

논문 2006-43TC-3-10

BcN망에서 다중화된 MPEG 비디오소스의 QoS 보장 방식

(A Study on Guaranteed Quality of Service in Multiplexed MPEG Video sources over BcN Network)

박 준 열*, 이 한 영**

(Joon Yul Park and Han Young Lee)

요 약

본 논문에서는 BcN 망에서 다중화된 MPEG 비디오 스트림을 전송 시 QoS를 보장하는 능동적 대역폭 할당 방법을 제안하였다. 실시간 처리를 위해 다중화 소스를 일정시간대별로 처리하는 '측정 대역폭 구간'으로 분류하고 단일 비디오 소스에서 사용되고 있는 선형예측 방법을 분석하여, 이 과정에서 만족할만한 품질 보장을 얻지 못할 경우 보다 효율적으로 QoS를 보장하기 위한 능동적 대역폭 할당방법으로 과할당과 재할당의 분배방식을 이용한 두 가지 보장 방법을 제안하였다. 특성이 서로 다른 네 가지 비디오 소스를 트래픽 발생시기가 불규칙적이게 다중화시켜 생성한 랜덤 다중화소스와, 프레임내 I 픽처의 배열을 고려해서 생성시킨 GOP 다중화소스를 만들어 모의실험을 하였고 이를 통해 선형예측 방법의 성능평가와 제안된 과 할당 및 재할당방법의 성능을 비교평가 하였다. 실험 결과, 과할당방법과 재할당 방법 모두 측정구간을 1.8초 이상으로 하면 0.9이상의 대역폭 이용계수값에서 목표 품질 보장을 만족하면서 낮은 대역폭 점유를 얻을 수 있었고, 특히 대역폭의 효율적 운용의 경우 재할당방법이 같은 조건하에서 더 좋은 성능을 보임을 알 수 있었다.

Abstract

In this paper, we propose Active bandwidth allocation scheme of multiplexed streamed MPEG video sequences over BcN network. In order to real time processing, multiplexed source is estimated by linear-prediction per measurement period. If the result target quality value were not sufficient, we proposed a over-allocation method and a reallocation one to guarantee QoS. We used two kinds of sources, one is random multiplexed source made of four different video sources, the other is the one considered the arrange of I frame in the sequence. With those sources, we analyzed the linear prediction, compared over-allocation with reallocation method. As a result, In both schemes, the objected target quality value is achieved, the sufficient value bandwidth under 10% when measurement period is over 1.8 sec, the utilization is over 0.9. Especially, the Target of quality value of the reallocation scheme is better at the same condition.

keywords : target quality, bandwidth allocation, MPEG (video stream)

I. 서 론

단일 비디오 소스들을 트래픽 시간대별로 다중화시킨 후, 측정구간(Measurement Period : mp)에 따라서 구간

내 스트림 패킷들의 현재, 그리고 이전의 값들을 선형 조합하는 선형예측(Linear Prediction)을 이용하고 측정 구간당 target quality을 만족시키기 위해서 과할당 방법(Overallocation Method)과 재할당 방법(Reallocation Method)을 수행하였다.

본 연구에서는 다중화 소스의 선형예측을 수행 하고 과할당방법과 재할당방법을 제안하였으며 실험 및 성능 평가를 통하여 타당성을 확인하였다.

II. 제안한 대역폭 할당 방안

본 논문에서는 가변 비트율 MPEG 비디오를 다중화

* 정회원, 홍익대학교 전자전기공학부
(School of Electronic and Electrical Engineering, Hongik University)

** 정회원, 시립인천전문대학 정보통신과
(Department of Information and Communication Engineering, Incheon City College)

※ 이 논문은 2005학년도 홍익대학교 학술연구조성비에 의함.

접수일자: 2005년12월19일, 수정완료일: 2006년3월14일

기에 입력하여 실시간처리와 QoS를 동시에 보장하는 대역폭 할당 방법을 제안하였다. MPEG 트래픽은 세 가지 픽처 유형이 GOP(Group of Pictures)에 의해 반복되는 구조를 가지며 보통 I : P : B 의 비율이 10 : 3 : 1 정도로 간주되어^[6] 전체 시퀀스는 유사 주기성(Pseudo Periodicity)을 가진다^[5].

