

논문 2004-41TC-8-5

UMTS망의 AAL2에서 Timer_CU에 따른 다중화 이득 성능분석

(Performance Analysis of Multiplexing Gain over Timer_CU in AAL2 on UMTS Network)

이 현 진*, 김 재 현**

(Hyun Jin Lee and Jae Hyun Kim)

요 약

AAL2 전송 방식은 3G WCDMA 망에서 Node-B와 RNC사이에서 음성 및 데이터 트래픽을 전송하는데 사용되고 있다. AAL2의 성능을 분석하기 위하여 이산 마코프 체인 모델을 이용하여 음성 트래픽의 압축밀도와 대역이득을 분석하였으며, 시뮬레이션을 통하여 이 결과를 검증하였다. 또한 집선기에서 AAL2 다중화기의 성능을 세부적으로 분석하였다. 분석에 의하여 Node-B에서의 최적의 Timer_CU를 결정하기 위한 근거를 제안하였으며, 대역이득의 측면에서 집선기에서의 부가적인 AAL2 다중화기의 이점이 매우 작다는 것을 확인하였다. 또한 Node-B와 I_{ub} 인터페이스의 집선기에서 AAL2를 사용했을 때 데이터 트래픽의 경우 음성 트래픽에 비하여 그 이점이 매우 작다는 것을 알 수 있었다.

Abstract

An AAL2 transmission scheme is used to deliver voice and data traffic between Node-B and RNC on 3G WCDMA network. To predict performance of AAL2 multiplexing precisely, we derived analytically bandwidth gain and cell packing density using discrete-time Markov chain model for voice service and validated these results with simulation. We also performed detailed simulation for AAL2 multiplexing in a concentrator. Based on the analytical result, we propose the engineering guideline to select the optimal Timer_CU in a Node-B. We found that there is no major benefit of additional AAL2 multiplexing in a concentrator and the benefit of AAL2 switching in I_{ub} for data services is much less than that for voice service.

Keywords : ATM, UMTS, AAL2 Multiplexer

I. 서 론

3세대 비동기 전송방식인 WCDMA(Wideband Code Division Multiple Access)망은 UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)망을 기반으로 하고 있으며, UTRAN(UMTS Terrestrial Radio Access Network) 전송방식으로는 ATM(Asynchronous Transfer Mode)망을 사용하고 있다. ATM망은 IP망과는 달리 이종 트래픽을 지원할 뿐만 아니라 서비스 품질

(QoS: Quality of Service)을 보장할 수 있는 특징을 가지고 있다. 그러나 음성과 같이 패킷의 크기가 작은 응용 서비스 트래픽을 ATM망으로 전송할 경우 ATM셀을 모두 채우지 못하여 padding 비트가 증가하므로 많은 셀을 낭비할 뿐만 아니라 불필요한 트래픽이 발생하여 매우 비효율적이다. 이러한 이유로 ITU-T에서는 패킷의 크기가 작은 지연민감성 응용 서비스의 효율적 전송을 위하여 AAL2(ATM Adaptation Layer type2)다중화기를 표준화 하였으며^[1], 3GPP(the Third Generation Partnership Project)에서는 Node-B와 RNC(Radio Network Controller)사이의 I_{ub} 인터페이스에서 음성과 데이터 트래픽을 전송하는데 ATM/AAL2 전송 방식을 채택하였다^[2].

AAL2 다중화기는 UMTS 버전1, 버전2에서 필수적

* 학생회원, ** 정회원, 아주대학교 전자공학부

(Ajou University, School of Electronics Engineering)

※ 본 논문은 2003년도 정보통신 연구진흥원에서 지원하는 "IT분야 해외교수 초빙 지원사업 국제공동연구"의 연구결과입니다.

접수일자: 2004년3월29일, 수정완료일: 2004년7월14일

으로 사용되었을 뿐만 아니라, 액세스 및 코어 망 모두에 사용할 수 있기 때문에 AAL2 다중화기의 성능을 분석하는 것은 중요한 이슈 중의 하나였다^{[3]-[6]}. 최근 논문 중 하나인 [3]에서 사용한 시뮬레이션 모델은 I_{ub} 인터페이스에서 수율(throughput)에 영향을 주는 RLC(Radio Link Control)와 FP(Frame Protocol)를 포함시켰으나, BLER(BLOCK Error Rate)을 정확하게 설계하지 않아 상위계층의 오류정정 메커니즘이 활성화되기 전에 RLC계층에서 손상된 프레임은 재전송하는 RLC 재전송 메커니즘과 압축밀도를 증가시키는 자원제어를(SCR: Source Controlled Rate)기능을 포함하지 않았으며 간략한 오버헤드만을 포함한 모델을 사용하였다. [4]에서는 UMTS망에서 AAL2다중화기의 성능을 분석하였으며 새로운 시그널링 프로토콜의 필요성을 지적하였다. 그러나 AAL2 다중화기의 성능에 많은 영향을 미치는 Timer_CU파라미터에 의한 성능 분석을 하지 않았다. 마지막으로 [5]는 이산 마코프 체인을 이용하여 AAL2 다중화기의 성능을 분석하였다. 그러나 무음구간의 패킷을 모델링하지 않아서 AAL2다중화기의 성능을 정확히 예측하지 못하였으며 압축밀도 및 대역이득을 구하는데 필요한 평균사용자 페이로드를 정확히 나타내지 못하고 간략화된 식을 사용하였다.

본 논문에서는 AAL2 다중화기의 성능을 분석하기 위하여 이산 마코프 체인 모델을 사용하여 압축밀도와 대역이득을 분석하였으며, OPNET을 사용한 시뮬레이터로 분석결과를 검증하였다. 이 시뮬레이터는 연결, 셀 또는 비트 단위로 분석할 수 있는 UMTS망 성능 시뮬레이터로 AAL2 다중화기의 성능을 분석하기 위하여 응용계층의 프로토콜뿐만 아니라 RLC나 FP와 같은 UMTS망 프로토콜을 계층별로 모델링 하였다.

