

EPON의 무선네트워크 적용 및 핸드오버 알고리즘

준회원 조원국*, 정준희*, 박재욱*, 최병철*, 종신회원 박영일*

Application of EPON to Wireless Network and Handover Algorithm

Wonkuk Cho*, Junhoi Chung*, Jaeuk Park*, Byungchul Choi*, Associate Members,
Youngil Park* Lifelong Member

요 약

차세대 무선망의 인프라 구조로써 현재 광가입자망에 적용되고 있는 EPON의 사용을 제안하였다. 제안된 구조는 광파이버 설치비용을 크게 줄일 수 있고, 그룹 셀 개념을 도입하여 핸드오버 지연시간의 주 발생원인 3계층 핸드오버의 발생 횟수를 대폭 줄일 수 있다. 본 연구에서는 EPON의 특성을 활용한 2계층 Fast 핸드오버 알고리즘을 제안하였고, 이 때 핸드오버에 큰 영향을 미치는 제어신호의 지연시간을 시뮬레이션을 통해 평가하였다.

Key Words : EPON, Mobile IP, Fast handover, Layer-3 handover, Layer-2 handover

ABSTRACT

EPON is proposed to be used in an infrastructure of the next generation wireless network. EPON can reduce fiber deployment cost and easily decrease the occurrence of layer-3 handover by introducing group cell concept. An EPON-based layer-2 handover algorithm is suggested for fast handover. The time-delay of the control signals are examined using simulation.

I. 서론

차세대 무선 통신은 IP기반으로 음성, 데이터 그리고 영상 등 모든 서비스들이 통합될 것이다. 이러한 IP기반 서비스를 위해서 해결해야 할 가장 큰 문제는 이동성 보장과 끊김 없는 핸드오버라 할 수 있다. 즉, 단말기의 위치가 빠른 속도로 이동하면서 이를 서비스 하는 AP (Access Point)가 변할 때 단말기와 통신을 하던 서버는 경로를 바꾸어야 한다. 이는 3계층에서 담당하는데, 이 3계층 핸드오버는 매우 긴 지연을 갖기 때문에 지연에 민감한 트래픽의 QoS를 보장하기 어렵게 된다. 특히 전송 속도가 높아지면서 셀 크기가 감소함에 따라 핸드오버는 더 중요한 문제가 되어가고 있다. 이러한 이동성 지

원에 대한 요구가 증가함에 따라 IETF의 Mobility for IPv6 워킹그룹에서 Mobile IPv6가 표준화 되었다. 또한 QoS를 보장하는 핸드오버를 위해 MIPv6 Signaling and Handoff Optimization 워킹그룹에서 Fast Handover (FMIPv6)를 표준화 하였다¹⁾.

본 논문에서는 원래 FTTH를 위해 개발된 EPON (Ethernet Passive Optical Network)을 무선 인프라에 활용함으로써 무선 액세스망의 경제성을 제고하고 핸드오버를 용이하게 하는 방식에 대해 제안을 하였다. EPON은 중심국에 있는 OLT (Optical Link Terminal)와 가입자 위치에 있는 ONU (Optical Network Unit)를 수동형 광분배기를 이용하여 점대다점구조로 연결하고, 데이터를 전송하는 방식을 말한다. 이 때 전송 패킷이 이더넷 형태를 유지하기

※ 이 논문은 2005년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (KRF-2005-041-D00322)

* 국민대학교 전자공학부 광대역통신실험실 (ypark@kookmin.ac.kr)

논문번호 : KICS2007-03-043, 접수일자 : 2007년 3월 1일, 최종논문접수일자 : 2007년 4월 16일

때문에 이더넷 수동광가입자망(EPON)이라는 이름을 갖는다²⁾.

