

Optical Burst Switching Network에서 TCP 성능을 고려한 Drop Policy

정회원 송주석*, 준회원 김래영*, 김현숙*, 김효진*

Drop Policy Considering Performance of TCP in Optical Burst Switching Networks

Joo-seok Song* *Regular Member*,
Lae-young Kim*, Hyun-sook Kim*, Hyo-jin Kim* *Associated Members*

요 약

OBS 네트워크에서 contention으로 인한 burst의 drop은 TCP의 성능에 중요한 영향을 끼치는 요소이나, 기존의 drop policy에서는 이를 고려하지 않으며 TCP에 대한 연구로는 burst의 assembling이 주를 이루고 있다. 본 논문에서는 OBS 네트워크에서 TCP의 재전송 문제를 drop policy와 연계하여 TCP의 성능을 향상시키고자 한다. 본 논문에서 제안하는 drop policy는 burst의 재전송 횟수가 drop을 결정하는데 있어서 priority로 작용하는 Retransmission Count-based DP(RC-based DP)이다. RC-based DP 모델과 general DP 모델의 성능을 ns-2를 이용한 시뮬레이션을 통해 평가하며, 이 때 시간의 변화에 따른 TCP throughput, 목적지에서 수신한 최고 Sequence 번호, 패킷의 drop rate을 비교 분석한다.

Key Words : OBS; Drop Policy(DP); TCP; retransmission count, throughput; drop rate.

ABSTRACT

In OBS networks, the burst dropping due to contention significantly affects the performance of TCP, but existing drop policies have not considered this problem and researches related to TCP have been mainly studied on burst assembling. We propose the drop policy considering retransmission of TCP to improve the performance of TCP in OBS networks. The proposed drop policy is the Retransmission Count-based DP that regards retransmission count of bursts as priority when it selects dropping burst. This paper evaluates the performance of RC-based DP model and general DP model using ns-2. The metrics of performance evaluation are TCP throughput, maximum sequence number of received TCP packets and drop rate of packet as simulation time increases.

I. 서 론

전 세계적으로 인터넷 사용이 폭발적으로 증가함

에 따라 인터넷 트래픽이 해마다 급속도로 증가하고 있다. 이로 인해 기존의 일렉트로닉 스위치(electronic switch)와 전송기술은 한계에 다다르게 되었으며, 보다 새롭고 진보한 인터넷 인프라가 필

* 연세대학교 컴퓨터과학과

논문번호 : 030371-0825, 접수일자 : 2003년 8월 26일

※ 이 논문은 2002년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음 (KRF-2002-041-D00393).

요하게 되었다.

광 인터넷은 광 스위칭과 DWDM(Dense Wavelength Division Multiplexing) 기술로 인해 제공되는 방대한 대역폭을 이용하여, 보다 많은 데이터를 보다 빠르게 처리하는 진보된 인터넷 기술이다.

광 인터넷을 위한 스위칭 기술로는 Optical Circuit Switching(OCS), Optical Burst Switching(OBS) 그리고 Optical Packet Switching(OPS)이 있는데 그 중 OBS^[1]는 OCS와 OPS의 장점을 취하고 단점을 보완한 기술이라고 할 수 있다.

OBS 네트워크에서 활발히 연구되는 사안으로 drop policy가 있다. OBS 네트워크에서 두개의 burst가 동시에 동일한 링크상의 동일한 wavelength를 사용하려고 할 때 contention이 발생한다. Contention이 발생하면 contention을 일으킨 burst 중 하나의 burst만이 성공적으로 전송되고 남은 다른 burst는 drop되는데, drop policy는 이 때 어떤 burst를 drop시킬지를 결정하는데 필요한 정책이다.

Drop policy와 관련한 연구가 많이 있는데, drop되거나 error가 발생한 패킷에 대해 재전송을 하는 특성을 갖는 TCP의 성능을 고려한 drop policy는 존재하지 않는다.

TCP 성능과 관련해서는 주로 burst의 assembling과 연계한 연구^{[3][4]}가 있으나, drop된 burst의 재전송 문제도 TCP의 성능에 중요한 영향을 끼치는 요소이다. 이는 OBS 네트워크상에서 drop된 burst에 대한 재전송이 적절히 이루어지지 않을 경우, TCP는 이로 인해 congestion control algorithm^[6]을 수행할 것이며 이는 TCP의 성능에 저하를 가져올 것이기 때문이다. 이에 본 연구에서는 contention이 발생한 경우 burst의 재전송 횟수가 가장 큰 burst를 계속 전송하고 나머지 burst를 drop시키는 policy를 제안하고자 한다.

