, 타임아웃시간이 2 ms, 3ms의 경우의 시뮬레이션 결과는 타임아웃시간이 1 ms의 경우의 결과가 같으므로 설명을 생략한다.

일반적으로, 부가되는 트래픽이 주어질 때, 오프셋 값을 크게 설정하면, 동일한 시점에 트래픽이 전

송될 확률이 높아지게 되므로 오프셋 값을 작게 설정한 경우보다 E1 링크 입력큐에서의 평균대기시간은 크게 된다. 또한, 타임아웃시간을 짧게 설정하게 되면, 입력되는 트래픽이 주어진 타임아웃시간내에 다중화될 확률이 낮아지기 때문에, 그 결과 ATM 셀 페이로드가 부분적으로 채워져서 E1 링크로 전송될 확률이 높아지게 되므로 타임아웃시간을 길게 설정한 경우보다 E1 링크의 점유율은 높아지게 된다.

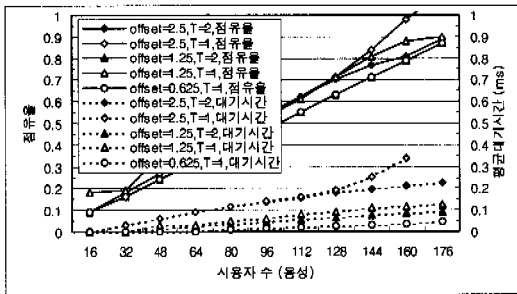


그림 7. E1 링크 점유율 및 평균대기시간 (CP)

그림으로부터 오프셋을 1.25 ms로 설정하고, 타임아웃시간을 2 ms 정도로만 설정하게 되면, 다중화 효과가 충분히 반영되어 오프셋을 0.625 ms에 타임아웃 시간을 1 ms로 설정한 경우와 E1 링크의 점유율은 거의 같게 된다. 또한, 오프셋 값을 작게 하면, 같은 시점에 도착하는 사용자 수가 감소하게 되므로, 입력큐에서의 평균대기시간도 낮아지게 된다. 예를 들어, 오프셋 값이 1.25 ms이고 타임아웃 시간이 2 ms인 경우에 기준부하 A 및 B에서 입력 큐에서의 평균대기시간은 각각 0.074 ms 및 0.085 ms가 되고, 오프셋 값이 0.625 ms가 되면, 평균대기시간도 기준부하 A 및 B에서 각각 0.031 ms 및 0.036 ms로 낮아지게 된다.

한편, 하나의 E1 링크에 수용할 수 있는 음성 사용자 수를 산술적으로 계산하면 다음과 같다. E1 링크에서의 ATM 셀당 소요되는 서비스 시간 ( $t_s$ )는 식 (1)과 같이 계산된다.

$$t_s = \frac{L_{ATM}}{C_{E1}} = \frac{424 \text{ (bit)}}{2 \text{ (Mbps)}} = 0.212 \text{ (ms)} \quad (1)$$

여기서,  $L_{ATM}$  은 ATM 셀의 길이로 53 바이트이고,  $C_{E1}$ 은 E1 링크의 전송속도를 나타낸다. 그러면, 단위 시간당 전송할 수 있는 ATM 셀의 개수 ( $n_{ATM}$ ) 및 미니셀의 개수 ( $n_{minicell}^{voice}$ )는 각각 식 (2) 및 식 (3)과 같이 되고, 전송시간간격 동안에 통화

할 수 있는 음성 사용자 수 ( $N_{voice}$ )는 식 (4)와 같이 계산된다.

$$n_{ATM} = \frac{1 \text{ (sec)}}{0.212 \text{ (ms)}} \approx 4716.981 \text{ (cell/ms)} \quad (2)$$

$$n_{minicell}^{voice} = n_{ATM} \times n_{gain} = 4716.981 \times n_{gain} \quad (3)$$

$$N_{voice} = f \times n_{minicell}^{voice} = 0.02 \times 4716.981 \times n_{gain} \quad (4)$$

여기서, 다음의 식 (6)에서 구한 값인 다중화 이득,  $n_{gain} = 2.2381$ , 을 식 (4)에 대입하면, 통화 가능한 음성 사용자 수는 다음과 같이 된다.