논문의 구성을 살펴보면 II장에서는 망 모델을 기술하였으며 III장에서는 성능을 분석하기 위하여 사용된 수학적 모델과 시뮬레이션에 사용된 시나리오 및 설정 파라미터를 설명하였다. 성능 분석 결과는 IV장에서 정리하였으며 이를 바탕으로 V장에서 논문의 결론을 맺었다.

II. 망 모델

이 장은 수학적 분석뿐만 아니라 시뮬레이터에 사용된 UMTS망의 사용자 측면 모델을 나타내고 있다. 참조망구조(reference architecture)와 참조연결(reference connection)은 3GPP UMTS 버전 99를 기준으로 하였

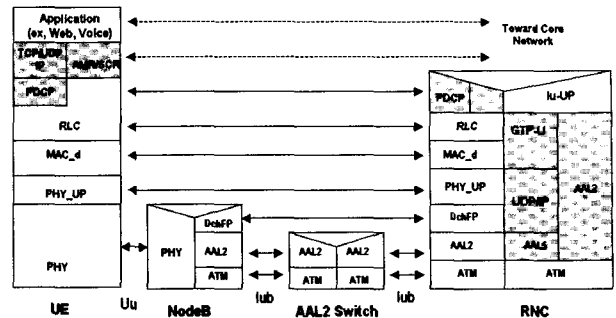


그림 1. 회선 교환 및 패킷 교환의 베어러 트래픽을 지원하기 위한 프로토콜 스택 구조
Fig. 1. Protocol Stack Model for PS and CS Service Bearer Traffic.

다. UMTS망의 응용 트래픽 모델은 [7],[8]의 트래픽 특성과 표준안을 기준으로 하였다. 본 논문에서는 AAL2의 성능을 단대단(end-to-end)으로 분석하기 위하여 응용계층에서 물리계층까지 모든 프로토콜을 모델링하였다.

1. 참조망구조

I_{ub}인터페이스에서 AAL2의 성능을 평가하기 위하여 사용된 참조망구조는 [9]에서 사용한 UMTS시뮬레이터의 참조망구조를 간략화 한 것이다. 액세스 망으로는 UE(User Equipment), Node-B, 집선기를 포함하며 코어 망으로는 집선기와 GGSN(Gateway GPRS Support Node)을 포함한다. 액세스 망에서의 Node-B와 집선기 사이의 링크는 단일 E1용량(2.048Mbps)을 가지며 집선기와 RNC사이의 링크는 STM-1용량(155.520Mbps)을 가지고 있다.

2. CSS와 PSS를 위한 프로토콜 스택

그림1은 I_{ub}인터페이스에서 CSS(Circuit Switched Service)와 PSS(Packet Switched Service)를 제공하기 위한 프로토콜 스택으로 AAL2 다중화기를 포함하고 있다. 그림에서 음영진 부분의 왼쪽은 PSS를 지원하기 위한 프로토콜이고, 오른쪽은 CSS를 위한 프로토콜이다. TCP/IP는 OPNET의 모델을 수정하여 사용하였으며 나머지 프로토콜 스택들은 UMTS망의 표준안을 근거로 모델링하였다. 무선 인터페이스에서 발생하는 BLER은 링크 레벨 시뮬레이션 결과인 추적 파일을 사용하여 모델링하였다. BLER 추적파일은 프레임의 에러를 구분할 수 있는 인덱스가 포함되어 있으며, 각 프레임 별 에러는 시간 축 상에서 서로 상관관계를 가지고 있다.

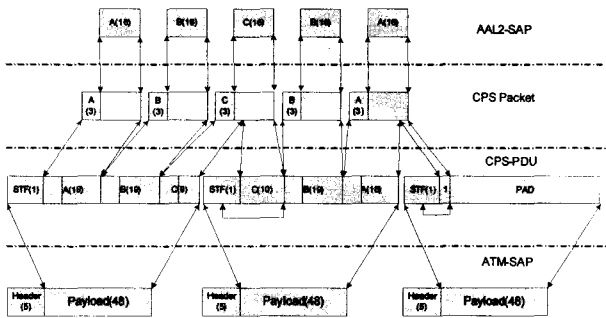


그림 2. AAL2 부계층 별 패킷 생성 예
Fig. 2. Example of packet generation in each AAL2 sublayer.

가. AAL2다중화기

그림 2은 AAL2 다중화기의 각 부계층 동작 예를 나타낸 것으로 다른 AAL과 달리 SAR(Segmentation and Reassembly)부계층이 없으며, SSCS(Service Specific Convergence Sublayer)와 CPS(Common Part Sublayer)로만 이루어져 있다^{[1],[10]}.

CPS는 CPS 패킷을 단일 VCC(Virtual Channel Connection)로 다중화 또는 역다중화 한다. CPS 패킷은 3바이트의 패킷 헤더와 1~44바이트의 가변길이의 페이로드로 구성되어 있으며, 다중의 채널을 단일 VCC로 다중화하기 위하여 하나의 채널당 고유의 CID를 할당한다. 단일 VCC에 다중화 될 수 있는 채널의 수는 CID 크기 및 예약된 값으로 최대 248개이다. CPS는 Timer_CU에서 설정한 시간동안 단일 VCC로 다중화된 채널로부터 전송된 데이터를 모아 CPS-PP(Packet Payload)를 생성한다. 만약 Timer_CU시간 내에 CPS-PP를 채우지 못하면 0~46바이트의 PAD를 추가하여 47바이트의 CPS-PDU(Protocol Data Unit) 페이로드를 생성한다. CPS-PDU는 47바이트의 CPS-PDU 페이로드와 다음 CPS 패킷이 시작하는 위치를 나타내는 6바이트의 OSF(Offset Field)를 포함한 1바이트의 STF(STart Field)로 이루어져 있다.

