

무선 ATM 접속구조에서 랜덤 트래픽의 셀 손실을 성능개선

김철순[†] · 이하철^{**} · 광경섭^{***}

요 약

본 논문에서는 접속 노드와 무선 채널로 구성되는 무선 ATM(Asynchronous Transfer Mode) 접속 구조에서 랜덤 트래픽의 셀 손실에 대한 성능을 분석하였다. 랜덤 트래픽 환경에 대하여 접속노드는 셀 레벨(cell level)의 큐잉 모델을 적용하였다. 그리고 무선 채널을 버스트 에러 환경으로 고려하여 무선 ATM 접속 구조의 셀 손실을 나타내는 수식을 도출하였다. 무선 ATM 접속 구조에서 랜덤 트래픽의 셀 손실을 성능을 개선하기 위해 FEC(Forward Error Correction) 기법을 적용할 수 있는데, 본 논문에서는 여러 FEC 기법을 적용한 경우의 셀 손실 성능을 정량적으로 비교 분석하여 그 중에서 제안한 concatenated 코드가 가장 우수함을 입증하였다.

CLR Performance Improvement of Random Traffic in the Wireless ATM Access Architecture

Chul Soon Kim[†], Ha Chul Lee^{**} and Kyung Sup Kwak^{***}

ABSTRACT

In this paper, we analyzed cell loss rate performance for random traffic sources in wireless ATM (Asynchronous Transfer Mode) access architecture, which consists of access node and wireless channel. Applying queueing model to cell level at access node and considering burst error characteristics in wireless channel, we derived a formula about the cell loss rate of the random traffic in the wireless ATM access architecture. We also applied FEC(Forward Error Correction) schemes to improve the cell loss rate of random traffic. When we applied FEC schemes in the wireless ATM access architecture, we confirmed that the concatenated code provides the most superior performance compared to any other codes.

Key words: CLR Performance Improvement of Random Traffic

1. 서 론

ATM 기술은 전송 성능이 우수한 광전송을 기반으로 한 유선망에 적용할 수 있도록 개발되었다. 그러나 ATM 기술을 무선 링크에 적용하는 경우에 페이딩에 따른 Rayleigh 및 Rician 채널 특성, 전력 제한, 버스트 에러로 인해 유선 링크에서 보다 심각한 전송

성능 열화가 예상되며 이를 보상하기 위한 방안들이 강구되어야 한다. 이러한 배경 하에 본 논문 2장에서 무선 ATM 접속구조와 랜덤 트래픽 모델을 도입하였고 이를 바탕으로 3장에서는 접속 노드와 무선 채널로 구성되는 무선 ATM 접속 구조에서 성능 식을 유도하였다. 그리고 4장에서는 3장에서 유도한 셀 손실 성능 식을 바탕으로 FEC 코드 미 적용, 콘볼루션 코드 적용, 블록 코드 적용 기법과 제안한 concatenation FEC 코드를 적용하였을 때의 셀 손실 성능을 시뮬레이션을 통하여 정량적으로 비교 분석하고 5장에서 결론 및 향후 연구 과제를 논의하였다.