$$N_{voice} \approx 211.1415$$

또한, 기준부하 A 및 B에서의 통화 가능한 음성 사용자 수는 아래와 같고, 그림 7에서 타임아웃시간이 2 ms 또는 3 ms인 경우의 시뮬레이션 결과와 크게 차이가 없음을 알 수 있다.

$$N_{load A, B}^{voice} = \begin{cases} 211.1415 \times 0.7 \approx 147.7990, & \text{if load A} \\ 211.1415 \times 0.8 \approx 168.9132, & \text{if load B} \end{cases} \quad (5)$$

그러므로, 산술적인 결과 및 시뮬레이션 결과로부터 기준부하 A에서 약 1,176 (=147 x 8)명의 음성 사용자 정보를 8개의 E1 링크로 전송할 수 있다.

한편, 정상상태에서의 미니셀의 평균길이 및 다중화 이득은 다음과 같다. 먼저, 전송시간 간격내에 전송하여야 할 음성 패킷의 평균길이는 10 바이트 (= 12.2 Kbps x 0.33 (음성활동계수)) [11]로 3 바이트의 CPS-패킷헤드 및 8 바이트의 오버헤드를 추가하면, 미니셀의 평균길이 ( $L_{mcell}$ )는 21 바이트가 된다. 그러면, 다중화 이득 ( $n_{gain}$ )은 식 (6)과 같이 계산된다. 여기서, 타임아웃시간은  $\infty$ 로 (즉, 타임아웃시간은 무시) 가정하고 있다.

$$n_{gain} = \frac{53 \text{ (셀)} - 5 \text{ (헤드)} - 1 \text{ (STF)}}{21} \approx 2.2381 \quad (6)$$

정수값을 취하면, 식 (7)와 같이 다중화 이득이 구해진다.

$$n_{gain} = \lceil 2.2381 \rceil = 3 \quad (7)$$

여기서,  $\lceil X \rceil$ 는 X와 같거나 큰 정수값 중에서 최소값을 의미한다.

그림 8은 타임아웃시간을 고려할 때, 음성 트래픽

의 다중화 이득에 대한 시뮬레이션 결과를 보여준다. 부가되는 트래픽이 어느 정도 증가하게 되면, 대부분의 음성 트래픽이 주어진 타임아웃시간에 다중화되어 전송되기 때문에, 다중화 이득은 일정하게 됨을 알 수 있다. 시뮬레이션의 경우의 다중화 이득의 평균 ( $\overline{n_{gain}}$ )은 ATM 셀내의 다중화 이득에 대한 정수값을 먼저 취한 후, 이들에 대한 평균을 취하고 있으므로, 산술적으로 계산한 결과보다는 약간 높게 된다. 즉,  $\overline{n_{gain}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [n'_{gain}]$ , 여기서  $n'_{gain}$ 은 각 ATM 셀내의 다중화 이득을 의미한다.

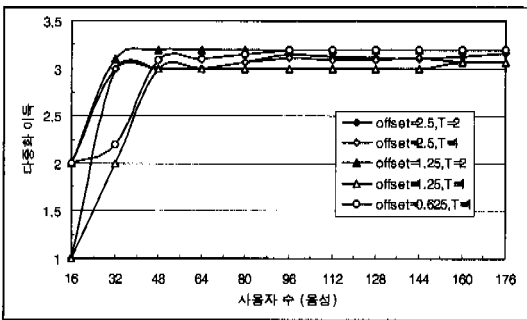


그림 8. 음성 트래픽의 다중화 이득 (CP)

