
홉 기반의 우선처리를 고려한 광버스트 무선 교환방식의 성능분석

김동옥* · 윤 홍**

Performance of Prioritized Service Discipline based on a Hop Count for Optical Burst Wireless Switched Networks

Dong-ok Kin* · Yoon Hong **

Korea Information Communication Polytechnic College.* · Hankuk Aviation University**

이 논문은 2005년도 한국정보통신기술대학 연구비를 지원받았음.

요 약

본 논문에서는 광버스트 무선교환망에서 버스트가 거쳐 온 홉 수에 따른 우선순위 처리기능을 제공하는 대역예약할당방식을 제안하고 향상된 성능을 분석한다. 기존의 대역예약방식은 버스트간 충돌이 발생되면 홉 수를 고려하지 않고, 상대적으로 짧은 읍셋타임을 가지는 버스트를 폐기시킨다. 결과적으로, 많은 홉을 경유한 버스트가 폐기된다면 해당 버스트가 경유한 스위치들에 예약된 대역들이 모두 낭비되기 때문에 적은 홉을 경유한 버스트가 폐기되는 경우보다 망의 전체적인 효율성이 떨어지는 문제가 발생된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 본 논문에서는 많은 홉 수를 경유한 버스트에 대해 우선순위를 부여하는 Just Enough Time(JET) with hop count 방식을 사용하여 가급적 대역낭비를 감소시킨다. 제안된 방식에 대한 모의실험을 통해서 기존의 대역예약방식과 제안된 JET with hop count 방식의 블로킹확률과 링크 효율을 비교 분석하여 제안된 방식의 성능이 우수함을 보였다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a new prioritized Optical Burst Switching (OBS) protocol based on a hop count, which can provide an efficient utilization in optical Wireless networks. Under several legacy schemes, a switch drops the burst with a shorter time among ones regardless of its traversed hop count. As a result, the dropped burst that have been traversed more hops might cause to waste bandwidth than the one traversed a few hops. Noting that this problem, we propose the Just Enough Time (JET) with a hop count scheme which can reduce the wasted bandwidth by prioritizing the burst traversed more hops over others. From the simulation result, we show that the proposed scheme is advantageous over the legacy schemes in terms of the burst blocking probability and the link utilization.

키워드

hop count, priority schedule, OBS, JET.

* 한국항공대학교 정보통신공학과

** 한국정보통신기술대학

1. 서론

오늘날 기하급수적으로 증가하는 인터넷 트래픽을 처리하기 위해서는 넓은 대역폭과 빠른 속도를 제공해야 한다. 이러한 대역폭과 속도를 제공하는 방법으로 Wavelength Division Multiplexing (WDM) 기법을 사용하는 전광네트워크가 문제를 해결할 수 있는 방법으로 대두되고 있다.

광 네트워크에서 사용되는 교환전송방식에는 광회선 교환방식, 광패킷 교환방식 그리고 광버스트 교환방식이 존재한다. 광회선 교환방식은 송수신간에 연결설정이 설정된 후 데이터를 전송하며, 광패킷 교환방식은 패킷을 목적지로 전송한 후 각 교환장치는 패킷의 헤더에 있는 정보를 이용하여 목적지로 전송한다. 그리고 광버스트 교환방식은 목적지별로 데이터를 모아서, 해당 목적지로 버스트한 데이터를 전송하는 방식이다. 이 중 광버스트 교환방식은 광회선 교환방식 보다 채널의 사용률이 좋고, 광패킷 교환방식보다 지연시간이 짧은 장점을 가지므로, 광 네트워크에서 사용되는 최선의 교환전송방식이라 할 수 있다. 또한, 광버스트 교환방식에서는 제어채널과 버스트한 데이터를 전송하는 두 개의 채널을 사용하며, 제어 채널을 통해서 목적지로 제어패킷을 전송 한 후, 읍셋타임만큼의 지연시간이 흐른 뒤에 버스트한 데이터를 전송한다. 만일, 버스트간 충돌발생이 예상되면, 읍셋타임이 짧은 버스트의 폐기 되는 확률이 증가하는 방식이 광버스트 교환방식에서 사용하는 대역예약방식이다[1][2][3].