본문에서는 EPON을 무선통신 인프라에 이용 시의 설치비용 감소, 핸드오버 발생 빈도의 감소, 그룹 셀 개념 도입 등 여러 가지 장점을 분석하였으며 또한 Fast 핸드오버를 위해 EPON의 MPCP 프로토콜을 일부 변경하여 무선망에 적합하도록 하였다. 또한 이 경우 망의 성능에 대해 시뮬레이션을 통해 분석하였다.

II. 제안된 EPON 기반 구조의 장점

무선 AP와 CO (Central Office) 사이 연결은 전통적으로 점대점 (point-to-point, PTP)구조이다. 이러한 구조는 PAR (Packet Access Router)에서 각각의 AP로 직접 연결되어 파이버 설치비용은 매우 높아지고, 새로운 AP로 이동시 이동단말과 AP간의 핸드오버인 2계층 핸드오버와 라우터와 AP간의 핸드오버인 3계층 핸드오버가 필요하다. 그러므로 점대점 구조에서는 핸드오버동안 데이터의 지연 및 셀 손실이 발생하게 된다. 하지만 본 논문에서는 그림 1에서 보이는 바와 같이 EPON 기반의 점대다점 (point-to-multipoint, PTMP)구조를 제안하였다. EPON의 OLT를 라우터에 배치하고, ONU를 AP에 배치하여 점대다점 네트워크를 구성함으로써 망의 경제성 및 이동 시 성능을 향상할 수 있다.

제안된 구조는 여러 가지 장점을 가지고 있는데 그 중 한 가지가 설치비용의 감소이다. 그림 2는 점대점 및 점대다점 두 가지 구조에서의 파이버

설치를 비교하고 있다. 본 논문에서는 한 개의 OLT가 서비스하는 AP들의 집합을 ‘셀 그룹’으로 정의하고 있고, 그림에서 CO에 위치한 라우터에서 셀 그룹 중심까지의 거리를 ‘D’, 셀 그룹의 반경을 ‘R’로 정의하였다. 또한 각 경우 AP의 개수를 ‘N’이라 가정하면 그림 2(a)의 점대점 구조에서 사용되는 총 파이버 길이는 N·D에 해당하며, 그림 2(b)의 점대다점 구조에서는 대략 D+N(R/2)로 감소함을 알 수 있다.

두 구조에서의 파이버의 길이 차이는 D 및 R의 함수가 되며 AP의 개수를 EPON 최대 ONU 개수인 32개로 가정할 경우 두 구조를 비교한 총 파이버 길이의 결과는 그림 3과 같다. 경제적 망 구성을 위해 D/R 값이 커짐에 따라 점대다점 구조는 상대적으로 더 효율적으로 파이버를 이용하게 됨을 알 수 있다.

또 다른 장점으로는 3계층 핸드오버의 발생 감소를 들 수 있다. 즉, 이동 노드가 동일한 OLT의 서비스 영역 내에서 다른 ONU로 이동을 하는 경우 3계층 핸드오버 없이 2계층 내에서 핸드오버를 수행할 수 있게 된다. 셀 그룹은 최대 32개의 ONU로 구성될 수 있어 기존의 점대점 구조에서 각 셀의 이동마다 발생하던 3계층 핸드오버 빈도를 대폭 감소할 수 있다. 그림 4는 32개의 ONU로 구성된 셀 그룹을 보이고, 3계층 핸드오버는 식 (1)과 같이 20% 이내로 줄어들게 된다. 여기서 ‘r’은 육각 셀

