

ATM 망에서의 셀 손실 복구 기법에 관한 연구

Cell Loss Recovery Algorithm for ATM Networks

沈潤燮*, 千相勳*, 郭慶燮*

(Yun-Sup Shim*, Sang-Hun Chun*, and Kyung-Sup Kwak*)

요 약

기존의 CREG-VP는 VP상에서 FEC기법을 사용하여 트래픽 과잉으로 인한 연속적인 셀 손실을 보상하는 기법으로써, 평균 코딩/디코딩 시간이 짧고, ATM 표준 셀 형식과 호환성을 유지할 수 있다는 장점을 지니고 있으나, 복구할 수 있는 셀의 수에는 제한이 존재한다.

본 논문에서는 CREG-VP를 확장하여 버스트 특성을 갖는 트래픽에서도 효과적으로 셀 손실을 복구하는 기법을 제안하였다. 제안된 기법은 CRP를 변경하여 셀 손실의 검출 성능을 향상시켰고, 인터리브 패리티 셀을 적용하여 연속적인 셀의 복구성능을 향상시켰다.

실험 결과 제안된 기법은 CREG-VP 방식보다 셀 손실률 감소 계수를 향상 시킬 수 있었다.

Abstract

The existing CREG-VP, a technique to compensate the successive cell losses caused by traffic congestion using the FEC method on the VP, has the merits of the short average encoding/decoding time and the compatibility with the ATM standard cell format, but it has the restriction in the number of regenerable cells.

In this thesis, we propose a scheme to efficiently regenerate the cell losses even in the burst traffic property by the expansion of the CREG-VP. The proposed scheme improves the detection capability of the lost cells by changing the CRP and the regeneration performance of the successive cells by using the interleaved parity cell.

The simulation result shows that the proposed method produces much improvements compared with the existing ones in the cell loss rate reduction factor.

Key Word : ATM, FEC, Cell Regeneration on VP, Cell Loss Detection, Parity cell

I. 서론.

ATM 망에서 셀 폐기의 주요 원인은 트래픽 과잉으로 인한 버퍼 오버 플로우이다. 트래픽 과잉에 의한 버퍼 오버 플로우는 하나의 셀 뿐만이 아니라 연

속적인 셀 폐기를 유발하며, 이러한 셀 손실을 보상하기 위해서 다수의 방법들이 제안되었다[1-2]. 이들 중 CREG-VP(Cell REGeneration on VP)는 FEC를 사용하여 VP에서의 연속된 셀 손실을 보상하는 기법으로, 기존의 VC 방식과 달리 속도가 빠르고, 셀 구조에 대해 수정이 필요치 않는 장점을 갖고 있다[3]. 그러나, 복구할 수 있는 셀 수에 제한이 존재함으로써 인해 버퍼 오버 플로우가 클 경우 성능이 저하된다.

* 仁荷大學校 電子工學科

(Dept. of Electronic Eng., Inha Univ.)

接受日: 1999年3月4日, 修正完了日: 1999年5月31日

본 논문에서는 CREG-VP 기법을 확장하여 효과적으로 셀 손실을 복구하는 알고리즘을 제안한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서 효과적인 셀 손실 복구 기법을 제안하고, 3 장에서 CREG-VP 기법과 제안된 기법의 성능을 비교하며, 4 장에서 결론을 맺는다.

II. 제안된 셀 손실 복구 기법

CREG-VP 기법은 AAL(ATM Adaptation Layer) 타입 3/4에 FEC를 적용하는 기법으로, VP상에서 연속적인 셀 손실을 보상할 수 있다. 이 기법은 CLD(Cell Loss Detection : 셀 손실 검출) 셀을 사용하여 손실된 셀을 검출하고, 패리티셀을 사용하여 손실된 셀을 복구한다. CLD 셀은 16 개의 CRP(Cell Recognition Pattern : 셀 인식 패턴)로 구성되어 있으며, CRP는 VCI(16비트)+ST(Segment Type, 2비트)+SN(Sequence Number, 4비트)로 구성된다.

CREG-VP 기법은 손실된 셀을 검출할 때 SN에 의존하기 때문에 셀 손실이 연속적으로 16 개 이상 일어나는 경우 검출이 불가능하다. 또한, 손실된 셀을 복구하기 위해서 1행의 패리티 셀을 사용하기 때문에, 복구 가능한 셀의 수는 16 개의 연속적인 셀 손실로 제한된다. 이러한 제한은 버스트한 손실이 빈번한 망에서는 성능의 저하 요인으로 작용한다.