기존의 대역예약방식에서 적은 홉을 경유한 버스트보다 많은 홉을 경유한 버스트의 읍셋타임이 짧은 경우가 빈번히 발생하게 되면 많은 홉을 경유한 버스트의 폐기될 가능성이 높아진다. 많은 수의 홉을 거친 버스트들이 폐기되는 경우에는 지금까지 거처는 경로상의 대역을 점유하여 사용하였기 때문에 망 전체적인 효율성이 떨어지게 되는 문제가 발생한다[4].

앞서 언급한 문제점을 해결하는 방안으로 본 논문에서는 광버스트 교환기술용 대역예약방식에 홉수를 기반으로 하여, 경유한 홉 수가 많은 버스트와 경유한 홉 수가 적은 버스트간 충돌로 인해 전자의 버스트가 폐기되는 경우에는 해당 버스트에 우선순위를 부여한다. 그리고, 부여된 우선순위를 사용하여 보상영역에서 지정한 시간만큼 지연한 후 전송하는 방식을 제안한다. 이 제안방식을 사용하여 경유한 홉 수가 많은 버스트의 전송을 보장하여 망의 전체적인 전송 효율성 향상에 관한 모의실험을 실시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 본 서론에 이어서, II장에서 기존의 JET 방식을 분석한다. 그리고, III장에서 제안하는 JET with hop count 방식에 대해 다루고, IV장에서는 기존의 버스트 대역 예약 프로토콜인 JET 방식과 제안하는 JET with hop count 방식의 블록킹 확률과 링크 효율성에 관한 성능비교를 모의실험을 사용하여 수행하고 V장에서 결론을 맺는다.

II. 기존의 Just Enough Time (JET) 방식

JET 방식은 버스트가 송신지에서 수신지까지 전송되는 경로설정을 위한 읍셋타임 설정 후, 버스트를 전송하는 단방향 대역예약방식이다. 읍셋타임은 버스트를 수신하는 수신측까지 각각의 중계노드에서 사용하는 제어패킷의 처리시간, 제어패킷을 이용한 채널설정시간, 각 중계노드 사이에서 발생하는 전송지연시간을 고려하여 설정된다. JET 방식을 사용하는 광버스트 망의 중계노드에서는 저장장소가 존재하지 않기 때문에 제어패킷이 중계노드에서 채널을 설정하지 못하는 경우에는 해당 버스트는 폐기된다[3][4].

JET 방식은 제어패킷의 읍셋타임에 의해서 채널의 설정이 이루어지기 때문에 읍셋타임의 설정이 중요하다. 이러한 읍셋타임은 앞서 언급한 제어패킷 처리시간과 채널 설정시간 그리고, 전송지연시간을 고려하여 설정한다. 특히, 전송지연시간은 평균적인 중계노드간의 Round Trip Time(RTT) 값을 사용한다. 그림1에서와 같이 송수신지간의 홉 수와 각각의 지연시간들을 고려해서 읍셋타임을 설정한다. 그리고, 읍셋타임 T 는 그림1과 같이 제어패킷의 처리시간과 채널을 설정하는 시간의 합인 $T(i)$ 보다 길어야 한다. 한편, 그림1에서 H 는 송신지에서 수신지까지의 홉 수를 나타내고, δ 는 중계노드에서 채널 설정을 위해서 사용되는 시간을 나타낸다[5].

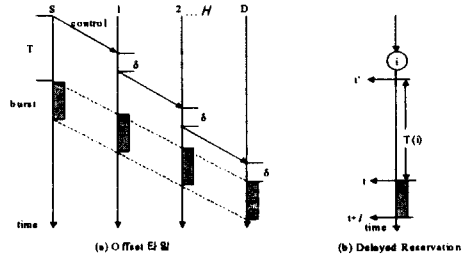


그림 1. JET의 대역예약방식
Fig 1. Bandwidth Reservation Method of JET

$T(i)$ 에 해당하는 옵셋타임은 각 중계노드에서 제어패킷을 처리하는 시간과 중계노드의 내부에서 채널을 설정하는 시간으로 사용하기 때문에 수신지에 가까이 갈수록 감소하며, i 는 $(1 \leq i < H + 1)$ 의 범위를 가진다[6][7].