프레임단위 기반의 선형예측^[2]을 동영상 비디오의 버스트한 성질을 완화시키고 다중화 소스에 적용하도록 그림 1 처럼 측정구간 mp단위로 적용하였다. 즉, 측정구간 간격으로 동일 측정구간내에서는 동일대역폭을 할당하는 것이다.

N개의 동영상 비디오 소스가 패킷 스트림 다중화기에 인가되었을 경우, 다중화 소스들은 패킷 단위로 나누어져 측정구간동안 합쳐지게 되고 이들의 현재, 그리고 이전의 값들 p개를 조합하여 적응선형예측을 수행하여 프레임크기를 예측하였다. 적응 선형예측 방식은 그림 2 와 같고 식 (1)~(4)에 나타내었다.

$$\widehat{mp}(n+k) = \sum_{l=0}^{p-1} w(l)mp(n-l) = \mathbf{w}^T \mathbf{mp}(n) \quad (1)$$

$$\mathbf{w} = [w(0), w(1), \dots, w(p-1)]^T$$

$$\mathbf{mp} = [mp(n), mp(n-1), \dots, mp(n-p+1)]^T$$

$$e(n) = mp(n+k) - \widehat{mp}(n+k) = mp(n+k) - \mathbf{w}^T \mathbf{mp}(n) \quad (2)$$

$$\nabla \xi = \nabla \{e^2(n)\} \quad (3)$$

$$= -2\{mp(n+k) - \mathbf{w}^T \mathbf{mp}(n)\} = 0$$

$$\mathbf{w}(n+1) = \mathbf{w}(n) + \frac{\mu e(n) \mathbf{mp}(n)}{\|\mathbf{mp}(n)\|^2} \quad (4)$$

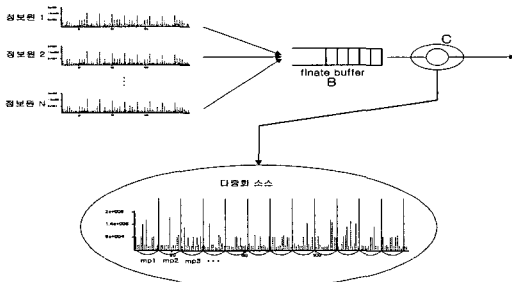


그림 1. 다중화 소스의 측정구간
Fig. 1. the mp of the mixed source.

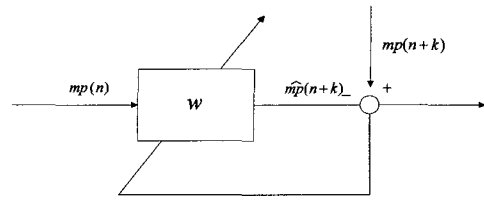


그림 2. 측정구간에 따른 적응 선형예측
Fig. 2. Adaptive linear prediction according to mp.

기존 대부분의 연구에서 사용되었던 대역폭 관리방식으로는 이전 프레임의 크기를 이용해서 다음 프레임 크기를 예측하는 방법은 망 내에서 프레임 주기(초당 24~30번)만큼 빠르게 동적으로 대역폭을 할당해주는 것이 매우 어렵기 때문에 이론적으로는 가능할 지라도 실제적으로 적용시키기에는 적절하지 못하다^[4].

실시간 비디오는 버스트한 특성이 매우 크므로 도착하는 셀이 갑자기 증가하였을 경우, 예측만으로는 특정한 측정구간에서는 필요한 대역폭보다 적게 할당해 목표치 품질 목표를 이루지 못할 수 있다.

대역폭 할당 메커니즘의 성능을 실험하기 위해 실제 비디오 데이터를 사용하였다. 비디오 소스로는 [6]에서 사용한 네 종류의 MPEG-1 비디오를 사용하였다. 각 소스는 일반 영화와 스포츠 영상에서 장면전환이 많고 활동도(activity)가 높은 2cops_1, 장면전환은 많지만 활동도가 낮은 2cops_2, 장면전환이 적고 활동도가 높은 100run, 그리고 장면전환도 적고 활동도도 낮은 sports 를 사용하였다. 장면전환과 활동도는 인간 시각에 의한 임의적인 판단에 의하였다. 소스는 한국방송공사(KBS)의 방송용 비디오(Betacam)와 한국통신의 MPEG 인코더(MPEG Lab suite, 1996, Optibase)으로 제작된 것으로 최대 출력 비트율의 제한이 없으며 일정화질을 가진다. 분석도구로는 windows 환경에서 visual C 프로그램

표 1. MPEG 비디오 소스의 부호화 특성
Table 1. Coding characteristics of MPEG video sources.