본 논문에서는 CREG-VP를 개선하여 더 많은 셀의 손실을 검출할 수 있고, 복구할 수 있는 기법을 제안한다. CREG-VP 기법의 CRP를 LI(Length Identification)의 하위 2비트와 SN의 4비트를 연관시켜 SN을 확장시키면 $64(=2^6)$ 셀이 연속으로 손실된 경우까지 셀 손실 검출이 가능해진다. CREG-VP 상측 노드에서 LI의 하위 2비트에 16셀마다 $00_b \sim 11_b$ 까지 값을 삽입시키고, CREG-VP 하측 노드에서 00_b 또는 11_b (LI의 상위 4비트가 1111_b 인 경우)로 복구한다. LI의 값은 ST가 BOM과 COM의 경우 항상 44의 값을 가지며 EOM과 SSM의 경우는 항상 4의 배수의 값을 가지며 최대 값으로 44를 가진다. 따라서, LI의 6비트 중 하위의 2비트는 전혀 사용되지 않고 있음을 알 수 있다. 예외적으로 Abort의 경우 $63(=11111_b)$ 을 사용하

나, 이 경우도 LI의 상위 4비트를 비트 AND 연산 한 값으로 하위 2비트를 채우는 방식으로 복원 가능하다. 제안된 기법에서는 CREG-VP의 셀 인식 패턴(CRP)과 셀 손실 검출(CLD) 셀을 그림 1과 같이 구성한다.

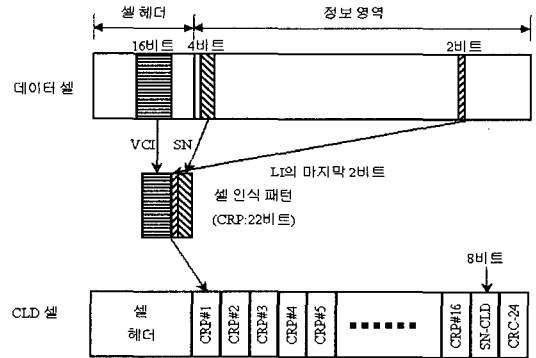


그림 1. 변경된 셀 손실 검출(CLD) 셀.
Fig. 1. Modified cell loss detection cell.

복구할 수 있는 셀 수를 늘리기 위해 인터리브 (Interleaved) 패리티 셀을 사용한다. 인터리브 패리티 셀은 입력된 데이터를 매트릭스의 행 단위로 인터리브하여 패리티 셀을 만든다. 인터리브 방식으로 패리티 셀을 만들지만, 데이터 셀은 입력된 순서대로 전송된다. 그림 2는 인터리브 패리티 셀 3행을 만드는 방법을 도시화하고 있고, 식(1)과 같이 나타낼 수 있다. 식(1)에서 좌항은 패리티 셀이고, 우항은 데이터 셀을 인터리브 하여 합한 뒤 modulo 2 연산을 함을 나타낸다.

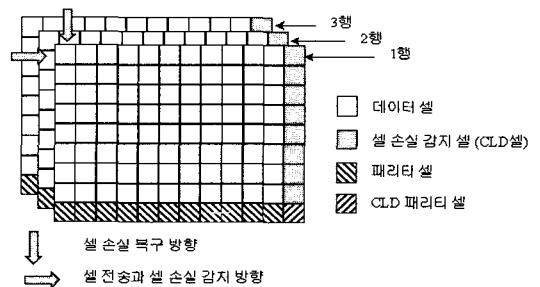


그림 2. 인터리브 패리티 셀 생성 방법.
Fig. 2. Method of interleaved parity cell generation.

$$C_{M+l,j} = \left(\sum_{i=1}^M C_{l+i \times (K-1),j} \right) \text{mod } 2, 1 \leq j \leq N, 1 \leq l \leq N \quad (1)$$

- $C_{i,j}$: i 행 j 열의 셀
- M : 데이터 셀 매트릭스의 행 수
- $C_{M+l,j}$: $M+l$ 행 j 열의 패리티 셀
- N : 데이터 셀 매트릭스의 열 수
- K : 인터리브 패리티 셀 수

이상에서 언급한 CRP(Cell Recognition Pattern)의 변경과 인터리브 패리티 셀을 사용하면 CREG-VP의 코딩 매트릭스를 그림 3과 같이 구성 할 수 있다. CLD(Cell Loss Detection) 셀은 최대 4개까지 가능하므로 열의 수를 최대 64까지 확장할 수 있다. 패리티 셀의 수는 인터리브를 적용하는 수에 따라 행의 수가 결정된다. 인터리브의 횟수는 제한이 없지만, 매트릭스의 크기가 커지면 전송 지연이 커진다. 그림 3은 인터리브를 3행까지 확장한 경우이고, 셀 손실을 복구할 수 있는 행의 수도 3 행까지 가능한 경우이다. CLD 셀과 패리티 셀은 데이터 셀의 특성을 가지고 있으며, CLD-패리티 셀의 경우는 OAM(Operation Administration and Maintenance)셀의 특성을 가진다.