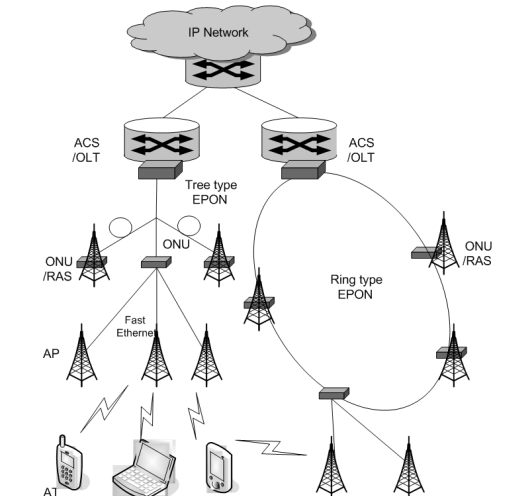


그림 1. 제안된 EPON 기반의 이동 가입자 네트워크

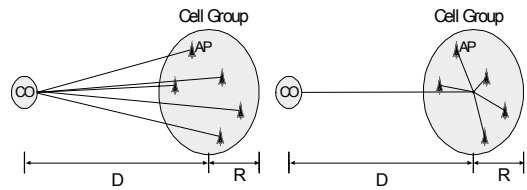


그림 2. 이동 액세스망 구조에 따른 파이버 설치 비교

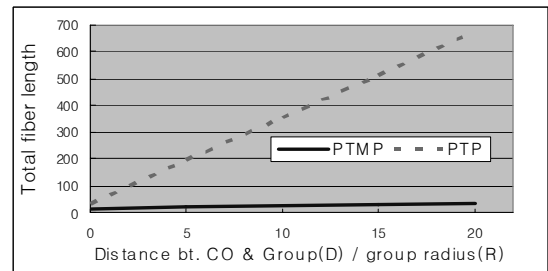


그림 3. 액세스망 구조에 따른 파이버 길이 비교

중심에서 그 정점까지의 거리이다. 한편, EPON을 이용하지 않는 경우에도 동일한 라우터에 연결된 AP로의 이동 시 이를 서브넷으로 인식하여 MAC 계층에서 핸드오버를 처리할 수 있으나 이 경우 여러 개의 AP가 후보로 검출 시 라우터에서는 여러 개의 데이터를 복사 및 여러 개의 AP로 전송해야 하며, 이는 성능 저하를 일으킬 수 있다. 한편 EPON을 이용하는 경우 하향 데이터는 모든 ONU를 향해 계속 전송되고 있으며, ONU에서의 데이터 수신만 제어하므로 전송성능을 전혀 저하하지 않는다.

$$\frac{\text{cell radius}}{\text{group radius}} = \frac{(\sqrt{3}/2)r}{3\sqrt{3}r} = \frac{1}{6} \cong 0.17 \quad (1)$$

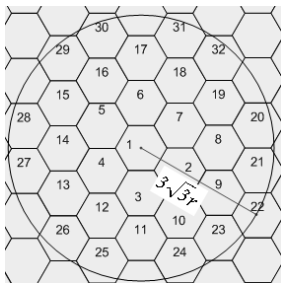


그림 4. 셀의 그룹화 및 그룹 반경의 정의

EPON 기반 계층별 핸드오버 과정에서 OLT 내의 핸드오버 제어 정보로 사용하기 위해 이중 LLID를 정의 하였다. LLID는 Logical Link ID로서 1:N의 PON 구조를 N개의 논리적 링크 합으로 표시한 P2PE (Point to Point Emulation) 기능을 위해 정의되어 프리앰블에 그 값을 전달한다^[3]. 정의한 이중 LLID 구조에서 LLID_1은 현재 서비스 중인 ONU의 LLID를 의미하고, LLID_2는 서비스 중인 ONU가 이동 노드 포트에 부여한 LLID를 의미하며, EPON 프리앰블에서 현재 사용을 하고 있지 않는 바이트를 활용한다. 기존 EPON MPCP에는 없었던 LLID_2를 도입한 이유는 셀 그룹 내부 이동시 핸드오버 요청신호를 OLT내에서 처리하고, 새로운 ONU에서 이동 노드의 수신 데이터를 쉽게 추출하기 위함이다. 이를 이용한 핸드오버 과정은 그림 5와 같다.