2장에서는 우선 기본적인 OBS의 동작에 대해 살펴보고, 3장에서는 기존의 drop policy에 대하여 알아본다. 4장에서는 본 논문에서 제안하는 TCP 성능을 고려한 drop policy를 설명한다. 5장에서는 TCP 성능을 고려한 drop policy를 적용한 OBS 네트워크의 성능을 TCP throughput, 목적지에서 수신한 TCP 패킷의 최고 Sequence 번호 그리고 패킷의 drop rate을 토대로 평가한다. 마지막으로 6장에서는 결론을 맺는다.

II. Optical Burst Switching(OBS)

OBS 네트워크에서의 데이터전송의 기본단위는 burst로, burst는 다수개의 데이터 패킷으로 구성되며 ingress node에서 assembling된다. 그림 1에서 볼 수 있듯이 burst에 앞서 control packet(또는 header)이 burst의 전송경로를 설정하기 위해 보내지며, burst는 경로가 잘 설정되었다는 응답(acknowledgement)을 기다리지 않고 base offset time T후에 전송된다^[2]. Base offset time T는 burst의 송신자인 ingress node(S)와 burst의 목적지인 egress node(D) 사이의 control packet이 거쳐야할 중간노드의 수 H와 각 중간노드에서의 control packet의 처리시간 δ (i)에 따라 결정된다. 즉, $T \geq H * \delta$ (i)이다. 그림 1에서는 H가 3이고 δ (i)는 모든 노드에서 동일한 값 δ 를 갖는다고 가정하였다.

임의의 노드 i에서 control packet은 T(i)시간 후에 오는 burst를 위하여 필요한 자원(대역폭)을 예약하게 된다. 그림 2는 이러한 대역폭 예약과정을 보여준다. t_a 와 t_b 를 각각 control packet과 burst의 도착시간이라 하고, l을 burst의 duration이라 하자. control packet은 대역폭을 자신의 도착시간인 t_a 에 예약하는 것이 아니고, 대응하는 burst의 도착시간인 t_b 부터 burst의 duration인 l만큼 예약한다. 이러한 과정을 delayed reservation이라 한다. 또한 이와 같은 reservation scheme을 JET(Just-Enough-Time) 시그널링이라고 일컬으며 JET scheme을 사용하는 OBS 네트워크를 JET-based OBS 네트워크라고 한다.

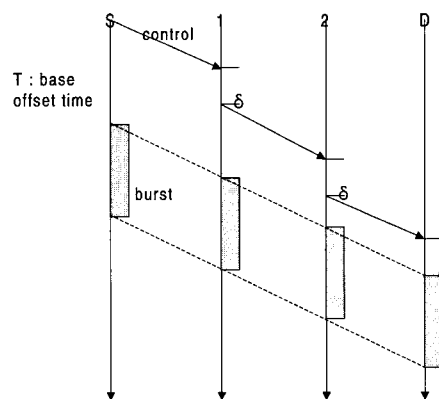


그림 1. OBS의 동작

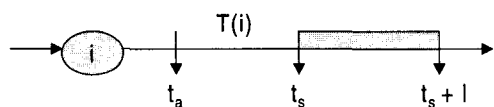


그림 2. OBS에서의 대역폭 예약

Burst는 control packet에 의해 미리 예약된 경로를 통해 O/E/O의 변환을 전혀 거치지 않고 all-optical하게 전송된다.

III. OBS 네트워크에서의 Drop Policy

OBS 네트워크에서 하나의 burst는 다수개의 패킷으로 이루어지므로, 일반적으로 그 크기가 패킷에 비하여 무척 크다고 볼 수 있다. 따라서 하나의 burst의 손실은 네트워크 전체의 loss rate에 중요한 영향을 미칠 수 있으므로, burst의 survivability 뿐만 아니라 burst간의 contention 발생 시 어떤 burst를 drop시킬 것인지를 결정하는 drop policy가 중요한 이슈가 될 수 있다.