그림 9는 오프셋 값 및 다중화를 위해서 기다리는 시간 ( $t_0$ )이 설정된 타임아웃시간을 초과할 확률을 보여준다. 타임아웃이 되면, 하나의 ATM 셀 페이로드가 부분적으로 채워진 상태로 전송되기 때문에 전송률을 비효율적으로 사용하게 된다. 그림으로부터 설정된 타임아웃시간이 짧아수록 타임아웃확률이 높고, 오프셋 값이 작아수록 트래픽의 도착간격이 짧아지게 되어 다중화 확률이 높아지므로 타임아웃확률은 감소하게 됨을 알 수 있다. 예를 들어, 음성 트래픽이 타임아웃될 확률의 권고값을  $10^{-3}$  이하로 규정하게 되면, 오프셋 값이 1.25 ms인 경우 타임아웃시간을 2 ms로 설정하면, 약 40명 이상의 음성 사용자가 통화중이면, 99.9% 이상의 음성 트래픽이 다중화되어 전송되고, 오프셋 값이 0.625 ms인 경우는 타임아웃시간을 1 ms로만 설정하여도 약 88명 이상의 음성 사용자가 통화중이면 99.9% 이상의 음성 트래픽이 다중화되어 전송되게 된다.

### 5.1.1.2 Complete Sharing E1 링크

8개의 E1 링크를 공유하여 사용하는 경우 (Complete Sharing; CS)는 그림 6(b)와 같이 전송

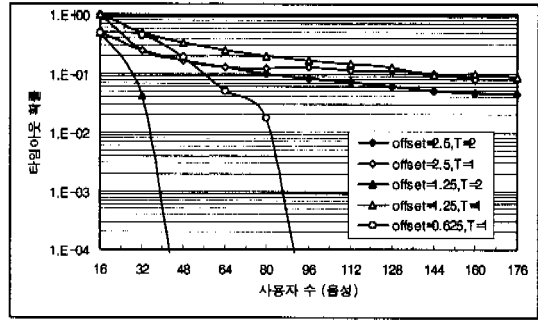


그림 9. 음성 트래픽의 타임아웃확률 (CP)

속도가 2 Mbps인 E1 링크 8개가 16 Mbps의 전송 속도를 갖는 하나의 물리링크가 존재하는 개념으로 생각할 수 있다. 그림 9는 CS의 경우에 오프셋 값과 타임아웃시간을 고려할 때, 부가되는 트래픽에 대한 E1 링크의 점유율 및 입력큐에서의 평균대기시간을 보여준다.

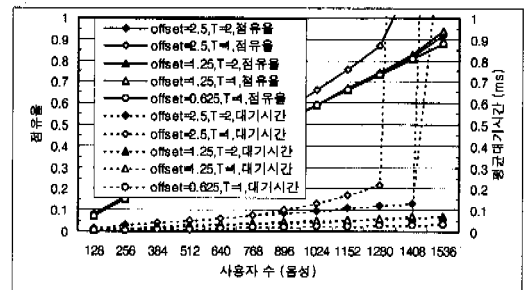


그림 10. E1 링크 점유율 및 평균대기시간 (CS)

CS의 경우도 CP의 경우와 마찬가지로 오프셋 값이 2.5 ms에 타임아웃시간이 1 ms인 경우를 제외하고는 오프셋 값 및 타임아웃시간에 관계없이 부가되는 트래픽에 대한 E1 링크의 점유율이 거의 같게 되고, 기준부하 A 및 B에서는 입력큐에서의 평균대기시간도 큰 차이를 보이지 않음을 알 수 있다. 이는 CS의 경우는 일정시간내에 CP의 경우의 8배에 해당하는 음성 트래픽이 16 Mbps의 전송속도를 갖는 하나의 물리링크로 입력되므로, 타임아웃시간을 1 ms로만 설정하여도 다중화 효과가 충분히 반영되기 때문이다. 또한, CS의 경우는 CP의 경우보다 자원을 효율적으로 사용하게 되므로, 기준부하 A 및 B에서의 입력큐에서의 평균대기시간도 CP의 경우보다는 작게 된다.

### 5.1.1.3 자원 이용 효율

그림 11은 오프셋 값이 1.25 ms일 때, CP의 경

우에 대한 CS 경우의 물리링크의 이용 이득을 보여 준다. 자원 이용 효율은 CP의 경우에 수용할 수 있는 음성 사용자 수에 대한 CS의 경우에 수용할 수 있는 음성 사용자 수의 비율로 정의한다. 예를 들어, E1 링크의 점유율이 0.7일 때, CP의 경우는 그림 7로부터 타임아웃시간이 1 ms 및 2 ms의 경우, 수용할 수 있는 음성 트래픽의 사용자 수는 각각 약 1,011 (=126.37 x 8)명 및 약 1,135 (=141.87 x 8)명이 된다. CS의 경우는 그림 10으로부터 약 1,206명의 음성 사용자를 수용할 수 있다. 이 때의 자원 이용 이득 ( $U_{CS/CP}$ )은 다음과 같이 계산된다.