종류	영 화		스 포 츠	
	2cops_1	2cops_2	100run	sports
이름	2cops_1	2cops_2	100run	sports
시간(초)	106	67	30	17
프레임수	3168	2022	909	507
평균비트율	1.7Mbit/s			
GOP	IBBPBBPBBPBBPBB			
M	3			
N	15			
프레임/초	29.97			
해상도	352 × 264			
원본	투캡스1	투캡스1	올림픽 100m결승	KBS 스포츠

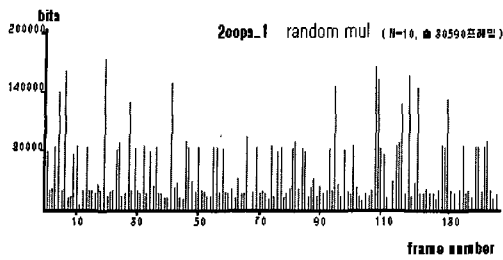


그림 3. 2cops_1 랜덤 다중화소스
Fig. 3. frame sequences of andom multiplexed source, 2cops_1.

밍과 신호 분석 소프트웨어 툴(tool)^[7]을 사용하였다. 소스의 통계적 특성은 표 1 과 같다.

다중화 소스는 2cops_1, 2cops_2, 100run의 2배, sports의 4배 프레임을 기본으로 하는 단일소스를 가지고 N(=5, 10, 15, 20)배의 랜덤 다중화 소스와 I 픽처의 겹침정도를 고려한 것 두 가지로 생성하였다. 그림 3에서와 같이 랜덤하게 생성된 다중화 소스는 I 픽처의 연속 구간이 전체의 5%정도가 겹쳐져 있음을 나타낸다.

실험에서는 두 가지 다중화 소스를 측정구간 mp값에 따라서 셀의 개수로 분리하여 적응 선형예측을 실시하였다. mp는 0.3초(9프레임)를 기본으로 2.0초 이상을 실험하였고, p의 차수는 다른 조건들이 일정한 상황에서 가장 예측이 정확할 때의 차수로 실험하였다. 그 결과 N이 5와 10인 경우는 p를 5로, N이 15인 경우에는 6을, N이 20일 때는 9를 선택하였다. 스텝의 크기 μ 는 0.5로 고정하였다. 적응 선형예측의 웨이트 w는 온라인 알고리즘으로 사용할 수 있는 NLMS(Normalized LMS)를 사용하여 업데이트(Update)하였다.

N=5, 10인 2cops_1 다중화 소스에 대한 예측 결과 target quality과 COR을 표 2 에 나타내었다. 실험 결과, N과 mp를 증가시키에 따라 target quality이나 COR이 감소하였으나 mp값의 증가에 비해서는 감소율이 크지 않았다. I 픽처배열을 고려한 다중화소스의 target quality이나 COR이 랜덤 다중화소스에 비해 약간의 성능향상이 있었지만 주목할 정도는 아니었다. 따라서 I 픽처의 연속이나 이와 비슷한 트래픽의 급격한 증가는 전체 알고리즘의 성능에는 큰 변수로 작용하지 않음을 보여준다. 전체적으로는 선형예측 방법은 다중화소스의 target quality이 전체 목표치 CLR ϵ 10^{-5} 을 만족시키지 못하였다. 따라서 측정구간내에서 대역폭 할당시 target quality을 만족시키기 위한 CLR 개선과정이 필요함을 알 수 있었다.