기존의 선행 연구에서는 burst의 contention을 해결하고자 다양한 contention resolution 메커니즘들이 연구되어 왔으며, 그와 더불어 적절한 drop policy가 사용되어졌다. Contention resolution에 대한 내용은 이 논문의 범위를 벗어나므로 여기에서는 생략하기로 한다. 기존의 연구에서 보이는 drop policy들은 명백하게 분류되어 있거나, 정의되어 있지는 않지만, 크게 general drop policy와 priority-based drop policy로 나누어 볼 수 있다.

3.1 General Drop Policy(DP)

이 방식은 contention이 발생하였을 때, 일반적으로 시간상 먼저 채널을 점유하게 되는 burst(original burst)를 살리고, 나중에 도착하여 contention을 발생시킨 burst(contending burst)를 drop시키는 정책을 말한다. 이 방법은 일반적인 drop-tail queue와 유사한 방식이라고 볼 수 있다.

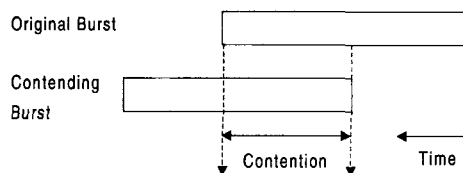


그림 3. Contention

3.2 Priority-based Drop Policy(DP)

이 방식은 contention을 일으킨 burst들의 priority를 고려하여 drop시킬 burst를 결정하는 방식이다. Priority는 ingress node측에서 부여할 수도 있고, intermediate node에서 네트워크의 상태에 따라 priority를 조정하는 메커니즘도 있다.

[2]에서 제안한 offset-time-based QoS 방안에서는 burst를 assembling하여 OBS 네트워크로 전송하는 ingress node에서 QoS class에 따라 base offset time과 구분되는 extra offset time을 추가로 설정한다. 이 때 burst의 priority가 클수록 더 큰 값을 extra offset time에 지정함으로써 class isolation을 구현한다. 이 방안에서는 extra offset time이 drop될 burst를 결정짓는 priority로 작용한다.

[5]에서 제안하고 있는 LDR(Limited Deflection Routing)은 contention을 해결하고자 deflection routing을 보완한 메커니즘이며, priority-based DP를 사용한다. 이 방안에서는 burst의 priority를 결정짓는 요인으로 contention이 발생한 intermediate node로부터 egress node까지의 남은 hop 수, burst가 앞으로 지나가게 될 path의 평균 blocking probability 그리고 burst의 길이 등을 언급하고 있다. 이와 같은 요소들을 priority의 기준으로 정의한 이유는 궁극적으로 네트워크의 전체 burst loss rate을 줄이기 위한 노력의 하나라고 할 수 있다.

IV. TCP 성능을 고려한 Drop Policy

OBS 네트워크에서 TCP와 관련된 기존의 연구에서는 주로 ingress node에서 burst가 assembling될 때 소요되는 delay가 TCP의 성능에 영향을 줄음 보이고 있다^{[3][4]}. 그런데 burst의 assembling에 걸리는 delay 뿐만 아니라 burst의 drop 역시 TCP의 성능에 영향을 끼치는 요소이다. 만약 drop된 burst에 대한 재전송이 적절히 이루어지지 않을 경우, 패킷을 보낸 소스단의 TCP는 이로 인해 congestion control algorithm^[6]을 수행할 것이며 이는 TCP의 성능에 저하를 가져올 수 있다. 따라서 burst의 drop을 적절히 처리해줄 필요가 있다. 본 논문에서는 contention이 발생하여 drop시킬 burst를 선택 시 burst의 재전송 횟수가 priority로 작용하는 drop policy를 제안하고자 한다.

본 논문에서 제안하는 Retransmission Count-based DP(RC-based DP)를 위해서는 burst의 control

packet에 "Retransmission Count"라는 필드가 추가 되어야 한다. 이 필드의 초기값은 0이다. 즉, ingress node에서 burst를 assembling한 후 이를 OBS 네트워크로 맨 처음 전송하는 경우에는 "Retransmission Count" 필드의 값은 0으로 설정된다.

Control packet이 burst를 위한 전송경로를 예약 하기 위해 OBS 네트워크를 지나다가 어떤 intermediate node에서 contention이 발생한 경우, 그 노드는 drop되는 burst에 대해서 ingress node로 NAK 메시지를 보냄으로써 경로예약이 실패했음을 알리게 된다. 이러한 NAK 메시지에도 "Retransmission Count" 필드가 포함되어야 한다.

본 논문에서는 일반적인 burst의 priority는 존재 하지 않는다고 가정하며, 그림 4에서 보여주는 RC-based DP의 동작을 자세히 살펴보면 다음과 같다.