$$U_{CS/CP} = \begin{cases} \frac{(1206-1016)}{1016} = 0.1928, & T=1 \\ \frac{(1206-1135)}{1135} = 0.0625, & T=2 \end{cases}$$

즉, 기부하 A에서 설정된 타임아웃시간이 1 ms 및 2 ms의 경우, 8개의 E1 링크를 공유하는 CS의 경우는 8개의 E1 링크를 완전히 독립적으로 사용하는 CP의 경우에 비해 각각 19% 및 6% 정도의 음성 사용자를 더 수용할 수 있게 된다.

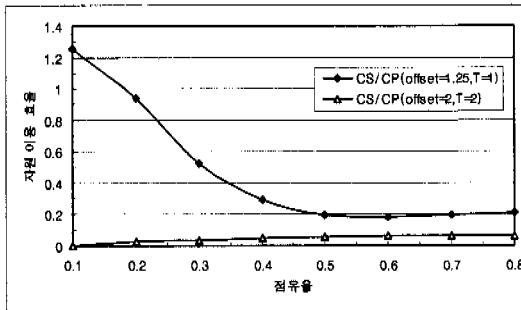


그림 11. CP에 대한 CS의 자원 이용 효율 (12.2 Kbps 음성)

### 5.1.2 64 Kbps 패킷 트래픽

8개의 E1 링크를 공유하여 사용 (Complete Sharing; CS)하는 경우에 수용할 수 있는 통화 가능한 64 Kbps 패킷 트래픽의 사용자 수를 산술적으로 계산하면 다음과 같다. 먼저, CS의 경우에 전송시간간격내에 전송할 수 있는 ATM 셀 수 ( $n_{cell/TTI}$ )는 식 (8)과 같이 계산된다.

$$n_{cell/TTI} = \frac{16 \text{ Mbps}}{53 \times 8 \text{ bit}} \times 20 \text{ ms} \approx 754.7169 \text{ (cells)} \quad (8)$$

전송시간간격내에 전송하여야 할 패킷 트래픽의 크기는 160 바이트 (=64 Kbps x 20 ms / 8 bit) [1]로, 이 트래픽을 AAL-2 ATM 셀로 구성할 때

필요한 ATM 셀 수 ( $n_{packet/cell/user}$ )는 식 (9)와 같이 된다.

$$n_{packet/cell/user} = \lfloor \frac{36}{36} \rfloor + \lfloor \frac{124(=160-36)}{39} \rfloor + \frac{7(=160-36-3 \times 39)}{40.5556(=39+1.5556)} \approx 4.1726 \text{ (cell)} \quad (9)$$

그러면, 전송시간간격 동안에 동시에 통화할 수 있는 패킷 트래픽의 사용자 수 ( $N_{packet}$ )는 식 (10)과 같이 계산된다.

$$N_{packet} = \frac{754.7169}{4.1726} \approx 180.8745 \quad (10)$$

기준부하 A 및 B에서 수용 가능한 패킷 트래픽의 사용자 수 ( $N_{load A,B}^{video}$ )는 아래와 같다.

$$N_{load A,B}^{video} = \begin{cases} 180.8745 \times 0.7 \approx 126.6121, & \text{if load A} \\ 180.8745 \times 0.8 \approx 144.6996, & \text{if load B} \end{cases} \quad (11)$$

한편, 패킷 트래픽은 식 (9)에서 처럼 전송시점에 약 4.1726개의 ATM 셀을 전송하여야 한다. 그러나, 분석을 간단히 하기 위하여 그림 12에서는 전송시점에 동시에 5개의 ATM을 전송하는 경우의 부가되는 트래픽에 대한 E1 링크의 점유율 및 입력큐에서의 평균대기시간을 보여준다.