접수일 : 2002년 12월 17일, 완료일 : 2003년 5월 20일

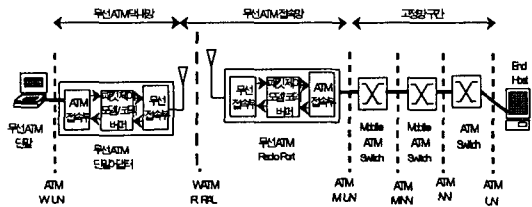
[†] 정회원, 인하대학교 대학원 멀티미디어공학 전공

^{**} 정회원, 유한대학 정보통신과 교수

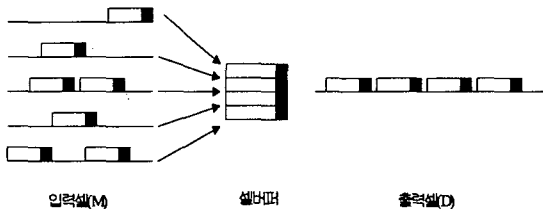
^{***} 정회원, 인하대학교 정보통신공학부 교수

2. 무선 ATM 접속구조 및 랜덤 트래픽 모델

무선 ATM 접속 구조는 유선 ATM 접속 구조의 확장된 개념이며 무선 전파환경의 열악한 전송 특성을 고려 할 때 서비스의 질과 양적인 측면에서 유선 ATM 접속구조와 많은 차이가 예상된다. 이들 차이를 극복할 수 있는 기술 개발에 따라 무선 ATM 접속 구조의 실현 가능성이 구체화될 것이다. 무선 ATM 접속 구조의 기준 모델은 그림 1과 같이 ATM 포럼의 무선 ATM 그룹에서 제안하고 있으며 이동 단말 간의 신호 인터페이스, 무선단말 어댑터, 무선 라디오 포트, 이동 및 고정 ATM 교환기술에 대하여 언급하고 있다.[1] 무선 ATM 접속 구조의 셀 손실율은 cell level queueing 및 burst level queueing으로 도출될 수 있으나 랜덤 트래픽의 경우는 cell level queueing만 적용 가능하다.



(a) 무선 ATM 접속 구조



(b) 무선 ATM 접속구조의 cell level queueing 모델

그림 1. 무선 ATM 접속구조와 트래픽 모델

3. 무선 ATM 접속 구조의 셀 손실을 분석

무선 접속 노드에서 랜덤 트래픽의 CLR_o (Cell Loss Ratio)은 $M/D/1$ queue 시스템을 이용할 수 있으며 $M/D/1$ 시스템의 경우에 식 (1)과 같다[2].

$$CLR_o = Q(x) = \exp\left[-x\left(\frac{2(1-\rho)}{\rho}\right)\right] \quad (1)$$

이때 $\frac{\rho}{2(1-\rho)}$ 는 $M/D/1$ 시스템의 평균 queue

길이가 되며 $\frac{2(1-\rho)}{\rho}$ 는 queue 길이가 감소하는 율을 나타낸다. 그리고 $Q(x)$ 는 queue 크기가 x 를 초과할 확률을 나타내는데 이는 유한한 버퍼 크기 x 에 대한 CLR_o 의 근사 식이 된다. 무선 채널에서는 전력 효율을 향상시키기 위해서 FEC 기법을 사용하며 convolution 코드와 viterbi 복호기를 이용한다. 이때 FEC가 정상적으로 동작하지 못하는 경우에 버스트 에러가 발생할 수 있으며, 이때 복호기 출력의 버스트 에러 모델이 주요 연구 대상이다. 즉, 평균 버스트 길이와 버스트에서의 에러가 poisson 분포를 따른다고 하면 Neyman contagious 모델을 적용할 수 있다. 이 경우에 평균 에러 버스트 길이가 b 이고 h 비트의 간격에 n 비트의 에러가 발생할 확률 $P_B(n)$ 은 식 (2)와 같다[3].

$$P_B(n) = \frac{b^n}{n!} \exp(-h\frac{\rho}{b}) \sum_{i=0}^{\infty} (h\frac{\rho}{b} \exp(-b))^i \frac{i^n}{n!} \quad (2)$$

여기서 ρ 는 복호기 출력에서의 비트 에러율이며 b 는 6 비트에서 40 비트 정도로 가장 작은 값인 6을 적용한다[3]. 변조 방식은 QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)을 이용하고 convolution 코드(코드율 : $r = 1/2$, 구속장 : $\gamma = 7$)와 viterbi 복호기를 이용한다. 다음에 표현한 (3)식에서 p 는 Viterbi 복호기 출력에서 비트 에러율이며, p_e 는 복조기의 출력 비트 에러율, γ 는 비트 당 에너지 대 잡음 전력밀도 비를 나타내고, D 는 Bhattachayya의 상한 식, M 은 신호의 상태 수를 나타낸다. 그리고 페이딩 환경은 지상 무선 통신에 적용할 수 있는 Rayleigh 페이딩을 가정하였다[4].