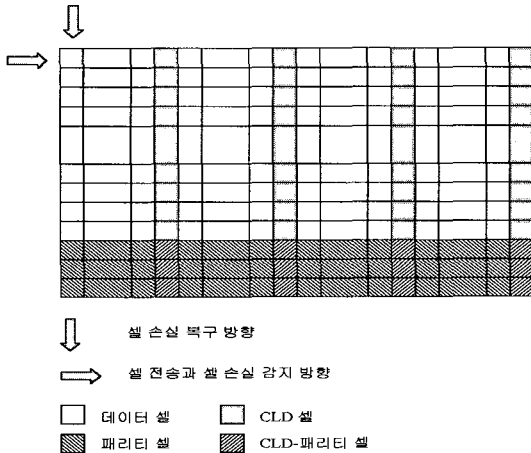


그림 3. 제안된 코딩 매트릭스.
Fig. 3. Proposed coding matrix.

III. 성능평가

본 장에서는 제안된 기법과 CREG-VP 기법의 성능 분석을 위해 우선 Gilbert 모델을 이용하여 수치해석하고, 버스트 트래픽하에서의 성능 분석을 위해 트래픽원으로 IPP(Interrupted Poisson Process)를 가정한 간단한 모델을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

3.1 수치해석모델 및 결과

Gilbert 모델에서의 셀 폐기 과정은 그림 4와 같이 근사화 할 수 있다[2].

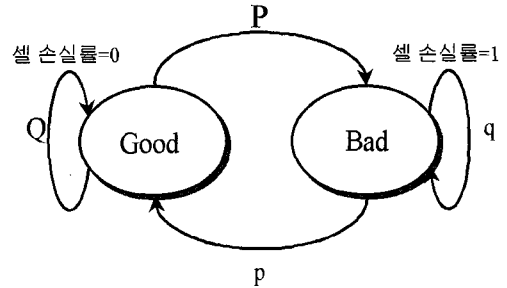


그림 4. Gilbert 모델.
Fig 4. Gilbert model.

Gilbert 모델의 상태천이 식(2)와 같이 천이 확률 행렬로 표현할 수 있다.

$$P = \begin{bmatrix} Q & p \\ P & q \end{bmatrix} \quad (2)$$

i 번째 열의 셀 폐기 확률을 D_i 라 하면, $i+1$ 번째 열의 셀 폐기 확률 D_{i+1} 은 식(3)과 같다.

$$\begin{bmatrix} 1-D_{i+1} \\ D_{i+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Q & p \\ P & q \end{bmatrix}^N \begin{bmatrix} 1-D_i \\ D_i \end{bmatrix} \quad (3)$$

여기서 P, Q, p, q 는 상태천이 확률이고, N 은 셀 매트릭스의 열 길이이다.

상태천이 매트릭스의 N 승은 식(4)와 같이 나타낼 수 있고, 식(5)를 이용하여 계산할 수 있다[4].

$$\begin{bmatrix} Q & p \\ P & q \end{bmatrix}^N = \begin{bmatrix} Q_N & p_N \\ P_N & q_N \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} Q_N & P_N \\ P_N & q_N \end{bmatrix} = \frac{1}{P+p} \begin{bmatrix} p & p \\ P & P \end{bmatrix} + \frac{(1-P-p)^M}{P+p} \begin{bmatrix} P & -p \\ -P & p \end{bmatrix}. \quad (5)$$

셀 매트릭스의 열에서 오직 1개의 셀이 폐기될 확률은 식(6)과 같다.

$$d_1 = P_D P_N Q_N^{M-2} + (1-P_D) P_N P_N Q_N^{M-3} \times (M-2) + (1-P_D) P_N Q_N^{M-2} \quad (6)$$