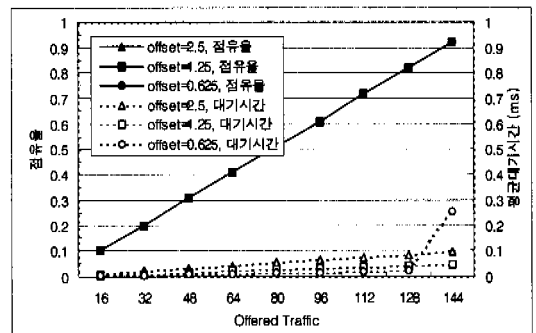


그림 12. E1 링크 점유율 및 입력큐에서의 평균대기시간 (64 Kbps 패킷)

그림으로부터 8개의 E1 링크로 기준부하 A (B)에서 처리할 수 있는 패킷 트래픽은 각각 110 (126)으로 산술적으로 계산한 결과보다는 낮게 나타나는데, 이는 시뮬레이션 수행시에는 식 (9)에서 구한 4.1726개를 5개로 간주하였고 전송시간간격내의 전송시점에 5개의 ATM 셀이 burst하게 전송되기 때문이다.



64 Kbps의 패킷 트래픽을 하나의 E1 링크에 전송할 때에는 기준부하 A에서 약 15명 ( $= \lfloor ((2 \text{ Mbps} / (53 \text{ byte} \times 8 \text{ bit})) \times 20 \text{ ms} \times 0.7) / 4.1726) = 15.8$ ) 정도의 사용자를 수용할 수 있다. 즉, 8개의 E1 링크를 독립적으로 사용하는 경우 (CP)에는 8개의 E1 링크로 약 120 명의 패킷 사용자를 수용할 수 있다. 그러나 8개의 E1 링크를 공유하는 경우 (CS)에는 식 (11)에서 처럼 기준부하 A에서 약 126명의 패킷 사용자를 수용할 수 있으므로, 본 연구에서는 전송효율이 좋은 CS의 경우만을 고려하였다.

5.1.3 12.2 Kbps 음성 및 64 Kbps 패킷 트래픽

음성 트래픽을 AAL-2 구조로 다중화할 때의 다중화 이득 ( $n_{\text{gain}}$ )은 식 (7)로부터 2.2381 이므로, 음성 사용자 수가  $N_{\text{voice}}$  일 때, 요구되는 ATM 셀의 개수 ( $n_{\text{voice-cell}}$ ) 는 식 (12)와 같이 된다.

$$n_{\text{voice-cell}} = \lfloor \frac{N_{\text{voice}}}{n_{\text{gain}}} \rfloor = \lfloor \frac{N_{\text{voice}}}{2.2381} \rfloor \quad (12)$$

또한, 64 Kbps 패킷 트래픽을 AAL-2 구조로 다중화하여 전송할 때, 전송시간간격내에 전송해야 할 패킷 트래픽을 위해서 필요한 ATM 셀 개수는 식 (9)에서 처럼 4.1726 개가 된다. 그러면, 음성 트래픽의 사용자 수가 주어질 때, 수용할 수 있는 패킷 트래픽의 사용자 수 ( $N_{\text{packet, voice}}$ )는 식 (13)과 같이 얻을 수 있다.

$$N_{\text{packet, voice}} = \lfloor \frac{(754.7169 \times \alpha - n_{\text{voice-cell}})}{4.1726} \rfloor \quad (13)$$

여기서,  $\alpha$  는 E1 링크의 점유율을 의미한다.

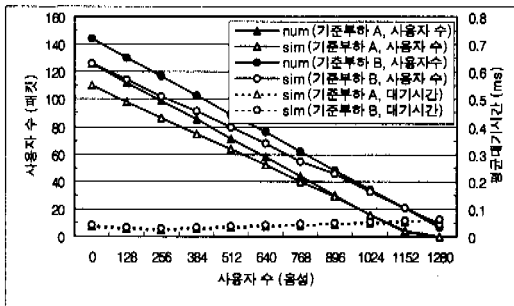


그림 13. 수용 가능한 음성 및 패킷 사용자 수 (CS)