$$CLR_c = 1 - \exp\left(-\frac{40 \times p}{b}\right) \left[1 + \frac{(1+b)40 \times p}{b} \exp(-b)\right] \quad (3)$$

$$p \leq 1/2(7D^7 + 39D^8 + 104D^9 + 352D^{10})$$

$$D = \sqrt{\frac{p_e(1-p_e)}{M-1}} + \left[\frac{M-2}{M-1}\right] \times p_e$$

$$p_e = \frac{1}{2} \left[1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{2}{\gamma}}}\right]$$

무선 ATM 접속계의 셀 손실율을 평가하기 위해 무선 접속 노드의 버퍼 오버플로로 인한 셀 손실율과

무선 채널의 비트 에러에 따른 셀 손실율은 서로 독립적인 프로세스라고 가정한다. 결국 무선 ATM 접속계의 총 셀 손실율은, $CLR_T = CLR_0 + (1 - CLR_0) \times CLR_C$ 이 된다.

여기에서 CLR_0 는 무선접속 노드의 셀 손실율(식 1)이며 CLR_C 는 무선 채널의 셀 손실율(식3)을 의미한다[5].

4. 접속 구조의 셀 손실을 성능평가

4.1 FEC 코드 미 적용시 셀 손실율

FEC 코드를 적용하지 않은 경우 접속 구조의 셀 손실을 계산식은 식(4)와 같다. x 는 셀 버퍼 용량, N 은 source의 수, γ 는 비트 당 에너지 대 잡음 전력밀도 비, ρ 는 이용도, p_e 는 복조기 출력에서의 비트 에러율을 나타낸다[6].

$$CLR_T(x, N, \gamma) = CLR_0 + (1 - CLR_0) \times CLR_C \quad (4)$$

$$CLR_0 = Q(x) = \exp\left[-x\left(\frac{2(1-\rho)}{\rho}\right)\right]$$

$$CLR_C = 1 - (1 - p_e)^{16}$$

$$p_e = \frac{1}{2} \left[1 - \sqrt{1 + \frac{1}{\gamma}} \right]$$

그림 2에 시뮬레이션을 위한 셀 손실을 분석 파라미터를 $CLR_T(x, N, \gamma)$ 로 나타내었으며 결과를 분석해 보면 $\gamma = E_b/N_0 = 20\text{dB}$ 에서 접속 노드의 버퍼 용량(x)이 2인 경우 source의 수(N)가 각각 10, 60, 100, 150 일 때 셀 손실율은 0.039, 0.039, 0.045, 0.164가 된다.

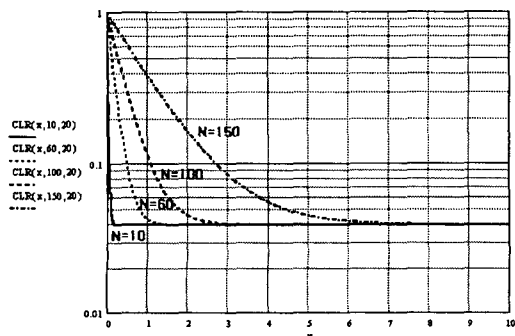


그림 2. FEC코드를 적용하지 않은 경우의 셀 손실율

4.2 콘벌루션 코드 적용시 셀 손실율

콘벌루션 코드만을 사용하는 경우 convolution 코드는 코드율이 $r = 1/2$, 구속 장은 $\nu = 7$, 인 viterbi 복호기가 사용되고 버스트 에러가 발생된다고 가정하였다. 셀 손실율 계산식은 식 (5)와 같다. x 는 셀 버퍼 용량, N 은 source의 수, γ 는 비트 당 에너지 대 잡음 전력밀도 비, ρ 는 이용도로서 Nm/C (단, m = 셀 평균, C = 초당 셀 발생율), p 는 viterbi 복호기 출력에서의 비트 에러율, p_e 는 복조기 출력에서의 비트 에러율을 나타낸다[7,8].