다음으로는 target quality을 만족시켜 원하는 QoS를

표 2. 2cops_1 다중화소스의 선형예측 결과
Table 2. the result of linear prediction of the multiplexed source, 2cops_1.

mp (sec)	RANMUL*		GOPMUL**		
	target quality	COR	target quality	COR	
N=5	0.3	0.105934	0.087495	0.099314	0.084757
	0.6	0.069759	0.040846	0.056733	0.040353
	0.9	0.044618	0.031980	0.041822	0.030079
	1.2	0.034448	0.024209	0.032141	0.022261
	1.5	0.024607	0.025758	0.023320	0.023766
	1.8	0.017667	0.019344	0.015644	0.017563
	2.1	0.019503	0.014544	0.020158	0.012985
2.4	0.011797	0.015729	0.011882	0.015844	
N=10	0.3	0.098623	0.075766	0.099159	0.076871
	0.6	0.072380	0.056289	0.066344	0.054212
	0.9	0.063796	0.040545	0.055972	0.037629
	1.2	0.037713	0.031773	0.035991	0.030483
	1.5	0.035126	0.031193	0.033472	0.028565
	1.8	0.021846	0.030638	0.021278	0.030342
	2.1	0.030354	0.026103	0.027724	0.022892
2.4	0.022539	0.024913	0.022408	0.022860	

* RANMUL : 랜덤 다중화 소스

**GOPMUL : I 픽처배열고려한 다중화소스

이룰 수 있도록 과할당 방법과 재할당 방법을 사용하여 앞의 선형예측 이후에 목표로 하는 ϵ 을 만족하도록 하였다. 목표치 target quality 10^{-5} 를 얻기 위하여 선형예측에서 사용한 다중화 소스들을 가지고 예측기 차수 p와 스텝크기 μ 를 고정시키고 다른 인자들을 변화시키면서 실험을 수행하였으며 다중화소스의 종류에 따른 최적치 결과값의 차이가 미미하므로 랜덤 소스만으로 실험하였다.

먼저 과할당 방법에서는 선형예측한 대역폭을 대역폭 이용 계수를 이용하여 초과 대역폭을 할당하였다. 실험 결과는 target quality의 만족여부와 이 때의 COR을 기준으로 평가하고 ρ 값을 1.0에서 0.5까지, mp를 0.3초에서 2.4초까지 변화시켜 target quality과 COR을 측정하였다.

그림 4는 측정구간과 대역폭할당계수 변화에 따른 과할당 방법에서의 target quality을, 그림5는 COR을 나타내었다.

재할당 방법에서 Δ 는 mp로 0.3초에서 2.4초까지 변화시켰다. 선형 예측의 실패확률 τ 는 단일소스 실험에서 구한 최악의 조건(Worst Case)하의 최대값인 0.1로 대체하였다. 재할당의 평가는 과할당 방법과 마찬가지로 target quality과 COR을 사용하였다.

그림 6 에 측정구간과 대역폭할당계수 변화에 따른 재할당 방법에서의 target quality을, 그림 7에 COR을

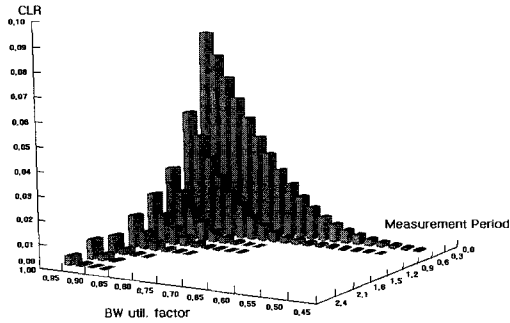


그림 4. 2cops_1 랜덤 다중화소스(N=5) 과할당 방법의 target quality
Fig. 4. target quality of overallocated RANMUL, 2cops_1 (N=5).

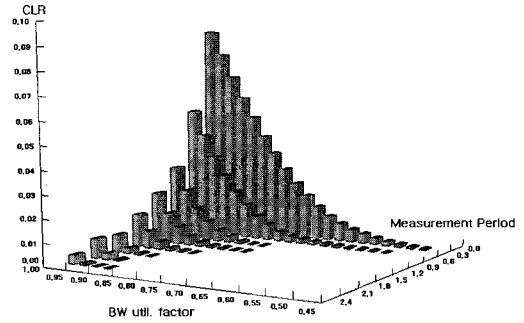


그림 6. 2cops_1 랜덤 다중화소스(N=5) 재할당 방법의 target quality
Fig. 6. target quality of reallocated RANMUL, 2cops_1 (N=5).