나. AMR 코덱

AMR(Adaptive Multi Rate)은 디지털 이동통신에서 통화 음질을 저하시키는 가장 큰 원인인 비트에러를 방지하기 위하여 음성압축을 위한 비트와 채널 코딩을 위한 비트를 채널 환경에 따라 가변적으로 조정한다^[11]. 즉, 채널환경이 나쁠 경우 비트에러가 많이 발생하는데 이러한 경우 채널코딩에 많은 비트를 할당하여 손상된 비트의 수정을 가능하도록 하며, 반대의 경우 음성압축

기에 많은 비트를 할당하여 음성 압축 성능을 향상시킨다. 이러한 AMR코덱은 UMTS망에서 음성신호를 처리하는 음성부호화기(vocoder)로 사용되며 사용자의 음성 구간을 확인하는 SCR기능도 포함되어 있다^[12].

AMR코덱은 12.2, 10.2, 7.95, 7.40, 6.70, 5.90, 5.15, 4.75kbps의 전송률을 가진 8개의 모드로 동작하며, 유음 구간에는 8000sample/s의 표본화 주파수로 160개의 sample에 해당하는 20msec동안 하나의 패킷을 발생시킨다. 본 논문에서 AMR코덱은 유음구간동안 12.2kbps의 단일 전송률로만 동작하며 무음구간에는 표준잡음(comfort noise)만 생성한다고 가정하였다.

다. RLC 프로토콜

RLC는 사용자 데이터뿐만 아니라 제어 데이터의 분할과 재전송 서비스를 제공하며 RRC(Radio Resource Control)에 의해 3가지 모드 중 하나의 모드로 동작한다. 일반모드와 응답모드는 사용자 측면에서 사용되며 무응답모드는 주로 RRC계층의 시그널링이나 VoIP에서 사용되므로 본 논문에서는 모델링 하지 않았다.

일반모드는 상위계층의 데이터를 분할하거나 오버헤더를 추가하지 않으며 한 방향으로만 전송되므로 재전송과정이 없는 음성서비스와 같은 CSS에서 사용되며 응답모드는 일반모드와는 달리 양방향성으로 정의되며 자동재전송(ARQ: Automatic Repeat reQuest)을 이용하여 손상된 데이터의 에러를 정정한다^[13]. 따라서 웹브라우징이나 전자메일의 내려받기(download)와 데이터 트래픽의 전송과 같은 PSS에서 사용된다.

라. DchFP

사용자 데이터 프레임은 Node-B와 SRNC(Serving RNC) 사이에서 전송블록을 정확히 전송하기 위하여 사용되며 DchFP(Dedicated channel Frame Protocol)는 TTI(Transmission Time Interval)동안 수립된 전용의 전송채널들을 하나의 프레임으로 다중화하기 위하여 사용한다^[14]. DchFP의 프레임은 DCH 데이터프레임과 DCH 제어프레임의 두 종류가 있으며 이는 프레임타입 필드에 표시된다. 본 논문의 주 관심사는 사용자영역(User Plane)이기 때문에 DCH 데이터프레임 만을 모델링하였다.

3. 서비스 트래픽의 모델

사용자 트래픽은 Iub인터페이스에서 무선베어러(Radio Bearer)와 관련이 있으며 물리채널의 종류에 따라

정의된 프레임 프로토콜에 의해 전송된다. 따라서 본 논문에서는 모든 무선베어러 트래픽이 I_{ub} 인터페이스에서 DchFP의 DPDCH(Dedicated Physical Data Channel)를 통하여 전송된다고 가정하였으며 음성 트래픽과 데이터 트래픽에 따른 AAL2 다중화기의 성능을 분석하기 위하여 음성과 웹 브라우징 트래픽을 모델링하였다.

가. 음성 트래픽 모델

음성 호 활동은 사용자의 음성발생 유무를 감지하는 음성 활동 검파기(Voice Activity Detector)의 평균값을 이용하여 두 가지 상태의 마코프 체인으로 모델링하였다. 이때 유음구간과 무음구간의 시간 간격은 평균이 3초이며 지수 분포를 따른다고 가정하였다^{[1],[15]}

나. 웹브라우징 트래픽 모델

웹브라우징 트래픽 모델을 위한 파라미터는 [9]에 의하여 설정하였으며, 응용 세션은 사용자가 웹페이지를 내려받는다(download) 활동과 내려 받은 웹페이지를 인식하는 활동으로 나타내는 ON/OFF모델로 가정하였다. 초기의 HTML 페이지는 "메인페이지"로 메인페이지에서 참조한 각 객체들은 삽입된 객체로 간주하였다. 또한 객체의 수와 각 페이지의 크기 및 세션이 도착하는 특징 등을 모델링하였다. 웹 트래픽의 특징에 많은 영향을 미치는 웹브라우저에서 사용하는 HTTP는 버전 1.1을 사용하였다. 최대 전송률은 업링크에서 64kbps, 다운링크에서 144kbps로 가정하였다.

III. 수학적 모델과 시뮬레이션을 통한 성능분석

1. 압축밀도와 대역이득 분석

하나의 ATM셀에서 AAL2패킷 바이트가 얼마나 압축되는지를 측정하기 위하여 셀의 페이로드 압축밀도를 측정하였으며 셀에서의 압축밀도는

$$\Psi(\%) = \frac{E[B(\tau, N)]}{47} \times 100, E[B] \geq 47 \quad (1)$$

으로 사용자 수(N)와 Timer_CU(τ)에 따른 사용자 페이로드($B(\tau, N)$)에 의해 결정된다. 본 논문에서는 12.2Kbps의 단일 전송률을 가정하였으므로 20msec의 유음구간 동안 244비트의 패킷을 발생시키고, 무음구간 동안 39비트의 표준잡음 패킷을 발생시키나 DchFP오버헤더를 추가하면 유음구간의 패킷 크기와 무음구간의

패킷 크기는 최종적으로 42바이트와 15바이트이다.