$$CLR_T(x, N, \gamma) = CLR_0 + (1 - CLR_0) \times CLR_C \quad (5)$$

$$CLR_0 = Q(x) = \exp\left[-x\left(\frac{2(1-\rho)}{\rho}\right)\right]$$

$$CLR_C = 1 - \exp\left(-\frac{16 \times p}{b}\right) \left[1 + \frac{(1+b)16 \times p}{b} \exp(-b)\right]$$

$$b \leq 1/2(7D^7 + 39D^8 + 104D^9 + 352D^{10})$$

$$D = \sqrt{\frac{p_e(1-p_e)}{M-1}} + \left[\frac{M-2}{M-1}\right] \times p_e$$

$$p_e = \frac{1}{2} \left[1 - \sqrt{1 + \frac{2}{\gamma}} \right]$$

그림 3에 시뮬레이션을 위한 셀 손실을 분석 파라미터를 $CLR_T(x, N, \gamma)$ 로 나타내었으며 결과를 분석해 보면 $\gamma = E_b/N_0 = 20\text{dB}$ 에서 접속 노드의 버퍼 용량(x)이 2인 경우 source의 수(N)가 각각 10, 60, 100, 150 일 때 셀 손실율은 4.388×10^{-7} , 1.565×10^{-5} , 6.371×10^{-3} , 0.13이 된다.

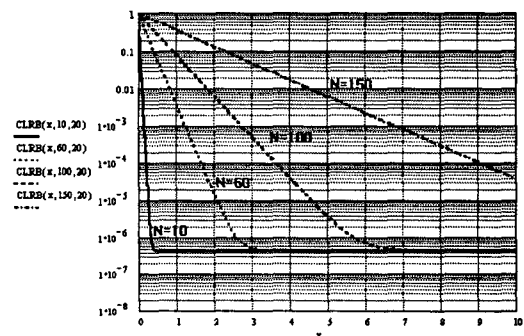


그림 3. 콘벌루션코드만을 사용하는 경우의 셀 손실율

4.3 블록코드 적용시 셀 손실율

$\gamma = E_b/N_o = 20\text{dB}$ 에서 (28, 16), (40, 16), (49, 16)의 FEC 코드를 적용한 경우 Shortened 블록 코드(n, k, t)인 (28, 16, t=2), (40, 16, t=4), (49, 16, t=6)를 이용한 셀 손실율 계산식은 식 (6)과 같다. x 는 셀 버퍼 용량, N 은 source의 수, γ 는 비트 당 에너지 대 잡음 전력밀도 비, ρ 는 이용도로서 C/Nm , p_e 는 복조기 출력에서의 비트 에러율을 나타낸다[7,8].

$$CLR_T(x, N, n, k, t, \gamma) = CLR_0 + (1 - CLR_0) \times CLR_c \tag{6}$$

$$CLR_o = Q(x) = \exp\left[-x\left(\frac{2(1-\rho)}{\rho}\right)\right]$$

$$CLR_c = 1 - \sum_{i=0}^t {}_n C_i (P_e)^i (1 - P_e)^{n-i}$$

$$P_e = \frac{1}{2} \left[1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{n}{k\gamma}}} \right]$$

그림 4에 시뮬레이션을 위한 셀 손실율 분석 파라미터를 $CLR_T(x, N, n, k, t, \gamma)$ 로 나타내었으며 시뮬레이션 결과에서 보듯이 $\gamma = E_b/N_o = 20\text{dB}$ 에서 접속 노드의 버퍼 용량(x)이 2인 경우 source의 수(N)가 각각 10, 60, 100, 150이고 에러 정정 능력이 2, 4, 6, 6인 코드를 사용할 때 셀 손실율은 2.433×10^{-4} , 2×10^{-5} , 6.371×10^{-3} , 0.13이 된다.