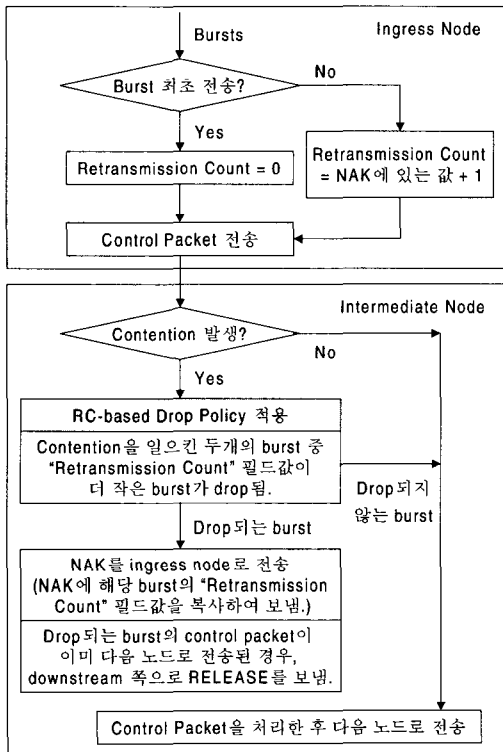


그림 4. RC-based drop policy의 동작

1) Ingress node가 처음으로 전송되는 burst의 control packet에 있는 "Retransmission Count" 필드값을 0으로 설정하여 control packet을 전송 한다.

2) Intermediate node에서 contention이 발생한 경우, RC-based DP를 적용한다. 즉, contention을 일으킨 두개의 burst에 대해 "Retransmission Count" 필드값을 비교하여, 그 값이 더 작은 burst를 drop시킨다.

만약 "Retransmission Count" 필드값이 서로 동일하다면 general DP처럼 original burst를 계속 전송하고, contending burst를 drop시킨다.

3) Drop되는 burst에 대한 처리를 다음과 같이 수행한다.

3-1) Drop되는 burst에 대해서는 contention이 발생한 intermediate node에서 ingress node로 경로예약이 실패했음을 알리는 NAK 메시지를 보낸다. 이때 NAK 메시지의 "Retransmission Count" 필드값은 해당 burst의 control packet에 있는 값을 복사한 것이다.

3-2) Drop되는 burst의 control packet이 이미 contention이 발생한 노드를 지나서 다음 노드로 전송된 경우가 있을 수 있다. 이런 경우에는 downstream 쪽으로 RELEASE 메시지를 보내어 이미 예약된 자원(대역폭)을 해제한다.

4) NAK 메시지를 받은 ingress node는 재전송해야 하는 burst의 control packet의 "Retransmission Count" 필드값을 NAK 메시지에 있는 "Retransmission Count" 필드값 + 1로 설정하여 control packet을 다시 전송한다.

5) Intermediate node에서 contention이 발생하지 않았거나, contention으로 인해 drop policy를 적용하여 계속 전송되어야 하는 burst를 선택한 후에는 해당 burst의 control packet을 처리하여 자원(대역폭)을 예약한 다음 이를 다음 노드로 전송한다.

물론 이 동작에서 ingress node는 control packet을 전송하고 base offset time이 지나면 해당 burst를 전송하게 된다.

V. 성능 평가

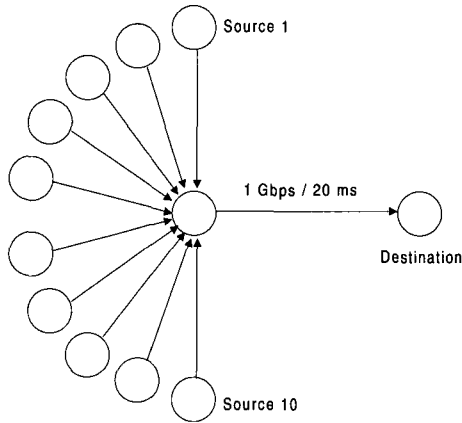


그림 5. 시뮬레이션 토폴로지

본 논문에서 제안하는 RC-based DP를 적용한 모델과 기존의 general DP를 적용한 모델의 성능을 비교, 평가하기 위해 ns-2^[7]를 사용하여 시뮬레이션 하였다. 그림 5는 시뮬레이션 토폴로지를 보여준다^[8]. 이는 TCP의 성능을 평가하기 위해 OBS 네트워크를 단순화한 토폴로지로서 10개의 source가 TCP 및 UDP 트래픽을 destination으로 전송하는데, TCP의 경우 각 source와 destination 쌍마다 session을 2개씩 생성하였다. TCP의 경우 ftp 트래픽이 전송되며, UDP의 경우 exponential하게 분포된 트래픽이 전송된다. Burst 하나의 크기는 1 Mbyte로 동일하며, RC-based DP와 general DP를 적용한 모델 모두 drop된 burst의 재전송이 고려되었다.