P_{talk} 와 $P_{silence}$ 는 사용자 장치가 유음구간과 무음구간에 있을 때, Timer_CU(τ)동안 패킷이 발생할 확률이라 정의하면 식(2)와 식(3)으로 나타낼 수 있다.

$$P_{talk} = \frac{E[L_{talk}]\tau}{E[T_{talk}] + E[T_{silence}]} \quad (2)$$

$$= \frac{E[T_{talk}] + H}{E[T_{talk}] + E[T_{silence}]} \times \frac{\tau}{TTI}$$

$$P_{silence} = \frac{E[L_{silence}]\tau}{E[T_{talk}] + E[T_{silence}]} \quad (3)$$

$$= \frac{E[T_{silence}] - H}{E[T_{talk}] + E[T_{silence}]} \times \frac{\tau}{8 \times TTI}$$

이때, L_{talk} 와 $L_{silence}$ 는 각 구간 동안 발생하는 패킷의 수이고, T_{talk} 와 $T_{silence}$ 는 유음구간과 무음구간의 길이이다. H 는 연결을 유지하기 위하여 사용되는 Hangover로 본 논문에서는 140msec으로 가정하였다. 마지막으로 TTI 는 사용자 장치에서 패킷전송시간간격을 나타낸다. 모든 음성 발생기는 상호 독립적이므로, 총 N 명의 사용자 중 한명의 사용자로부터 패킷을 받은 뒤 다른 음성 발생기로부터 n 개의 패킷이 도착할 확률은

$$p = \binom{N-1}{n} \times (1 - P_{talk} - P_{silence})^{N-n-1} \times (P_{talk} + P_{silence})^n \quad (4)$$

이다. 또한 다른 음성발생기로부터 τ 동안 패킷이 도착하지 않은 확률(p_{00})은 식(5)와 같다.

$$p_{00} = P[N_{silence} = 0, N_{talk} = 0] = (1 - P_{talk} - P_{silence})^{N-1} \quad (5)$$

이때, N_{talk} 와 $N_{silence}$ 는 유음구간과 무음구간에 있는 동시에 사용자의 수이다. 사용자로부터 받은 n 개의 패킷 중 유음패킷이 i 개이고, 무음패킷이 j 개일 확률은 식(6)과 같다.

$$p_{ij} = P[N_{talk} = i, N_{silence} = j] = \binom{N-1}{n} \binom{n}{i} (1 - P_{talk} - P_{silence})^{N-n-1} \times (P_{talk})^i (P_{silence})^j, i + j = n \quad (6)$$

ATM셀의 평균 사용자 페이로드는 이전 셀의 나머지에만 의존하는 마코프 특성을 가지므로 이산 마코프 체인으로 모델링 할 수 있다. 최대 패킷의 크기가 42바

$$P = \begin{pmatrix} Q_0 & 0 & 0 & 0 & \dots \\ Q_1 & 0 & 0 & 0 & \dots \\ Q_2 + \frac{(1-Q_2)p_{02}}{p_{02}+p_{03}+p_{11}} & 0 & 0 & 0 & \dots \\ Q_3 & \frac{(1-Q_3)p_{03}}{p_{03}+p_{11}+p_{20}} & 0 & 0 & \dots \\ Q_4 & 0 & \frac{(1-Q_4)p_{03}}{p_{03}+p_{11}+p_{20}} & 0 & \dots \\ Q_5 + \frac{(1-Q_5)p_{11}}{p_{03}+p_{11}} & 0 & 0 & \frac{(1-Q_5)p_{03}}{p_{03}+p_{11}} & \dots \\ Q_6 & \frac{(1-Q_6)p_{10}}{p_{03}+p_{10}} & 0 & 0 & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \end{pmatrix} \quad (9)$$

이트(유음구간의 패킷)이므로 나머지는 0에서 41까지의 42개의 상태를 가진다. r_k 을 n 번째 셀의 나머지라고 정의한다면 나머지가 0이 되는 경우는

- 1) $(k-1)$ 번째 셀에서 Timer_CU가 초과한 경우
- 2) $(k-1)$ 번째의 나머지가 2이고, 무음구간의 패킷이 3개 발생하는 경우
- 3) $(k-1)$ 번째의 나머지가 5이고, 유음구간의 패킷이 1개 발생하는 경우
- 4) $(k-1)$ 번째의 나머지가 17이고, 무음구간의 패킷이 2개 발생하는 경우
- 5) $(k-1)$ 번째의 나머지가 32이고, 무음구간의 패킷이 1개 발생하는 경우

이며, r_k ($1 \leq k \leq 40$)은 반복에 의하여 계산 가능하다. 마지막으로 r_k 가 41이 될 경우는 $(k-1)$ 번째 셀의 나머지가 4이고, 유음구간의 패킷이 2개 발생하는 경우뿐이다. 정상상태에서는 모든 r_k 가 같은 분포를 가지므로 r 을 나머지의 길이를 나타내는 랜덤변수로 정의하면 정상상태의 확률은 식(7)과 같다.

$$\pi_i = P[r = i] \quad , 0 \leq i \leq 41 \quad (7)$$

그리고 ATM셀이 Timer_CU동안 채워지지 않을 확률은 식(8)로 나타낼 수 있다.

$$Q_i = P[Timer_CU | r = i] = \begin{cases} p_{00} + p_{01} + p_{02} + p_{03} + p_{10} & , 0 \leq i \leq 2 \\ p_{00} + p_{01} + p_{02} + p_{10} & , 3 \leq i \leq 5 \\ p_{00} + p_{01} + p_{02} & , 6 \leq i \leq 17 \\ p_{00} + p_{01} & , 18 \leq i \leq 32 \\ p_{00} & , 33 \leq i \leq 41 \end{cases} \quad (8)$$

이때 상태전이확률행렬 P 는 식(9)와 같이 나타낼 수 있

다. 정상상태에서 $\pi_i = \sum_{j=1}^{41} \pi_j r_{ij}$ 를 만족하므로 각 상태의 정상상태확률(π_i)을 구할 수 있으며 정상상태확률을 이용하여 ATM 셀의 평균사용자 페이로드를 나타내면 식(10)과 같다.