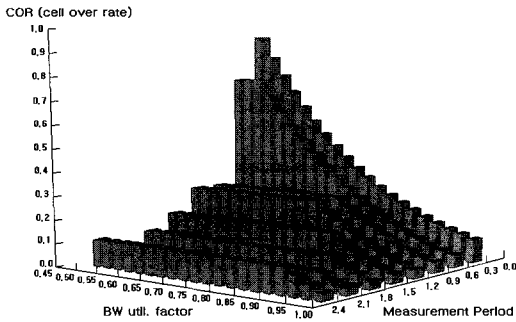


그림 5. 2cops_1 랜덤 다중화소스(N=5) 과할당 방법의 COR
Fig. 5. COR of overallocated RANMUL, 2cops_1 (N=5).

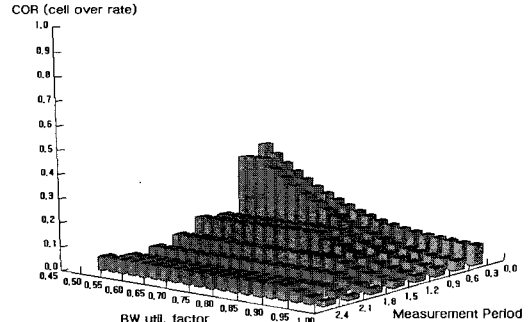


그림 7. 2cops_1 랜덤 다중화소스(N=5) 재할당 방법의 COR
Fig. 7. COR of reallocated RANMUL, 2cops_1 (N=5).

나타내었다.

이와 같이 실행한 실험 결과는 다음과 같다.

① target quality 측면 : 과할당 방법과 재할당 방법에서 거의 비슷한 target quality 값을 나타내었다. 그 이유는 목표로 하는 target quality 값이 10^{-5} 로 굉장히 작은 값이어서 적은 양의 셀 손실로도 $L_{mp}(n)$ 값을 초과하여 같은 양의 대역폭이 할당되기 때문이다. 대역폭 할당계수 ρ 가 같은 경우, 측정구간이 증가함에 따라 처음에는 급격히 나중에는 완만히 target quality이 감소함을 보였다. 측정구간이 2.0초 이상인 경우에는 target quality의 크기가 거의 일정하게 나타났다. 측정구간 mp 가 같은 경우, 기대한 대로 ρ 가 작아질수록 target quality이 감소하였다. 여기서 주목할 점은 mp 가 1.5초 이상인 경우 ρ 를 0.9정도로 취하면 목표치 target quality 10^{-5} 을 얻을 수 있었다. I 픽처의 배열을 고려해서 얻은 다중화소스가 랜덤하게 얻은 소스에 비해서 target quality이 약간 감소하였지만, 두드러지게 감소하는 것은 아니었다. 이것은 mp 가 커질수록 다중화 이득이 커

져서 GOP 구조를 고려해서 얻은 효과가 감소하는 것으로 보인다.

② COR측면 : 목표로 하는 target quality를 얻었을 경우 COR을 측정하였다. 대역폭 할당계수 ρ 가 같은 경우, mp 가 커질수록 COR이 감소하였다. 측정구간 mp 가 일정한 경우에는 대역폭 할당계수 ρ 가 작아질수록 COR이 감소하였고 이 때 COR을 만족하면 ρ 값을 일정하게 유지하였다. 과할당 방법의 경우 mp 를 1.8초 이상으로 하면 0.9이상의 ρ 값에서 10%이하의 COR을 얻을 수 있었다. 재할당 방법의 경우에는 5%정도로 감소하였다. 전체적으로는 재할당 방법을 사용하면 과할당 방법을 사용한 것에 비하여 약 50%로 COR을 줄일 수 있었다.

그림 8 에서 측정구간의 실제값과 선형예측값, 과할당값과 재할당값을 보였다. 그림에서와 같이 과할당방법은 패킷 손실이 일어나지 않는 구간에서도 초과대역폭할당을 해주는 반면 재할당방법은 패킷 손실이 일어난 경우에만 대역폭을 할당해 줌을 알 수 있다.

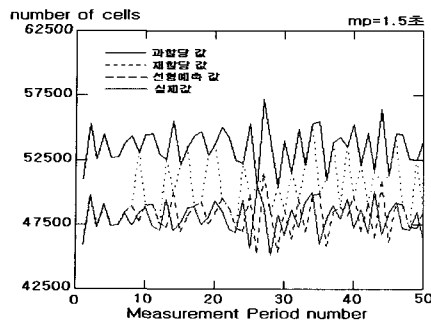


그림 8. 2cops_1 랜덤 다중화소스(N=5, mp=1.5초)의 과할당 값과 재할당 값의 비교

Fig. 8. Comparison of overallocated value and reallocated value of RANMUL, 2cops_1(N=5, mp=1.5sec).