즉, 이동노드가 이동 중 새로운 AP의 광고메시지 (AP_{NEW})를 수신하면 이를 서비스 중인 OLT에 전송한다. 이 때 OLT는 이 새로운 AP를 포함하는 ONU_{NEW}가 자신의 OLT 영역 내에 속해 있는지를

판단한다. 만일 ONU_{NEW}가 기존 셀 그룹 내에 있을 경우 다음과 같이 2계층 핸드오버를 시작한다. OLT는 ONU_{NEW}에 핸드오버를 요청한 이동노드의 LLID 정보 (Old LLID_1,2)를 전송함으로써 미리 핸드오버를 준비시킨다. 이 때 ONU_{NEW}는 이동노드가 수신할 데이터의 수신을 미리 시작함으로써 핸드오버로 인한 데이터의 손실을 최소화 한다. 핸드오버 발생 후 ONU는 이동노드에 새로운 LLID_1,2를 할당하고, 미리 수신한 데이터를 새로이 접속된 이동노드에 전송한다. 만일 ONU_{NEW}가 기존 셀 그룹 내에 있지 않을 경우, 2계층뿐 아니라 3계층 핸드오버도 수행해야 하는데, OLT를 검색하여 3계층 핸드오버를 먼저 수행하고 2계층 핸드오버를 수행한다면 서비스 QoS를 보장할 수 있게 된다. ONU_{NEW}가 속해 있는 OLT_{NEW}를 검색한 후 이동노드는 CoA(Care of Address)를 등록한다. 이후 HA (Home Agent)는 IP Host Data를 핸드오버 전후의 두 OLT에 모두 전송하여 데이터 손실을 최소화한다. 이 후 앞서의 2계층 핸드오버를 수행한다. Fast 핸드오버를 위한 OLT 예측을 위해서 실제 도심 지역 상황에 맞게 설계된 Urban Microcell 구조에 EPON 기반 셀 그룹을 적용하면 OLT 예측을 더 용이하게 할 수 있다. 그림 6은 Urban Microcell 구조에 적용된 셀 그룹을 나타낸다^[4]. 그림과 같이 셀 그룹은 한 개의 OLT와 16개의 ONU로 구성되고 각 ONU는 교차점에 위치하여 서비스 하게 된다. ONU는 내부 ONU (A1~A4), 외부 ONU (A5~A12), 그리고 꼭