P_D 는 평균 셀 손실률을 나타내고, M 은 행의 길이이다. 열에서 1개의 셀이 폐기 될 평균 확률은 d_1/M 이므로 향상된 셀 손실률 P_{De} 는 식(7)과 같고, 셀 손실 감소계수는 식(8)과 같다.

$$P_{De} = P_D - \frac{d_1}{M} \quad (7)$$

$$\frac{P_{De}}{P_D} = 1 - \frac{d_1}{P_D \cdot M} \quad (8) \text{ 제안}$$

된 기법의 복구 가능한 셀의 수를 CREG-VP의 복구 가능한 셀 수로 나눈 값을 x 라 하면, 제안된 기법은 열을 x 배만큼 늘리고 행을 x 배만큼 줄이는 것과 같은 효과를 가지므로, 제안된 기법의 셀 손실 감소계수를 구하기 위해 N 대신에 $N=N*x$, M 대신에 $M=M/x$ 를 식(3)~식(8)에 적용한다.

수치해석의 결과는 그림 5와 그림 6과 같다. 그림 5는 q 값이 0.5인 경우이고, 그림 6은 q 값이 0.1인 경우로 셀 손실률 (P_D)이 10^{-12} 에서 10^{-4} 로 변할 경우에 셀 손실률 감소계수 (P_{De}/P_D)를 나타낸다. 그림6으로부터 제안된 기법은 셀 손실률이 10^{-4} 인 경우 CREG-VP 기법과 차이점이 없으나, 셀 손실률이 작은 경우 CREG-VP 기법에 비해 셀 손실률 감소계수가 향상됨을 확인할 수 있다. 그림 7에서 제안된 기법은 셀 손실률에 상관없이 CREG-VP 기법과 동일한 셀 손실률 감소계수를 가짐을 알 수 있다. 이러한 결과로부터 q 값이 크고 (연속적인 셀 손실이 일어날 확률이 높은 경우), 셀 손실률이 적을 경우 CREG-VP 기법보다 제

안된 기법의 셀 손실률 감소계수가 향상됨을 알 수 있다.

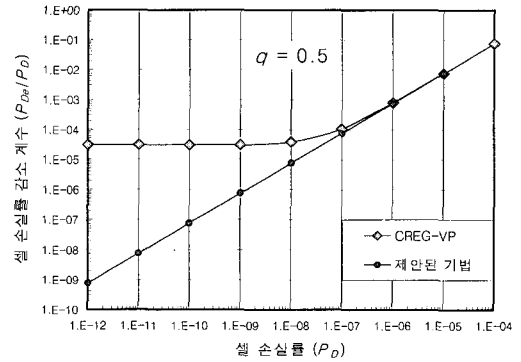


그림 5. 셀 손실률 감소계수 ($N=48, M=64, q=0.5$).

Fig. 5. Cell loss rate reduction factor ($N=48, M=64, q=0.5$).

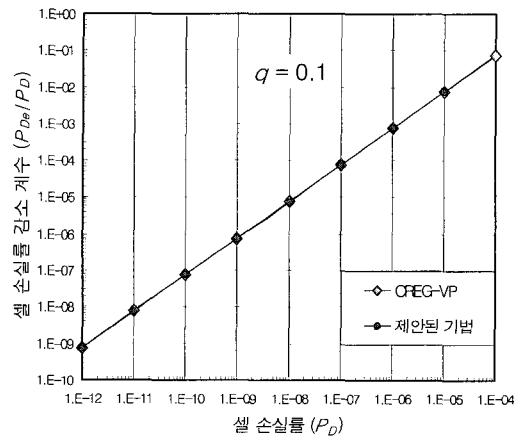


그림 6. 셀 손실률 감소계수 ($N=48, M=64, q=0.1$).

Fig. 6. Cell loss rate reduction factor ($N=48, M=64, q=0.1$).

3.2 시뮬레이션 모델 및 결과

시뮬레이션에서는 활용지수에 따라 셀 손실률의 변화를 비교하였다. CREG-VP 기법과 제안된 기법의 경우 여분의 셀 영향을 고려하기 위해 셀 도착률은

식(8) 대신에 식(10)을 사용한다.

IPP의 ON 구간과 OFF 구간은 각각 지수 분포를 갖고, ON 구간에서 발생하는 셀의 수는 포아송 분포를 갖는다[5-6].