IV. 결 론

본 논문에서는 가변 비트율을 갖는 MPEG 비디오의 특성을 이용하여 다중화된 MPEG 비디오 데이터 전송 시 실시간 동적 대역폭 할당방법을 제안하였다. 동적 대역폭 할당방법의 성능비교를 위해서 특성이 서로 다른 네 가지 단일 비디오소스로 GOP구조의 고려 유무에 따라 다중화소스 두 가지를 고려하여 실험하였다. 실시간 적응 선형예측 방법으로 다음 측정구간 품질 목표값을 예측하였고 목표로 하는 target quality 값을 만족시키도록 과할당과 재할당 두 가지 방법을 이용하여 대역폭을 할당하였다. 그 결과과할당방법과 재할당 방법 모두 측정구간을 1.8초 이상으로 하면 0.9이상의 대역폭 이용계수값에서 목표 품질 보장을 만족하면서 낮은 대역폭 점유를 얻을 수 있었고, 특히 대역폭의 효율적 운용의 경우 재할당방법이 같은 조건하에서 더 좋은 성능을 보임을 알 수 있었다. 재할당방법을 사용해서 목표로 하는 target quality를 얻으면서 과할당방법보다 초과셀율을 약 50% 줄일 수 있었다. 또한 I 픽처의 배열에 상관없는 다중화 트래픽의 대역폭 할당 방법을 제안하고 파라미터값의 정량적인 제시를 하였다.

참 고 문 헌

- [1] Pramod Pancha and Magda El Zarki. "Bandwidth-Allocation Schemes for Variable-Bit-Rate MPEG Sources in BcN Networks", *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Techn.* Vol. 3, No. 3 June 1993 pp.102-105
- [2] Jean-Lien C. Wu, Yen-Wen Chen, and

Chia-Chang Shiu, "Traffic Modeling and Bandwidth Allocation for MPEG Video Sources in BcN Networks", *IEEE* 1995 pp. 76-98

- [3] A. Adas. "Supporting Real Time VBR Video Dynamic Reservation Based on Linear Prediction", *Proc. IEEE NFOCOM '96*, pp.1476-1483, 1996.
- [4] Hon-Wai chu, Danny H.K. Tsang. "Dynamic Bandwidth Allocation for Real-time VBR Video Traffic in BcN Networks", *IEEE* 1997.
- [5] Didier J. LeGall. "The MPEG Video Compression Algorithm", *Signal Processing Image Comm.* 4, pp. 129~140, 1992.
- [6] I. Hsu, J. Walrand. "Dynamic bandwidth allocation for BcN switches", *Journal of Applied Probability* Vol.33, no.3, pp.758~771, Sept. 1996.
- [7] S. Rampal, D. S. Reeves, I. Viniotis "Dynamic resource allocation based on measured QoS", *Technical Report TR 96-2*, North Carolina State University
- [8] 노병희, 김재균. "ATM망에서의 임의의 시작 시간 배열을 갖는 다중화된 가변 비트율 MPEG 비디오 트래픽의 성능 해석", 한국통신학회
- [9] 최장원 "ATM망에서의 MPEG 비디오 모델링에 관한 연구", 홍익대학교 전자공학과 석사 학위 논문 1998.
- [10] R. Vandenhouten, M. Rasche, H. Tentmeier, G. Goebbels. wxWindows SANTIS 1.1 (c)1995~1996 Inst. of Physiology, RWTH Aachen.

저 자 소 개



박 준 열(정회원)
 1974년 서울대학교
 응용수학과 (공학사)
 1979년 서울대학교
 전자공학과 (석사)
 1986년 서울대학교
 전자공학과 (박사)

1980년~현재 홍익대학교 전자공학과 교수
 1988년~1989년 City University(London)
 객원교수
 <주관심분야 : 제어시스템, RFID>



이 한 영(정회원)
 1978년 홍익대학교
 전자공학과 (학사)
 1982년 건국대학교
 전자공학과 (석사)
 1996년~현재 홍익대학교
 전자공학과 박사과정

현재 시립인천전문대학 정보통신과 교수
 <주관심분야 : BcN, QoS, RFID/USM>