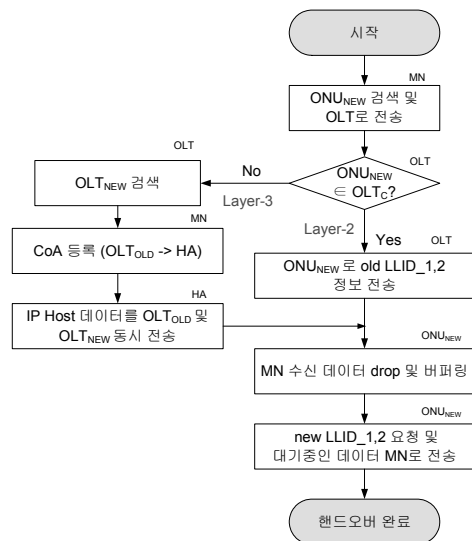


그림 5. EPON 기반 무선네트워크의 핸드오버 과정

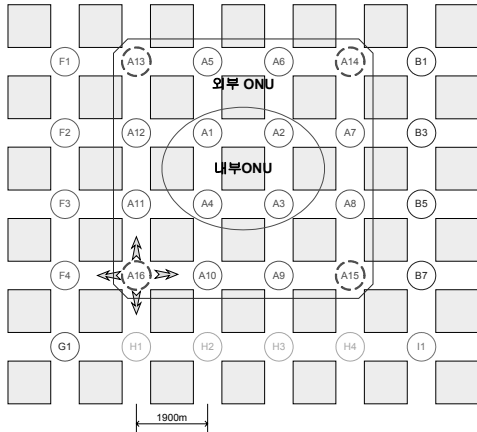


그림 6. Urban Microcell 구조에 적용된 셀 그룹

지점 ONU (A13~A16)로 분류되고, 단말기의 이동 방향은 그림과 같이 4가지 방향으로 이동할 수 있다. 단말기는 자신이 접속한 ONU의 위치를 파악하고 만일 내부 ONU일 경우에는 주위 ONU들이 모두 동일한 그룹이므로 OLT 예측을 종료한다. 그러나 내부 ONU가 아닐 경우 꼭짓점 ONU의 여부를 판단하여 만일 꼭짓점 ONU일 경우 이동 가능한 방향에 따른 두개의 이웃 셀 그룹의 OLT로 예측을 하게 되고, 외부 ONU일 경우 이동 가능한 방향의 셀 그룹의 OLT로 예측을 한다⁵⁾.

III. 핸드오버 제어신호 지연 성능 평가

제안한 EPON 기반 Fast 핸드오버알고리즘에서 동일한 셀 그룹 내의 2계층 핸드오버 메시지 흐름은 그림 7과 같다⁶⁾.

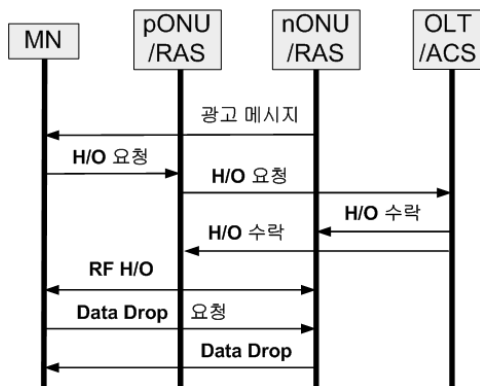


그림 7. OLT 내의 핸드오버 메시지 흐름
(MN: Mobile Node, pONU: previous ONU, nONU: next ONU)

이 때 핸드오버 제어신호는 가장 우선적으로 처리되어야 할 신호인데, EPON을 전달 계층으로 이용하는 경우 ONU 상향 신호의 시간다중화로 인한 지연시간이 발생하며, 따라서 이 시간을 최소화할 수 있는 DBA 알고리즘이 필요하다. 본 논문에서는 이를 위해 Priority 큐 방식과 Constant Credit 방식의 이용을 제안하고, 이들의 적용 결과를 다른 DBA 방식들과 비교하였다. Priority 큐 방식은 우선순위를 갖는 큐를 이용한 방식으로 핸드오버 발생 시 최우선 처리를 하는 큐에 저장되어 지연을 최소화 시키는 방식이다. Constant credit 방식은 핸드오버 패킷의 즉각적인 처리를 위해서 각 ONU는 OLT에 타임 슬롯 요청 시 일정한 credit을 추가하고, 이를 이용해 제어신호를 최우선적으로 전송하도록 하는 방식이다. 위 두 방식을 Fixed 방식, Limited 방식 및 Elastic 방식과 비교하였다. 시뮬레이션을 위한 시스템 파라미터는 표 1과 같고, 각각의 ONU에 트래픽 발생을 위한 ON/OFF source의 개수를 10개로 설정 하였다. ONU의 평균 로드를 0.1에서 1까지 각 10초간 시뮬레이션 하였다.

표 1. 시뮬레이션에 이용된 EPON 파라미터⁷⁾

파라미터	정의	값
N	ONU 개수	16
RU	Line rate of user to ONU	100 Mbps
RN	EPON line rate	1 Gbps
G	Guard time	1 μ s
T	Cycle time	2 ms
W	Timeslot size	15,500 byte
C	Credit size	1,500 byte