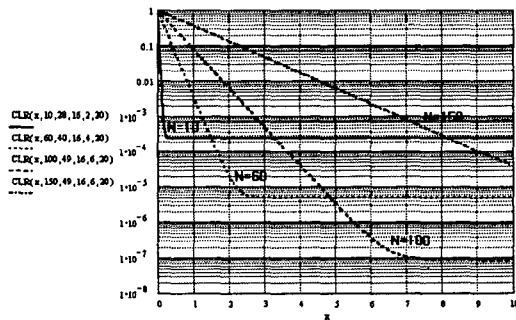


그림 4. 블록 코드만을 사용한 경우의 셀 손실율 성능

4.4 제안한 Concatenated FEC 코드 적용시 셀 손실율

콘벌루션 코드와 BCH 코드로 구성되는 Concatenation 형태의 코드를 분석하기 위해 내부 코드는 부호율이 $r = 1/2$ 이고 구속 장이 $v = 7$ 인 콘벌루션

코드를 이용하고 외부 코드는 (n, k, t)로 표시되는 BCH 코드를 이용한다. 이때 n 은 BCH 코딩 후의 비트 수이고 k 는 압축된 ATM 헤더의 길이인 16 비트를 의미한다. 인코더에서 총 블록 길이가 63 비트가 되도록 t 에러 정정 패리티 검사 비트들이 만들어지고 전송 시 전송 효율을 높이기 위해서 총 블록 길이가 축소되며 디코더에서는 패리티 검사를 위해 63 비트로 재생된다. 비트 에러율 계산 시 Rayleigh 페이딩 채널과 이상적인 인터리빙을 가정하였다. BCH 에러 정정 후 압축된 ATM 헤더의 셀 손실율은 식 (7)과 같이 계산된다[7,8]. x 는 셀 버퍼 용량, N 은 source의 수, γ 는 비트 당 에너지 대 잡음 전력밀도 비, ρ 는 이용도를 나타낸다. p_e 는 viterbi 복조기 출력에서 비트 에러율이며, p_e 는 복조기의 출력 비트 에러율, γ 는 비트 당 에너지 대 잡음 전력밀도 비를 말하고 D 는 Bhattachayya의 상한 식, M 은 신호의 상태 수를 말한다.

$$CLR_T(x, N, n, k, t, \gamma) = CLR_0 + (1 - CLR_0) \times CLR_c \tag{7}$$

$$CLR_o = Q(x) = \exp\left[-2x\left(\frac{1-\rho}{\rho}\right)\right]$$

$$CLR_c \leq 1 - \left[\sum_{i=0}^t \binom{n}{i} (1-p)^{n-i} (p)^i \right]$$

$$t \leq 1/2(7D^7 + 39D^8 + 104D^9 + 352D^{10})$$

$$D = 2\sqrt{\frac{p_e(1-p_e)}{M-1}} + \left[\frac{M-2}{M-1} \right] \times p_e$$

$$p_e = \frac{1}{2} \left[1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{2n}{k\gamma}}} \right]$$

그림 5에 시뮬레이션을 위한 셀 손실율 분석 파라미터를 $CLR_T(x, N, n, k, t, \gamma)$ 로 나타내었으며 시뮬레이션 결과에서 보듯이 $\gamma = E_b/N_o = 20\text{dB}$ 에서 접속 노드의 버퍼 용량(x)이 2인 경우 source의 수(N)가 각각 10, 60, 100, 150 이고 에러 정정 능력이 2, 4, 6, 6인 코드가 사용될 때 셀 손실율은 1.599×10^{-4} , 1.521×10^{-5} , 6.371×10^{-3} , 0.13이 된다.