그림 13은 CS의 경우, 기준부하 A 및 B에서 동시에 수용할 수 있는 음성 트래픽 및 패킷 트래픽

의 사용자 수를 보여준다. 범례에서 'num'은 산술적인 계산 결과를 의미하고, 'sim'은 시뮬레이션 결과를 의미한다. 64 Kbps 패킷 트래픽의 경우에는 패킷의 전송시점에 약 5개의 ATM 셀이 burst하게 전송되어야 한다. 그러나, 산술적인 방법에서는 패킷 트래픽의 burstiness을 고려하지 않고 계산하였기 때문에 통화중인 패킷 트래픽의 사용자 수가 많은 경우에는 시뮬레이션 결과와 차이를 보이게 된다. 즉, 시뮬레이션에 의해 구한 수용 가능한 패킷 트래픽의 사용자 수는 산술적인 방법에서 구한 사용자 수보다 작게 된다. 한편, 그림 13은 기준부하 A 또는 B까지 폴리링크를 이용하는 경우, 음성 및 패킷 트래픽의 사용자의 호 요구에 대한 기지국내에서의 호 수락/기각의 기초자료로도 활용될 수 있다.

5.2 트래픽 처리관련 블록의 처리시간

그림 14는 CS의 경우에 대하여 오프셋 값이 1.25 ms 이고 LRI 블록 및 RNI 블록에서의 트래픽 처리시간 ( $t$ )이 주어질 때, 추가되는 트래픽에 대한 LRI 블록 및 RNI 블록의 점유율 ( $u$ ) 및 입력 큐에서의 평균대기시간 ( $w$ )을 보여준다. 앞절에서 산술적 계산 결과 또는 시뮬레이션 결과로부터 얻은 기준부하 A에서 E1 링크가 수용할 수 있는 사용자 수를 근거로 하나의 음성 및 패킷 트래픽을 처리하기 위해 요구되는 시간을 다음과 같이 계산한다. 그리고, 시뮬레이션 수행시에는 구한  $t$  값을 증가시켜가면서 LRI 블록 및 RNI 블록이 bottleneck이 되지 않는 시점에 입력 데이터로 사용된 처리시간 값을 설계치로 가정한다.

$$t = \begin{cases} \frac{20}{1,206} \times 0.7 = 0.01161, & \text{if } 12.2 \text{ Kbps 음성} \\ \frac{20}{112 \times 5} \times 0.7 = 0.025, & \text{if } 64 \text{ Kbps 패킷} \end{cases}$$

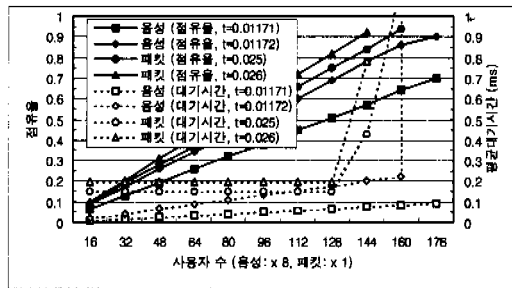


그림 14. LR (또는 RNI) 점유율 및 평균대기시간 (CS)

그림 14에서 음성 트래픽의 경우는 X축의 값에 8을 곱한 값이 실제 통화중인 사용자 수가 된다. 그

림으로부터 LR 블록 및 RNI 블록에서는 음성 트래픽의 처리시간의 설계값을 0.01171 ms 이내로 하면, 기준부하 A에서 약 1,408 (=176 x 8) 음성 사용자로부터의 트래픽을 처리할 수 있고, 이 때의 입력큐에서의 평균대기시간도 0.094 ms로 그리 크지 않게 된다. 그러나, 트래픽 처리시간의 설계값을 0.01172 ms로 설정하게 되면, 기준부하 A에서 약 1,024 (=128 x 8) 음성 사용자로부터의 트래픽을 처리할 수 있으나 LR 블록 및 RNI 블록에서의 트래픽 처리능력이 기지국 내부에서 bottleneck이 되게 된다. 그림 10에서 처럼 E1 링크는 기준부하 A에서 약 1,206명의 음성 사용자로부터의 트래픽을 전송할 수 있으므로, LR 블록 및 RNI 블록에서도 E1 링크의 전송능력 이상의 입력 트래픽을 처리하여야 한다. 그러므로, RNI 블록에서의 음성 트래픽 처리시간은 0.01171 ms 이하로 설계되어야 한다. 마찬가지로, 패킷 트래픽에 대해서도 RNI 블록이 bottleneck이 되지 않기 위해서는 패킷 트래픽의 처리시간이 0.025 ms이내가 되어야 한다.