$$\begin{aligned} E[B(\tau, N)] &= p_{00} \sum_{i=0}^{41} i\pi_i + P_{01} \sum_{i=0}^{32} (i+15)\pi_i \\ &+ p_{02} \sum_{i=0}^{17} (i+30)\pi_i + p_{03} \sum_{i=0}^2 (i+45)\pi_i \\ &+ p_{10} \sum_{i=0}^5 (i+45)\pi_i \\ &+ 47(1 - p_{00} - p_{01} - p_{02} - p_{03} - p_{10}) \end{aligned} \quad (10)$$

식(10)을 이용하여 I_{ub} 에서 AAL2 다중화기의 대역이득을 구하면

$$\xi(\tau, N) = \frac{E[B(\tau, N)] - E[B(0, N)]}{E[B(0, N)]} \times 100 \quad (11)$$

이다. $B(\tau, N)$ 는 Timer_CU동안 다중화된 ATM셀의 사용자 페이로드이며 $B(0, N)$ 는 AAL2 다중화기를 하지 않을 경우 ATM셀의 사용자 페이로드이다.

2. 시뮬레이션 시나리오와 파라미터

각 시나리오는 음성 또는 웹 트래픽만으로 이루어져 있으며, 사용자 장치는 다중의 음성발생기 혹은 데이터 발생기로 이루어져 있다고 가정하였다. I_{ub} 인터페이스에서 AAL2의 효율성을 증명하기 위하여, Node-B와 집선기 사이의 링크 및 집선기와 RNC 사이의 링크에서 대역사용률과 압축밀도를 관찰하였다. 음성 트래픽의 경우 업링크와 다운링크의 트래픽특성이 대칭적이므로 업링크 트래픽만을 관찰하였으며, 웹 트래픽의 경우 UE로부터 발생하는 트래픽이 Node-B에서 다중화되는

정도를 살펴보기 위하여 업링크 트래픽을 관찰하였다. 본 논문에서 Node-B와 RNC사이의 AAL2 다중화기에 사용되는 Timer_CU 값은 1msec에서 7msec로 변화시키며 관찰하였다. 사용자 장치에서 Node-B사이에서 발생하는 최대 응용 세션의 수는 $\text{Max}(\text{트래픽의 세션 수} = \text{E1 링크 크기}, 248)$ 이며, 첫 번째 Node-B에서 E1 링크의 용량에 도달할 때까지 증가시켜, 총 응용 세션의 수가 248개에 이를 때까지 Node-B에서 응용 세션을 추가하였다. 따라서 집선기와 RNC사이의 최대 응용 세션의 수는 248개이다. 음성 세션의 TTI는 20msec, 웹브라우징 트래픽은 40msec으로 설정하였다. 3GPP에서 최대 허용가능 BLER은 음성의 경우 10^{-2} , 데이터의 경우 10^{-1} 으로 정하고 있다. 본 논문에서는 음성의 경우 1% BLER로 데이터 트래픽의 64Kbps 업링크의 경우 4%의 BLER로 144Kbps 다운링크의 경우 5% BLER을 사용하였다. UTRAN의 RLC사이에서 블록 에러를 정정하는 최대 재전송 허용회수는 3으로 제한하고, RLC계층에 의해 정정되지 못한 패킷은 TCP 프로토콜의 정정 메커니즘에 의존한다.

IV. 성능분석 결과

1. 음성 트래픽의 성능분석 결과

Timer_CU값과 음성 트래픽의 동시 사용자수를 변화시킬 때, ATM 셀의 압축밀도와 대역이득을 그림 3부터 그림 7에 나타내었다.

그림 3은 식(1)을 사용하여 압축밀도를 나타낸 것이고 그림 4는 식(11)을 사용하여 대역이득을 나타낸 것으로, 선은 수학적 분석을 나타내고 기호는 Node-B에서 시뮬레이션에 의한 결과를 나타내고 있다. 또한 그림 3과 그림 4를 통하여 수학적 분석의 결과와 시뮬레이션의 결과가 매우 비슷하다는 것을 알 수 있었다.

이 시나리오에서는 링크의 전송속도로 인하여 하나의 Node-B에 동시사용자수를 1명에서 170명까지 Timer_CU를 0msec에서 7msec까지 변화시켰다. AAL2 다중화를 포함하지 않았을 때 얻을 수 있는 최소 압축밀도는 83.5%이다. Timer_CU를 1msec으로 설정하였을 때, 80명의 동시 사용자가 발생할 경우 약 95%에 도달하였으나, Timer_CU를 2msec으로 설정하면 40명의 동시 사용자로도 비슷한 값에 도달하는 것을 알 수 있다. 그림 3과 그림 4를 통하여 음성트래픽을 전송하기 위하여 AAL2 다중화기를 사용할 경우에는 AAL2를 사용하지 않을 경우보다 대역이득이 약 18%정도 높다는 것을 알

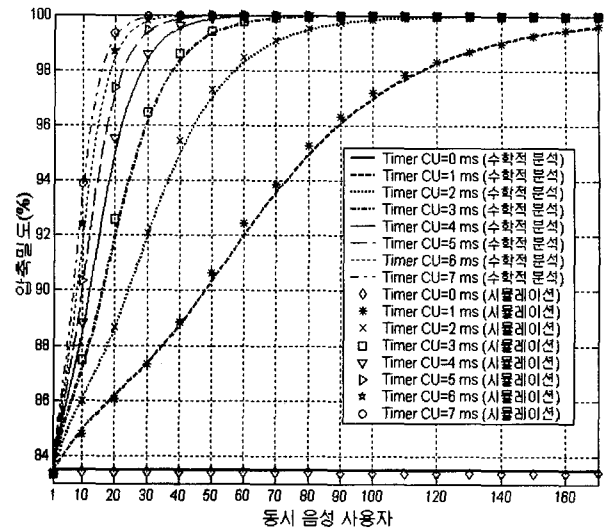


그림 3. Timer_CU와 동시 사용자에 따른 Node-B에서의 압축밀도

Fig. 3. ATM cell packing density with various Timer_CU and number of concurrent voice users.