그림 8은 여러 가지 DBA 방식을 적용할 경우 핸드오버 제어신호의 평균 지연시간을 보이고 있다. Fixed, Limited 방식과 비교 시 Priority 큐 및 Constant Credit 방식에서는 지연 시간이 많이 줄어든 것을 볼 수 있다. Priority 큐 방식의 평균 지연 시간은 핸드오버 패킷이 큐에서 대기하는 시간과 요청된 시간슬롯이 할당되기까지의 지연시간의 합으로서 ONU 사이클 시간의 약 1.5배가 된다. Constant credit 방식에서는 발생한 제어신호가 자기 ONU의 전송시간이 되면 즉시 전송되므로 이 방식의 평균 지연 시간은 ONU 사이클 시간의 약 1/2임을 그림에서 확인할 수 있다.

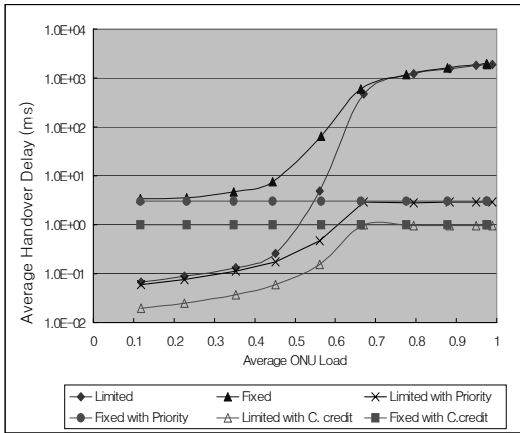


그림 8. EPON ONU 전송 핸드오버 제어신호 평균 지연

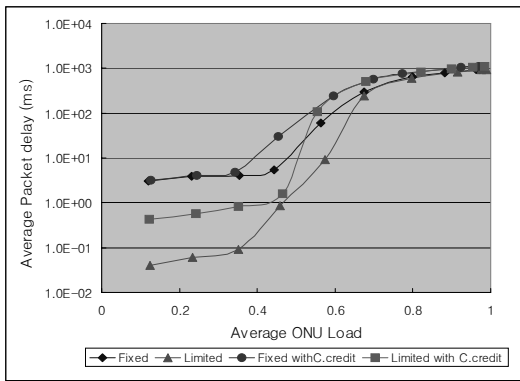


그림 9. EPON ONU에서 전체 패킷의 평균 지연

그림 9는 ONU에서 전송되는 총 패킷의 평균 지연시간을 보이고 있다. Fixed 혹은 Limited 방식에 비해 Constant credit을 각각에 적용한 방식은 상대적으로 더 큰 값의 지연을 보이는 것을 알 수 있다. 본 논문에서는 빈번히 발생하는 핸드오버 제어신호를 모두 수용하기 위해 credit 크기를 1,500 byte로 설정하였는데, 이로 인해 제어신호의 지연은 최소화되지만 일반 데이터의 지연은 늘어나며, 특히 credit이 비어있는 경우 총 패킷 전송량은 줄어들게 된다. Priority 큐를 적용한 경우 제어신호의 발생에 따라 시간 슬롯을 요청하고 이를 이용해서 전송하기 때문에 전체 패킷 지연시간에는 영향을 미치지 않는다.

위 결과를 살펴볼 때 Priority 큐 이용 경우 타임 슬롯의 낭비가 없기 때문에 총 패킷전송량이 Constant credit 방식에 비해 우수하지만 큐의 이중화로 인해 시스템이 구조 및 프로토콜이 다소 복잡해진다. 반면 Constant credit 방식의 경우 핸드오버 패킷 전