5.3 기지국 내부 전송로 및 TP 링크의 전송효율

그림 15는 부가되는 트래픽에 대한 기지국 내부 전송로인 LRI 및 TP 링크, 그리고 GRI의 점유율과 입력큐에서의 평균대기시간의 변화를 보여준다. 앞에서와 마찬가지로 음성 트래픽의 경우는 X축의 값에 8을 곱한 값이 실제 통화중인 사용자 수가 된다. 표 1과 같이 LRI 및 TP 링크, 그리고 GRI의 전송 속도는 각각 25 Mbps, 25.6 Mbps, 31.25 Mbps의 고속으로 가정하고 있기 때문에 부가되는 트래픽에 대한 점유율 및 입력큐에서의 평균대기시간은 기지국 전체의 성능에 거의 영향을 미치지 않을 정도로 작게 나타나고 있다. 그림에서 TP 링크의 점유율은 LRI의 경우와 거의 동일하며, TP 링크 및 GRI의 입력큐에서의 평균대기시간은 LRI에서 여과되기 때문에 거의 나타나지 않고 있다.

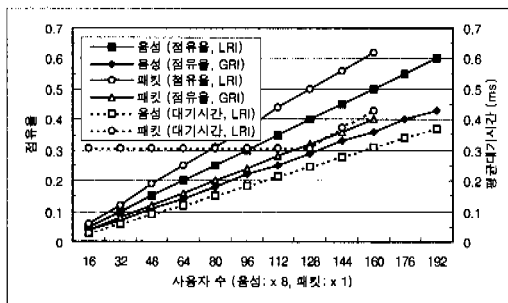


그림 15. 기지국 내부 전송로의 효율

VI. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 비동기 방식 IMT-2000 시스템에서 12.2 Kbps 음성 및 64 Kbps 패킷 트래픽을 기지국에서 AAL-2 구조로 구성하여 제어국으로 전송할 때, 트래픽 처리와 관련된 블록에서 요구되는 처리시간 및 전송로의 성능을 평가하기 위하여 이를 큐잉 네트워크를 이용하여 모델링하였다. 주어진 큐잉 네트워크 모델에 대하여 overlapping 방식의 다중화 기법, 20 ms의 전송시간간격, 그리고 프레임 스택터링 개념을 적용하여 시뮬레이션을 수행한 후, 음성 트래픽이 ATM 셀 페이로드에 채워져서 전송되기 위하여 RNI 블록에 설정하여야 할 타임아웃시간을 제시하였다. 또한, RNI 블록에서 음성 및 패킷 트래픽의 처리시간의 설계값, 기지국 내부 전송로의 전송능력을 평가하고, E1 링크에 수용할 수 있는 음성 및 패킷 트래픽 사용자 수를 제시하였다. 분석결과로부터 오프셋 값이 1.25 ms인 경우는 타임아웃시간을 2 ms로 설정하고, 오프셋 값이 1.25 ms 이하인 경우는 설정되는 타임아웃시간에 관계없이 E1 링크의 전송효율이 동일하게 됨을 보였다. 또한, 8개의 E1 링크를 완전히 독립적으로 사용하는 경우 (CP)보다는 공유하여 사용하는 경우 (CS)가 전송로를 보다 효율적으로 이용할 수 있음을 보였다.

본 연구에서는 AAL-2 구조를 이용하는 음성 및 패킷 트래픽에 대하여 기지국만을 분석대상으로 하였기 때문에 제어국을 함께 고려하였을 경우의 제어국내의 트래픽 처리와 관련된 블록에서의 처리시간의 설계값의 제시, 기지국에서 제어국의 셀렉터까지 트래픽을 전송하는데 소요되는 전송지연시간 등의 성능을 분석하여야 한다.