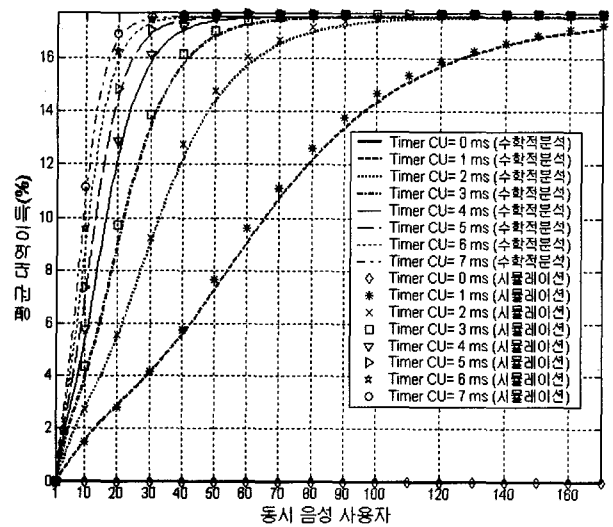


그림 4. Timer_CU와 동시사용자에 따른 Node-B에서의 평균 대역 이득

Fig. 4. Average bandwidth gain with various Timer_CU and number of concurrent voice users

수 있다. Node-B와 집선기 사이의 링크를 E1으로 가정하였을 경우 AAL2 다중화기를 사용하지 않을 때 Node-B에 연결할 수 있는 동시 사용자 수의 수는 최대 170명이다. 그러나 AAL2 다중화기로 다중화하여 전송할 경우 망 요소를 바꿀 필요 없이 200개 이상의 음성호가 Node-B에서 동시에 서비스를 받을 수 있다. 따라서 AAL2 다중화기를 Node-B에서 사용하는 것은 대역이득 측면에서 매우 이점이 크다.

그러나 Timer_CU가 증가할수록 트래픽을 전송하는데 걸리는 시간이 증가하기 때문에 음성서비스와 같은

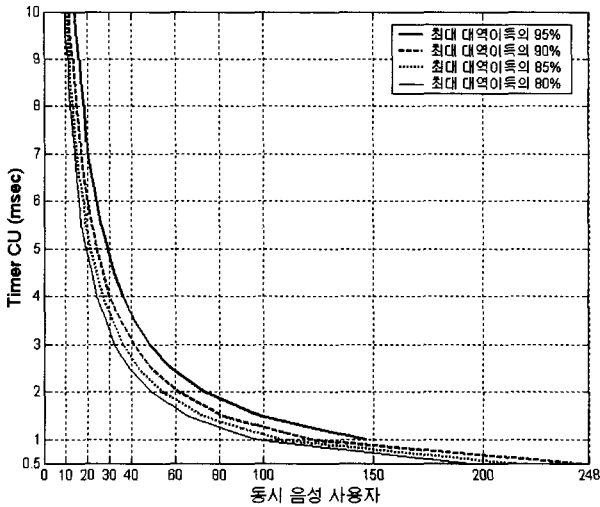


그림 5. 최대 대역이득의 일정한 값(80%~ 95%)에 도달 하기 위하여 필요한 동시 사용자의 수에 따른 Node-B의 Timer_CU

Fig. 5. Timer_CU to reach specific value (from 80% to 95% of the maximum bandwidth gain) vs. Number of concurrent voice users.

지연 민감성 서비스를 제공할 경우 적절한 Timer_CU 를 결정할 필요가 있다. 그림 5는 일정한 대역이득을 얻기 위하여 사용자의 수에 따른 최소 Timer_CU를 나타낸 것으로 그림 4의 결과 값을 이용하여 동시 사용자의 수에 따른 Timer_CU를 비교하여 구하였다. 동시 사용자의 수가 작을 경우에는 Timer_CU가 급격하게 감소하나 약 80명 이상의 동시사용자가 발생할 경우 일정한 값으로 수렴하는 것을 볼 수 있다. 따라서 서비스 제공자가 트래픽 수요를 예측할 수 있다면 최적의 Timer_CU를 결정할 수 있는 근거를 제공할 수 있을 것이다.

그림 6과 그림 7은 집선기에서 부가적인 AAL2 다중화의 대역이득을 나타낸 그림으로 시뮬레이션만을 통하여 수행하였다. 그림 7은 동시 사용자의 수에 따른 집선기의 대역이득과 트래픽 양을 측정 한 것으로 Node-B의 Timer_CU는 1msec이다. 그래프에서 보듯이 Node-B 당 트래픽이 8%에서 35%로 증가하면(동시 음성 사용자의 수를 Node-B 당 10개에서 50개로 증가) 대역이득이 16%에서 3%로 급격히 감소하며 Node-B의 트래픽 양이 40%이상이면, AAL2의 중요한 이점 중 하나인 대역 이득이 사라지는 것을 알 수 있었다. 따라서 집선기에서 AAL2 다중화기를 사용하는 것은 Node-B에서 AAL2 다중화기를 사용하는 것에 비하여 이점이 매우 작다는 것을 알 수 있다.

그림 7에서는 Node-B의 수를 1개에서 10개로 증가시키면서 집선기의 압축밀도와 대역이득을 측정하였다.