트래픽원이 IPP 일때의 셀 도착률은 식(9)과 같다.

$$\lambda = \frac{\beta}{\alpha + \beta} \lambda_{ON} \quad (9)$$

λ : 셀 도착률

λ_{ON} : ON 상태에서의 셀 도착률

α : OFF 상태가 지속될 확률

β : ON 상태가 지속될 확률

FEC 기법의 경우 여분의 셀로 인하여 ON 상태에서의 셀 도착률은 식(10)와 같이 증가하고, 셀 도착률은 식(11)과 같이 증가한다[7].

$$\lambda'_{ON} = \left(1 + \frac{r}{p}\right) \lambda_{ON} \quad (10)$$

$$\lambda = \frac{\beta}{\alpha + \beta} \left(1 + \frac{r}{p}\right) \lambda_{ON} \quad (11)$$

λ_{ON} : 셀 도착률

λ'_{ON} : FEC기법에서 여분의 셀을 감안한 셀 도착률

r : 여분의 셀 p : 입력된 데이터 셀

시뮬레이션에 사용한 파라미터는 표 1과 같다. 트래픽원은 IPP(Interrupted Poisson Process)이고, 큐 모델은 FCFS(First Come First Served)로 설정하였다. 활용지수를 0.6에서 1.0까지 변화시키며, 큐의 크기를 50과 200으로 설정하여, 연속적인 셀 손실의 평균 크기가 다르도록 설정하였다. 그 외의 파라미터는 155Mbps의 ATM망을 기준으로 설정하였다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터.

Table 1. Simulation parameter.

항목	값
활용지수(ρ)	0.6~1.0
버스트간의 평균 지연(T_D)	7.0×10^{-3} 초
버스트당 평균 셀 수	$T_D / ((1 - \rho) \times \lambda)$ 개
버스트 내의 셀 간격($1/\lambda$)	1.5625×10^{-3} 초
링크 속도	155 Mbps
최대 큐 크기	50, 200 개

그림 7과 그림 8은 시뮬레이션 결과로서 망 활용지수 대 셀 손실률을 보여주고 있다. 활용지수가 낮을수록 코딩하지 않은 경우와 CREG-VP 기법에 비해 제안된 기법의 셀 손실률이 향상되고, 활용지수가 커질수록 여분의 셀 영향으로 코딩하지 않은 경우와 CREG-VP 기법, 제안된 기법의 셀 손실률이 동일해진다. 코딩하지 않은 경우에 비해 CREG-VP 기법은 연속적인 셀 손실 정도가 큐의 크기에 비해 상대적으로 큰 경우 셀 손실률이 향상되지 않으나, 연속적인 셀 손실 정도가 상대적으로 큐의 크기에 비해 작은 경우 셀 손실률이 향상됨을 알 수 있다.

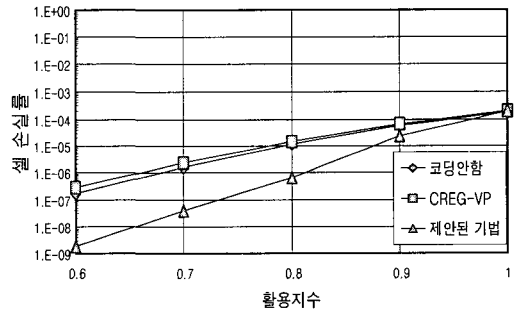


그림 7. 활용지수 대 셀 손실률.

($N=17, M=17$, 큐크기 50)

Fig. 7. Utilization factor versus cell loss rate.

($N=17, M=17$, Queue size 50)

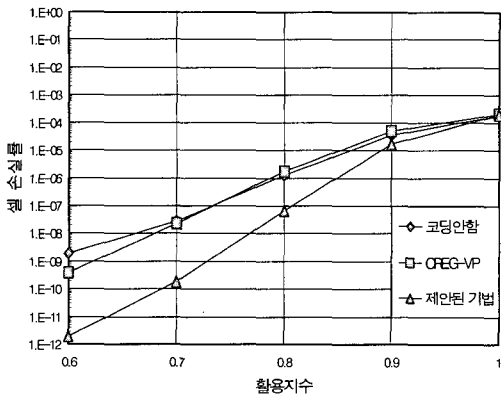


그림 8 활용지수 대 셀 손실률. ($N=17, M=17$, 큐크기 200)

Fig. 8. Utilization factor versus cell loss rate.
($N=17, M=17$, Queue size 200)

IV. 결론

본 논문에서는 CREG-VP 기법의 CRP를 변경하여 검출할 수 있는 연속적인 셀 손실의 수를 증가시켰고, 인터리브 패리티 셀을 사용하여 복구 할 수 있는 손실된 셀의 수를 증가시킨 개선된 CREG-VP를 제안하였다.