참고 문헌

- [1] H. Nakamura, M. Onuki, and A. Nakajima, "Using ATM to carry very low bit rate mobile voice signals," *Proc. of ICUPC'95*, pp.863-867, 1995.
- [2] Y. Saito, M. Onuki, H. Nakamura, and A. Nakajima, "Layered cell structure for mobile ATM network," *Proc. of ICC'96*, pp.1254-1257, Jun. 1996.
- [3] Y. Kitamura, K. Nagota, S. Yuosuda, and T.

Toriyama, "Implementation of AAL 2 for low bit-rate voice over ATM," *Proc. of ISS'97*, pp.271-276, 1997.

[4] M. McLoughlin and K. Mumford, Adapting voice for ATM networks; a comparison of AAL 1 versus AAL 2, *General DataComm.*, 1997.

[5] International Telecommunication Union, ITU-T Recommendation I.363.2. B-ISDN ATM Adaptation Layer Type 2 Specification, Feb., 1997.

[6] N. Gerlich and M. Menth, "The performance of AAL-2 carrying CDMA voice traffic," *Proc. of 11-th ITC Specialist Seminar, Yokohama*, pp.17-24, Oct., 1998.

[7] K. Sriram, T.G. Lyons, and Y.T. Wang, "Anomalies due to delay and loss in AAL-2 packet voice systems: performance models and methods of mitigation," *IEEE J. Select. Areas in Commun.*, vol.17. no.1, pp.4-17, 1999.

[8] K. Sriram and Y.T. Wang, "Voice over ATM using AAL-2 and bit dropping: performance and call admission control," *IEEE J. Select. Areas in Commun.*, vol.17, no.1, pp.18-28, 1999.

[9] 유병한, 안지환, 백장현, "IMT-2000 망에서 AAL-2 구조의 트래픽 제어 및 시스템 성능," *IE Interfaces*, vol.13, no.2, pp.178-187, June 2000.

[10] A. Alan and B. Pritsker, Introduction to Simulation and SLAM II, System Publishing Corporation, 1986.

[11] 3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group Radio Access Network: UTRAN Iub Interface: General Aspects and Principles, *3G TS 25.430*, V3.1.0, March, 2000.

[12] 유병한, "IMT-2000 Radio Access Network 요 구사항," *한국전자통신연구원 기술문서 RAN-SUB-000000A-310A*, July 2000.

[13] 3G System, Typical Radio Parameter Sets Document Submission to 3GPP, *ISG meeting number 3*, IS Doc 039/00, Feb., 2000.

박 영 옥(Young-Ok Park)

정회원



1990년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 졸업(공학사)  
1992년 2월 : 한양대학교 대학원 전자통신공학과 졸업(공학석사)

1992년 2월~현재 : 한국전자통신연구원 무선.방송기술연구소 기지국기술연구부 선임연구원  
<주관심 분야> 이동무선통신, 트래픽제어, 트래픽 접속, 제어국 S/W 개발

유 별 한(Byung-Han Ryu)

정회원



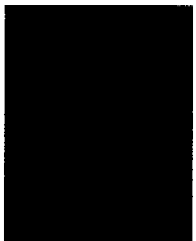
1985년 2월 : 한양대학교 산업공학과 졸업(공학사)  
1988년 2월 : 서울대학교 대학원 산업공학과 졸업(공학석사)  
1997년 3월 : 오사카대학 대학원 기초공학연구과 정보공학과

졸업(공학박사)

1985년 1월~1986년 1월 : (주) 퍼시픽 콘트롤즈  
1988년 3월~현재 : 한국전자통신연구원 무선방송기술연구소 기지국기술연구부 책임연구원  
<주관심 분야> ATM, 통신망, 이동무선통신, 트래픽 제어, 시스템 성능평가

백 장 현(Jang-Hyun Baek)

정회원



1986년 2월 : 서울대학교 산업공학과 졸업(공학사)  
1988년 2월 : 서울대학교 대학원 산업공학과 졸업(공학석사)  
1997년 2월 : 서울대학교 대학원 산업공학과 졸업(공학박사)

1989년 6월~1998년 2월 : 한국전자통신연구원 선임연구원

1998년 3월~현재 : 전북대학교 산업공학과 조교수  
1998년 6월~현재 : 한국전자통신연구원 초빙연구원  
<주관심 분야> : 통신망 설계, 이동무선통신, 트래픽 제어, 시스템 성능평가