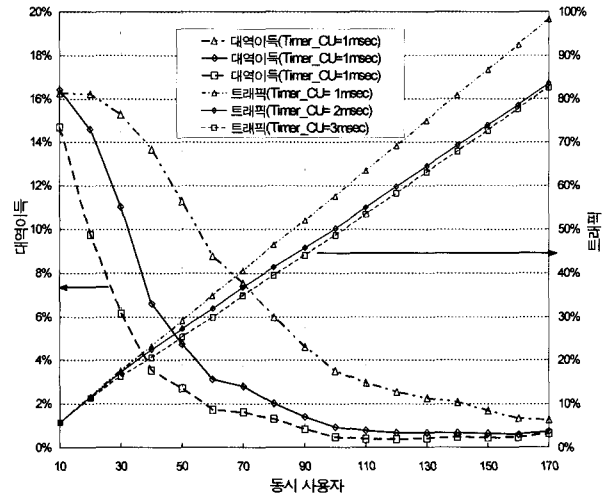


그림 6. 음성 트래픽에서 lub 인터페이스의 트래픽에 따른 집선기에서의 대역이득

Fig. 6. Bandwidth gain in a concentrator on lub interface.

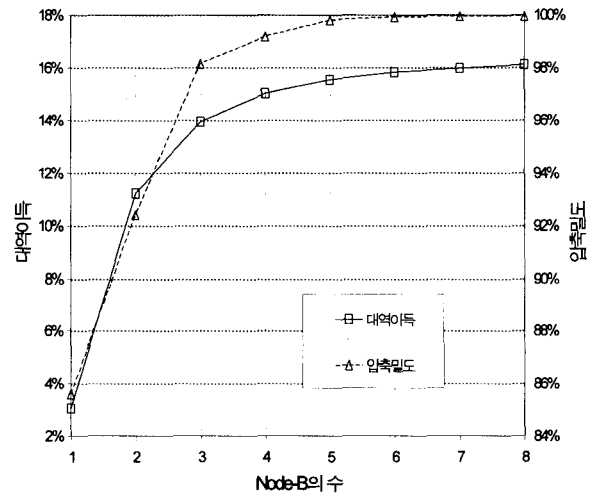


그림 7. 음성트래픽에서 Node-B에 따른 집선기의 압축 밀도 및 대역 이득

Fig. 7. ATM cell packing density and bandwidth gain with 20 user/Node-B and Timer_CU= 2 msec.

이때 Node-B 당 동시 사용자의 수는 20명이라고 가정하였다. 집선기에 연결되는 Node-B의 수를 4개까지 증가시킬 경우 대역이득과 압축밀도가 크게 변화하였으나 Node-B의 수를 4개 이상 증가시키면 대역이득의 증가량이 감소하여 거의 일정한 값으로 도달하였다. 이 결과로 두 가지의 중요한 결과를 발견할 수 있는데, 첫 번째는 Node-B의 트래픽이 약 12%일 때 집선기에서 AAL2 다중화기의 대역이득은 16%이하라는 것이고, 두 번째는 Node-B의 수를 4개 이상 증가시키면 AAL2 다중화기의 대역이득 증가량이 급격하게 감소하는 것이다.

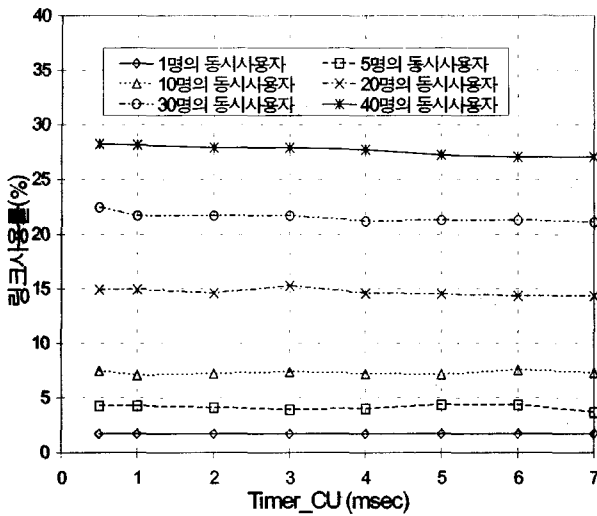


그림 9. 웹브라우징 트래픽에서 Timer_CU와 동시사용자의 수에 따른 링크의 사용률

Fig. 9. Link Utilization VS. Number of concurrent users and Timer_CU values (Web Browsing).

2. 데이터 시뮬레이션 결과

데이터 트래픽의 경우 Timer_CU 값과 동시 사용자의 수를 변화 시키며, ATM 셀 압축밀도와 링크 사용률을 그림 8와 그림 9에서 나타내었다. 데이터 트래픽은 비대칭적인 특성을 보이므로 업링크만을 나타낸 것이다. 각 Node-B의 Timer_CU를 1msec으로 AAL2 다중화를 한 후 40개 웹브라우징 세션에서 동시에 발생한 트래픽의 크기는 Node-B와 집선기 사이의 링크에서 약 600Kbps 정도이다. 이때 링크의 트래픽에는 DchFP와 ATM 프로토콜의 헤더를 포함하고 있다.

그림 8를 통하여 Timer_CU가 0.5msec이고 사용자가 한 명이어도 각 시나리오에서 압축밀도가 93%이상임을 알 수 있었다. 또한 그림 9에서 볼 수 있듯이 Timer_CU가 증가하는데도 불구하고 링크 사용률의 변화가 없다는 것은 padding 비트가 적다는 것이다. 이는 IP 패킷의 길이가 ATM셀의 페이로드 길이에 비하여 매우 길기 때문이며 AAL2 다중화 이득이 첫 번째 다중화 위치인 Node-B에서조차 작다는 사실을 암시한다. 결론적으로 집선기에서 추가된 AAL2 다중화의 대역 이득은 음성트래픽이 아닌 데이터 트래픽의 전송 시 무시할 정도로 이득이 작다는 것이다.

V. 결 론

본 논문에서는 I_{ub} 인터페이스상의 집선기와 Node-B

에서 AAL2 다중화기를 사용할 경우 얻을 수 있는 대역이득을 분석하였다. Node-B에서 AAL2 다중화기의 대역이득을 분석하기 위하여 이산 마코프 체인 모델을 적용하였으며, 유음구간의 패킷 뿐만 아니라 트래픽 양과 압축밀도에 영향을 주는 무음구간의 패킷도 고려하였다. 또한 응용계층의 프로토콜뿐만 아니라 RLC나 FP와 같은 UMTS망의 프로토콜을 계층별로 모델링한 시뮬레이터를 사용하여 이를 검증하였다.