송의 지연을 최소화 할 수 있지만 핸드오버 패킷이 없을 경우 시간 슬롯의 낭비를 초래하고 일반 패킷의 지연을 증가시킴을 알 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 차세대 이동통신망의 인프라 구조로서 EPON을 사용하는 방식을 제안하고 적용 방식에 대해 연구하였다. 기존 점대점 방식의 광통신망을 인프라로 이용하는 경우에 비해 점대다점 토폴로지를 갖는 EPON을 이용하는 경우 파이버의 설치 비용 및 광송수신기의 비용이 대폭 줄어들게 되므로 매우 경제적으로 무선네트워크 인프라를 구축할 수 있다. 또한 EPON의 점대다점 통신 특성으로 인해 같은 EPON의 영역 내에서는 핸드오버를 수월하게 처리할 수 있다. 그리고 셀 그룹 영역 내에서의 2계층 핸드오버 방식을 제안하였다. 즉, EPON에서 각 ONU를 논리적으로 지정하는 LLID를 각 모바일 노드로 확장하는 이중 LLID 개념을 도입하였다. 이때 핸드오버를 위한 제어 패킷은 일반 데이터 패킷에 비해 지연이 훨씬 적어야 한다. 이를 위해 본 논문에서는 Priority 큐 방식과 Constant credit 방식을 제시하고 일정 조건에서의 시뮬레이션을 통해 이들의 지연시간을 최소화 하여 끊임 없는 통신을 지원할 수 있음을 알았다.

참 고 문 헌

- [1] 류성근, 문영성, “홈이전트로의 빠른 바인딩 갱신 방법을 통한 FMIPv6 핸드오버 개선 방안”, 정보처리학회논문지, '06 제13-C권 제1호, pp.121-128, 2006.
- [2] 박정우, 백용순, “PON 기반 가입자망을 위한 광소자의 표준화 현황 및 기술”, 전자통신동향 분석, pp.77-86, 제20권 6호 2005년 12월.
- [3] Glen Kramer, Ethernet Passive Optical Networks, McGraw-Hill, 2005.
- [4] Mark D, Austin and Gordon L. Stuber, “Direction Biased Handoff Algorithms for Urban Microcells”, Vehicular Technology Conference, IEEE 44th, pp.101-105, 1994.
- [5] 박희동, 권용하, 이강원, 최영수, 조유제, 조봉관 “네트워크 이동성 지원을 위한 이동경로 예측 기반의 끊임 없는 핸드오버 방안”, 한국통신학회논문지, Vol.30, No7A, pp.550-555, 2005.

[6] Charles E. Perkins, "Mobile IP", IEEE communication magazine, vol.35, No.5, pp.84-99, 1997.

조 원 국 (Wonkuk Cho)

준회원



2005년 2월 국민대학교 전자정보통신공학부 학사
2007년 2월 현재 국민대학교 대학원 전자공학과 석사과정
<관심분야> 광통신 및 광네트워크, 광전송장치, 이동IP네트워크

정 준 회 (Junhoi Chung)

준회원



2006년 2월 국민대학교 전자정보통신공학부 학사
2006년 8월~현재 국민대학교 대학원 전자공학과 석사과정
<관심분야> 광가입자망, 광전송장치, WDM-PON, EPON, GPON, 이동IP네트워크

박 재 욱 (Jaek Park)

준회원



2007년 2월 국민대학교 전자정보통신공학부 학사
2007년 3월~현재 국민대학교 대학원 전자공학과 석사과정
<관심분야> 광가입자망, 광전송장치, WDM-PON, EPON, GPON, 이동IP네트워크

최 병 철 (Byungchul Choi)

준회원



2007년 2월 국민대학교 전자정보통신공학부 학사
2007년 3월~현재 국민대학교 대학원 전자공학과 석사과정
<관심분야> 광가입자망, 광전송장치, WDM-PON, EPON, GPON, 이동IP네트워크

박 영 일 (Youngil Park)

종신회원



1987년 2월 서울대학교 전기공학부 학사
1989년 2월 서울대학교 대학원 전기공학과 석사
1995년 5월 Texas A&M Univ. EE Dept. 박사
1995년 8월~1999년 2월 KT 가입자망연구소

1999년 3월~현재 국민대학교 전자정보통신공학부
<관심분야> 광통신시스템, 광가입자망, 광인터넷