제안된 기법은 CREG-VP의 장점(평균 코딩/디코딩 시간이 짧으며, ATM 표준 셀 형식과 호환성 유지)을 유지하며, 셀 손실률을 현저하게 감소시켰다.

수치해석 결과 연속적인 셀 손실이 일어날 확률이 높고, 셀 손실률이 작은 경우 제안된 기법의 셀 손실률 감소 계수를 현저하게 향상시킴을 확인하였다.

시뮬레이션 결과 CREG-VP 기법은 여분의 셀에 의한 영향으로 큐의 크기에 비해 연속적인 손실 셀의 크기가 상대적으로 큰 경우 셀 손실률의 향상을 기대할 수 없으나, 제안된 기법은 연속적인 손실 셀의 크기에 따라 코딩 매트릭스의 크기를 적절하게 확장하여 셀 손실률을 향상시킬 수 있다.

참고 문헌

- [1] Subrahmanyam Dravida, Ravi Damondaram, "Error detection and correction options for data services in B-ISDN," IEEE Journal on Selected Area in Communications, pp.1484~1495, 1991.
- [2] Ernst W. Biersack, "Performance evaluation of Forward Error Correction in an ATM environment," IEEE Journal on Selected Area in Communications, pp.631~640, May 1993.
- [3] Hiroshi Ohta, Tokuhiko Kitami. "A cell loss recovery method using FEC in ATM networks," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, pp.1471~1483, 1991.
- [4] Alberto Leon-Garcia, *Probability and random processes for electrical engineering second edition*, pp.462~466, 1994.
- [5] 김승환, 임진수, "CBR과 버스트 트래픽원이 가해진 ATM 다중화기의 성능분석," 전자공학회 논문집, pp.633~638, 1994.
- [6] David E. McDysan, Darren L. Spohn, ATM theory and application, McGraw-Hill, pp.347~364, 1995.
- [7] Kenji Kawahara, Kazumi Kumazoe, Tetsuya Takine, Yuji Oie, "Forward Error Correction in ATM Network : An Analysis of Cell Loss Distribution in Block," Proc. of the IEEE Inforcom '94, pp.1150~1159, June, 1994.
- [8] Anna Hac, Xiaoyang Chu, "A new cell loss recovery method in ATM," IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing, pp.66~69, Aug. 1991.
- [9] 임효택, 송주석, "광대역 네트워크에서의 신뢰성 있는 통신방법," 한국통신학회논문집, 20권 제8호 pp.2258~2267, 1995.
- [10] HyoTaek Lim, DaeHun Nyang, "New sequence number for AAL 3/4 in ATM networks," IEICE Transaction on Communications, Vol. E80-B, No. 2, pp.379~380, Feb. 1997.
- [11] Grenville J. Armitage, Keith M. Adams, "Packet reassembly during cell loss," IEEE network, pp.26~34, 1993.

— 저 자 소 개 —



沈潤燮 (學生會員)

1990년 2월 : 인하대학교 전자공학과 학사 졸업. 1990년 3월~1997년 3월 : 국방과학연구소 연구원. 1999년 2월 : 인하대학교 전자공학과 전자통신공학 석사 졸업

주관심분야 : ATM, 컴퓨터 네트워크, 무선 ATM



千相勳 (學生會員)

1990년 2월 : 인하대학교 전자공학과 졸업. 1992년 2월 : 한국과학기술원 전기전자공학과 석사. 1992년 3월~1995년 8월 : 대우전자 연구원. 1995년 8월~현재 : 인하대학교 전자공학과 박사과정.

주관심분야 : ATM 트래픽 제어, 멀티미디어



郭慶燮 (正會員)

1977년 2월 : 인하대학교 전기공학과 학사 졸업. 1979년 2월 : 인하대학교 전기공학과 석사 졸업. 1981년 12월 : 미 Univ. of So. Calif. 전자공학 석사 졸업. 1988년 2월 : 미 Univ. of Calif. 통신 이

론 및 시스템 박사 졸업. 1988년 2월~1989년 2월 : 미 Hughes Network Systems 연구원. 1989년 2월~1990년 3월 : 미 IBM Network Analysis Center 연구원. 1990년 3월~현재 : 인하대학교 전자공학과 부교수. 1995년 1월~현재 : IEEE Seoul Section 총무 이사

주관심분야 : 위성 및 이동 통신, 멀티미디어 통신 등