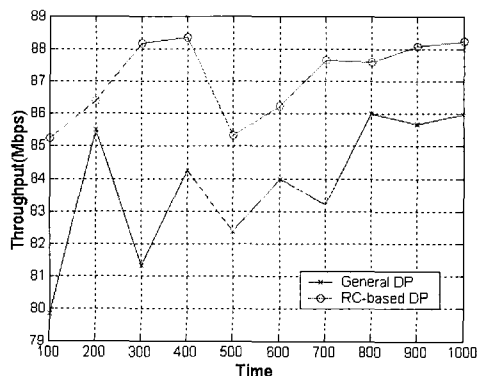


그림 6. TCP throughput

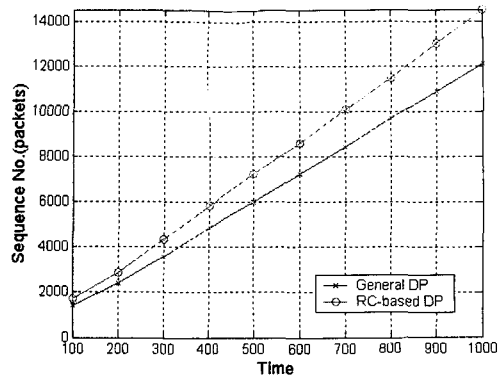


그림 7. TCP 패킷의 Sequence No.

그림 6은 기존의 general DP와 제안하는 RC-based DP를 사용한 모델의 시간 변화에 따른 TCP의 throughput을 비교한 그래프이다. 시뮬레이션 타임(sec)이 증가함에 따라 destination이 초당 받은 TCP 패킷의 양을 Mbps로 나타낸 이 그래프는 general DP 모델이 평균 83.82 Mbps를 받는 반면, RC-based DP 모델은 평균 87.13 Mbps로 제안한 방식이 평균적으로 약 3.3 Mbps의 성능향상을 보이며, 최고 6.84 Mbps의 차이를 나타낸다.

그림 7은 시뮬레이션 타임에 따른 destination이 수신한 TCP 패킷의 Sequence 번호를 나타낸 그래프로 이는 destination이 수신한 데이터의 양을 살펴볼 수 있는 하나의 지표가 될 수 있다. 시뮬레이션 타임이 증가함에 따라 general DP와 RC-based DP를 사용한 모델이 받은 최고 Sequence 번호의 차이는 점점 커지며, 평균적으로 RC-based DP 모델이 받은 패킷의 Sequence 번호가 약 19.6% 정도 크다.

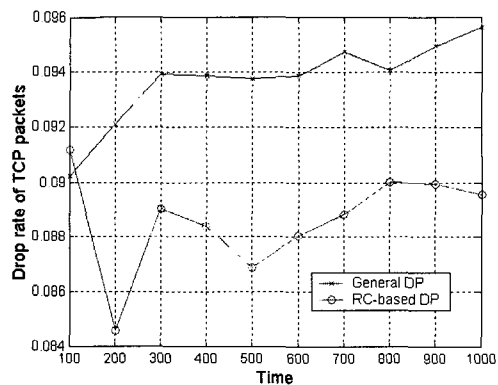


그림 8. TCP 패킷의 drop rate

그림 8은 두 모델에서 나타난 TCP 패킷의 drop rate을 보여주고 있다. 제안하는 RC-based DP 모델의 경우 평균 8.8×10^{-2} 의 drop rate을 가지며, 9.3×10^{-2} 의 drop rate을 보이는 general DP 모델과 비교하여 약 5% 낮은 drop rate을 나타내고 있다.

표 1. Average end-to-end delay (sec)

General DP	RC-based DP
0.302	0.319

마지막으로 표 1에서는 두 모델의 패킷당 평균 end-to-end delay를 비교하고 있는데, 제안하는 RC-based DP 모델이 약 0.0168 sec 정도 지연됨을 보이고 있으나, 이는 고속의 optical 네트워크의 특성상 수용할 만한 차이로 할 수 있다.