분석 결과로 음성 시나리오의 경우 Timer_CU와 동시 사용자가 증가하면 Node-B에서 AAL2 다중화기의 압축밀도와 대역이득이 증가하였다. 또한 일정한 대역이득을 얻는데 필요한 최소 Timer_CU는 동시 사용자의 수가 작을 경우에는 급격하게 감소하였으며 동시 사용자가 약 80명 이상으로 증가하면 일정한 값으로 수렴하였다. 이는 최적의 Timer_CU를 결정하는데 필요한 근거로 사용될 수 있을 것이다. 또한 집선기에서 사용자의 수가 증가 할 경우 AAL2 다중화기를 사용하여 얻을 수 있는 대역이득이 급격히 감소하였다. 따라서 집선기에서 부가적인 AAL2 다중화기를 사용하여 얻을 수 있는 이점은 매우 작다는 것을 알 수 있었다. 마지막으로 I_{ub} 인터페이스에서 AAL2 다중화기의 압축밀도 및 대역이득 측면의 이점은 트래픽 양에 매우 의존적이며, 데이터 트래픽의 경우 음성 트래픽에 비하여 상대적으로 매우 낮다는 것을 발견하였다.

본 논문의 주요 기여도를 살펴보면 첫번째로 UMTS 망에서 AAL2 다중화기를 사용할 경우 얻을 수 있는 이득을 분석하기 위하여 SCR, FP, RLC와 같은 UMTS 망의 프로토콜을 계층별로 모델링하여 분석하였다는 점이다. 두번째로 AAL2 다중화기의 성능에 가장 많은 영향을 미치는 파라미터인 Timer_CU를 결정하기 위하여 필요한 근거를 마련하였다는 것이다. 마지막으로 집선기에서 AAL2 다중화기의 이점을 분석하여 사용여부를 판단할 수 있는 판단 근거를 마련하였다는 것이다.

참 고 문 헌

- [1] ITU-T I.363.2: "B-ISDN ATM Adaptation Layer Specification: AAL Type 2," Nov, 1999
- [2] 3GPP TS 25.430: "UTRAN Iub Interface," Dec. 2000
- [3] R. Makke, S. Tohme, J.-Y. Cochenec and S. Pautonnier, "Performance of the AAL2 Protocol within the UTRAN," In proc. ECUMN 2002, pp. 92-100, 2002

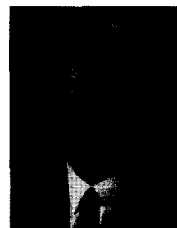
- [4] G. Eneroth, G. Fodor, A. Leijonhufvud, A. Rác and I. Szabó, "Applying ATM/AAL2 as a Switching Technology in Third-Generation Mobile Access Networks," IEEE Communications Magazine, pp.112-122, Jun. 1999
- [5] C. Liu, S. Munir, R. Jain and S. Dixit, "Packing Density of Voice Trunking using AAL2," In Proc. GlobeCom99, Rio de Janeiro, Brazil, Vol. 1(B), pp. 611-615, Dec. 1999
- [6] 정창용, 정조운, 황호영, 성당근, 정수성, 방만원, "UTRAN Iub 인터페이스에서 QoS 기반의 AAL2/ATM 다중화 전송방안", 한국통신학회 논문지 v.28 n.6A, 2003.06, pp.386-396
- [7] P. T. Brady, "A model for on-off speech patterns in two-way conversation," Bell System Technical Journal, vol 48, pp. 2445-2472, Sep. 1969
- [8] 3GPP2-C50-EVAL-2001022, "HTTP and FTP Traffic Models for 1xEV-DV Simulations."
- [9] D. J. Houck, B. H. Kim and J. H. Kim, "End-to-end UMTS Network Performance Modeling," In proc. Network 2002, Munich, Germany, pp. 133-138, Jun. 23-27 2002
- [10] D. E. McDysan and D.L. Spohn, "ATM Theory and Applications," McGraw-Hill, pp 345-361.
- [11] 3G TS 26.101: "AMR Speech Codec Frame Structure (Release 1999)," Dec, 1999
- [12] 3G TS 26.093: "Mandatory speech codec speech processing functions AMR speech Codec; Source Controlled Rate Operation," Mar. 2003
- [13] 3G TS 25.322: "Radio Link Control (RLC) Protocol Specification," Mar. 2003
- [14] 3G TS 25.427: "UTRAN Iur and Iub interface user plane protocols for DCH data streams," Jan. 2003
- [15] TR 101.112 V3.2.0: "ETSI, selection Procedures for the Choice of Radio Transmission Technologies of the UMTS (UMTS 30.03 version 3.2.0)," Apr. 1998

저 자 소 개



이 현 진(학생회원)
 1998년 ~ 현재 아주대학교 전자공학과 학사
 2003년 ~ 현재 아주대학교 전자공학부 무선인터넷 연구실 인턴 대학원생
 2004년 삼성 휴먼테크 논문대상 동상 수상

<주관심분야: UMTS, CDMA 무선망 패킷 스케줄링, IEEE 802.11 MAC 프로토콜>



김 재 현(정회원)
 1991년 2월 한양대학교 전자계산학과 졸업
 1993년 2월 한양대학교 전자계산학과 공학석사
 1996년 8월 한양대학교 전자계산학과 공학박사

1996년 1월~1996년 3월 일본 CRI 연구소, 교환 연구원

1997년 7월~1998년 6월 UCLA 전기과 Postdoc. 연구원

1997년 7월~1998년 9월 IRI Corp. CA, USA

1998년 11월~2003년 2월 Bell Labs, Lucent Tech., Member of Technical Staff.

2003년 3월~현재 아주대학교 정보통신대학 전자공학부 조교수

<주관심분야: 무선 인터넷 QoS, MAC 프로토콜, IEEE 802.11/15/16/20>