시뮬레이션 결과에서 보듯이 셀 손실율이 동일한 무선 채널의 E_b/N_o 조건과 동일한 source의 수에서 에러 정정 능력이 증가(t 값)함에 따라 성능이 향상되는 것을 알 수 있다. 그러나 에러 정정 능력이 더 좋은 부호를 사용한다는 것은 코드율의 감소를 의미하며 전체적으로 redundancy의 증가를 초래하므로

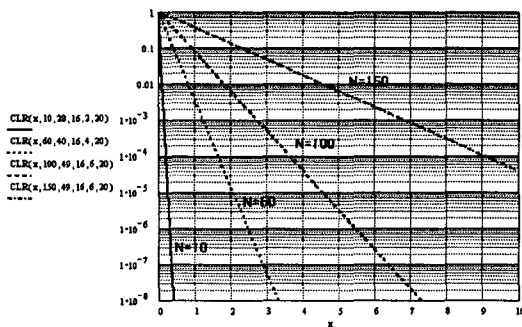


그림 5. Concatenated FEC기법 적용시 셀 손실율 성능

처리율이 감소될 수 있다. 그리고 무선 채널의 에러 정정 능력은 향상되어도 source의 수가 증가하면 무선 접속 노드의 셀 손실율이 증가하므로 접속 망 전체의 셀 손실율은 증가할 수 있다는 것을 보여준다.

4.5 랜덤 트래픽에 적용한 결과 분석

4가지 경우에 대한 시뮬레이션 성능분석 결과를 요약하면 $\gamma = E_b/N_o = 20\text{dB}$ 이고 source의 수(N)가 10, 60, 100, 150이며 접속 노드의 버퍼 용량(x)이 2인 경우, 첫째, FEC를 적용하지 않은 경우는 셀 손실율이 0.039, 0.039, 0.045, 0.164가 된다. 둘째, 코드율 $r = 1/2$ 이고 구속 장이 $\nu = 7$ 인 콘벌루션 코드만을 사용하는 경우 셀 손실율은 4.388×10^{-7} , 1.565×10^{-5} , 6.371×10^{-3} , 0.13이 된다. 셋째, 에러 정정 능력이 각각 2, 4, 6인 (28, 16), (40, 16), (49, 16)의 블록 코드를 이용하는 경우 $t = 2, 4, 6, 6$ 에서 셀 손실율은 각각 2.433×10^{-4} , 2×10^{-5} , 6.371×10^{-3} , 0.13이 된다. 넷째, 블록 코드와 콘벌루션 코드를 결합한 concatenated FEC 코드를 이용하는 경우 콘벌루션 코드는 코드율이 $r = 1/2$ 이고 구속 장이 $\nu = 7$ 이며 (28, 16), (40, 16), (49, 16)의 BCH 코드 적용 시 $t = 2, 4, 6, 6$ 에서 셀 손실율은 각각 1.599×10^{-4} , 1.521×10^{-5} , 6.371×10^{-3} , 0.13이 된다. 이들 결과에서 알 수 있듯이 FEC 기법을 적용하지 않은 경우에 비해서 concatenated FEC 코드, 콘벌루션 코드, 블록 코드 순으로 셀 손실율 성능을 보이며 이중에서 제안한 concatenated FEC 코드가 기존의 적용 기법보다 셀 손실율이 개선됨을 알 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 무선접속 노드와 무선 채널로 구성

되는 무선 ATM 접속 구조에서의 셀 손실율을 FEC 기법을 적용하지 않은 경우, 기존에 사용하는 콘벌루션 코드와 블록 코드를 적용한 경우, 제안한 concatenated FEC 코드를 적용한 경우의 셀 손실율을 시뮬레이션 하여 분석한 결과 제안한 concatenated FEC 코드 적용이 기존의 적용 기법보다 셀 손실율이 개선됨을 입증하였다. 따라서 무선 ATM 접속 구조에서의 셀 손실율 성능 개선을 위해서는 접속 노드의 버퍼 용량을 증가시키거나 무선 채널의 에러 성능 개선을 위한 트래픽 형태별 최적의 에러 제어 기법의 선택이 중요하다. 그러나 접속 노드의 버퍼 용량 증가는 트래픽의 전달지연을 초래하고, 무선 채널의 에러 성능 개선은 처리율의 감소를 초래할 수 있으므로 최적의 버퍼 용량과 에러 제어 기법의 선택이 중요하다. 향후에는 본 연구를 기반으로 하여 무선 채널의 에러 성능에 따라 적응적으로 에러 제어 기법을 적용할 수 있는 구체적인 알고리즘 개발과 무선 ATM 접속 구조에 적용할 수 있는 방안의 연구가 필요하다.