VI. 결 론

본 논문에서는 TCP의 특성을 고려하여 OBS 네트워크에서 burst의 재전송 횟수에 기반을 둔 drop policy를 제안하고 있으며, 이 기법은 OBS 네트워크에서 TCP가 보다 효율적으로 동작할 수 있도록 한다. Burst의 contention 발생 시 재전송 횟수가 더 큰 burst가 더 높은 우선 순위를 갖는 것으로 간주하는 RC-based DP는 general DP와 비교하여 TCP의 throughput을 높일 뿐 아니라, TCP 패킷의 drop rate 측면에서 또한 보다 좋은 성능 평가 결과를 보인다. 뿐만 아니라, 시뮬레이션 결과 평균 end-to-end delay는 OBS 네트워크가 수용할만한 작은 차이를 보인다.

향후 연구 과제로써, 본 논문에서 제안한 RC-based DP를 수많은 소스로부터 영향을 받게 되는 burst의 assembling 메커니즘과 연계하여 OBS 네트워크에서의 TCP 성능을 더욱 높일 수 있도록 개선하고자 한다.

참 고 문 헌

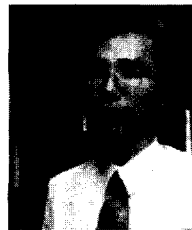
[1] C. Qiao, M. Yoo, "Optical burst switching (OBS)-A new paradigm for an optical internet," J. High Speed Network, vol.8, pp.69-84, 1999.
 [2] M. Yoo, C. Qiao, S. Dixit, "Optical Burst

Switching for Service Differentiation in the Next-Generation Optical Internet," IEEE Commun. Magazine, pp.98-104, Feb. 2001.

[3] S. Gowda, R.K. Shenai, K.M. Sivalingam, H.C. Cankaya, "Performance evaluation of TCP over optical burst-switched (obs) wdm networks," Proc. ICC '03, Volume:2, pp.1433-1437, May 2003.
 [4] A. Detti, M. Listanti, "Impact of segments aggregation on TCP Reno flows in optical burst switching networks", Proc. INFOCOM 2002, Volume:3, pp.1803-1812, June 2002.
 [5] H.S. Kim, S.K. Lee, J.S. Song, "Optical Burst Switching with Limited Deflection Routing Rules", IEICE Trans. Commun. Vol.E86-B, No.5, pp.1550-1554, May 2003.
 [6] M. Allman, V. Paxson, W. Stevens, "TCP Congestion Control," RFC 2581, April 1999.
 [7] The Network Simulator - ns-2
<http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
 [8] S. Y. Wang, "Using TCP Congestion Control to Improve the Performances of Optical Burst Switched Networks," Proc. ICC '03, Volume:2, pp.1438-1442, 2003.

송 주 석(Jool-seok Song)

정회원



1976년 2월 : 서울대학교 전기 공학과 학사
 1979년 2월 : 한국과학기술원 전기·전자공학과 석사
 1988년 2월 : University of California at Berkeley Ph.D

1997년 3월~현재 : 연세대학교 컴퓨터과학과 교수

<관심분야> 유·무선통신, 정보보호

김 래 영(Lae-young Kim)

준회원



1994년 2월 : 이화여자대학교
전자계산학과 학사
2002년 8월 : 연세대학교 컴퓨
터과학과 석사
2002년 9월~현재 : 연세대학
교 컴퓨터과학과 박사과정

<관심분야> 유·무선통신, 정보보호

김 현 숙(Hyun-sook Kim)

준회원

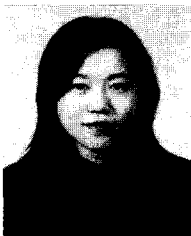


1997년 2월 : 덕성여자대학교
전산학과 학사
1999년 8월 : 연세대학교 컴퓨
터과학과 석사
1999년 9월~현재 : 연세대학
교 컴퓨터과학과 박사과정

<관심분야> 유·무선통신, 정보보호

김 효 진(Hyo-jin Kim)

준회원



2002년 2월 : 연세대학교 기계
전자공학부 정보산업공학
전공 학사
2002년 3월~현재 : 연세대학
교 컴퓨터과학과 석사과정

<관심분야> 유·무선통신, 정보보호