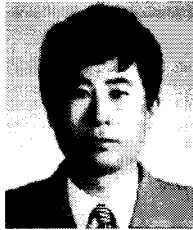
참 고 문 헌

[1] Dipankar Raychaudhuri, "Wireless ATM Networks : Architecture, System Design and Prototyping," IEEE Personal Communications, pp. 42-49, Aug. 1996.
 [2] J. M. Pitts and J. A. Schormans, "Introduction to ATM Design and Performance," John Wiley & Sons, 1996.
 [3] S. Ramseier, "ATM over Satellite : Analysis of ATM QoS Parameters," Proc. of ICC'95, Vol. 3, pp. 1562-1566, 1995.
 [4] Viterbi, A. J., "Error Bounds for Convolution Codes and Asymptotically Optimum Decoding Algorithm," IEEE Trans. Inform. Theory, Vol. IT-13, No. 4, pp.260-269, Apr. 1967.
 [5] Abbas Mohammadi, David Klymyshyn and Surinder Kumar, "Characterization of Effective Bandwidth as a Metric of Quality of Service for Wired and Wireless ATM Networks," IEEE '97, pp. 1019-1024, 1997.
 [6] Ha-Cheol Lee, Byung-Hwon Kwon and Byung-Seub Lee, "CLR Performance of Ran-

dom Traffic and Error Control in Wireless ATM Access Networks," WPMC 2000, pp. 573-578, Nov. 2000.

[7] Ha-Cheol Lee, Byung-Seub Lee, "The Relation of CLR and Blocking Probability for CBR Traffic in the Wireless ATM Access Network," IEEE VTC 2001Spring, P175, May 2001.

[8] Ha-Cheol Lee, Byung-Seub Lee, "The Relation of CLR and Blocking Probability for VBR Traffic in the Wireless ATM Access Transport," ICCS 2002, Nov. 2002.



김 철 순

1996년 인천대학교 전자계산학과(공학사)
 1998년 인하대학교 정보공학과(공학석사)
 2001년 인하대학교 멀티미디어공학(박사수료)

관심분야 : 멀티미디어 통신, 멀티미디어 데이터베이스, 영상정보처리, 멀티미디어 시스템



이 하 철

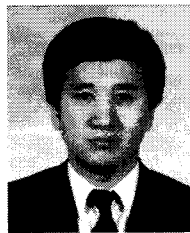
1983년 항공대학교 항공통신정보학과(공학사)
 1990년 항공대학교 항공통신정보학과(공학석사)
 1999년 항공대학교 항공통신정보학과(공학박사)
 1983년~1985년 한국전자통신

연구소 연구원

1985년~1995년 한국통신 연구개발본부 연구실장

1995년~현재 유한대학 정보통신과 교수

관심분야 : 영상통신, 무선 인터넷 통신, 광 인터넷, 분산 멀티미디어 시스템



곽 경 섭

1979년 인하대학교 전기공학과(공학석사)
 1981년 미국 University of Southern California 대학원(EE석사)
 1988년 미국 University of California San Diego 대학원(통신이론 및 시스템 박사)

1989년~1990년 미국 IBM 연구원

1990년~현재 인하대 정보통신공학부 교수

1995년~2001년 통신학회 상임이사

2002년~현재 통신학회 부회장

관심분야 : 트래픽 이론, Random Processes, 통신 신호처리, 무선 멀티미디어통신 시스템

교신저자

김 철 순 402-751 인천시 남구 용현동 253번지 인하대학교 전기, 전자 공학부 멀티미디어전공