III. 기존의 JET방식

JET 방식에서 옵셋타임이 짧은 버스트와 옵셋타임이 긴 버스트 간에 충돌이 발생하게 되면 옵셋타임이 짧은 버스트가 폐기될 가능성이 높다. 만일, 많은 중계노드를 경유한 버스트가 충돌 시 폐기된다면, 적은 중계노드를 경유한 버스트가 폐기되는 경우에 비해 전체적인 대역낭비가 심하여 망 전체적인 효율성이 감소하게 된다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해서 JET 방식에 홉 수를 고려하여 우선순위를 부여하는 대역방식을 제안한다[8].

1. 보상영역

제안하는 JET with hop count 방식에서 사용되는 보상영역은 홉 수가 많은 버스트가 중계노드에서 채널을 설정하지 못하고 폐기 되는 경우를 방지하기 위해서 설정된 영역을 의미한다. 기존의 JET 방식이 경유한 홉 수가 많은 버스트와 상대적으로 경유한 홉 수가 적은 버스트간의 충돌로 인하여 경유한 홉 수가 많은 버스트가 폐기되는 경우를 대비하여 해당버스트에 우선순위를 부여하고, 부여된 우선순위를 사용하여 버스트간 충돌을 회피할 수 있게 지연시간을 제공하는 예약방식이다. 이때 사용되는 지연시간은 Fiber Delay Line(FDL)의 설정에 의해서 결정된다.

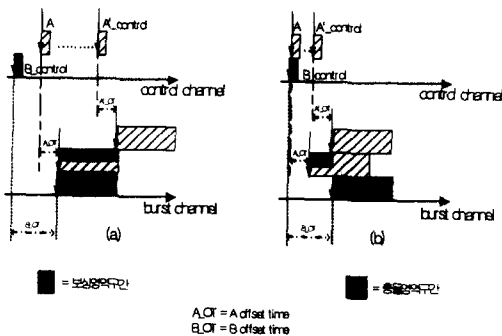


그림 2. JET with hop count의 보상영역
Fig 2. Compensation Region of JET with hop count

그림2에서는 많은 홉을 경유한 버스트(A)가 적은 홉을 경유한 버스트(B)보다 늦게 도착한 경우에 발생하는 두 가지 경우에 대해 도시한 것이다. 첫 번째 그림2(a)에서는 버스트(A)와 버스트(A') 구간 사이에 도착하는 버스트들로 보상영역 안에 존재하기 때문에 우선순위를 부여 받고, 보상영역에서 지정된 일정시간을 지연한 후에 다음노드로 전송한다. 두 번째 그림2(b)의 경우에는 보상영역구간 안에 홉 수가 많은 버스트가 존재하지 않기 때문에 우선순위를 부여 받지 못했기 때문에 버스트(A)와 버스트(A') 구간사이에 있는 버스트는 폐기된다. 그림2(b)와 같이 홉 수가 많은 버스트가 폐기되는 이유는 보상영역이 한정적으로 설정되었기 때문이다. 한정적인 보상영역 설정으로 인해서 버스트에 대한 완전한 보상이 이루어지지 않고 충돌영역이 잔존하게 된다. 이것은 보상영역으로 사용되는 FDL의 지연시간을 한 개의 버스트를 처리하는 시간으로 설정하였기 때문에 한정적인 영역으로 남게 된다.

2. 제어패킷처리

JET with hop count 방식에서 제어패킷의 처리는 기존의 대역예약방식인 JET 방식에 홉 수가 많은 버스트의 처리를 위해서 보상영역을 추가한다. 그림3에서는 JET with hop count 방식에서 사용하는 대역예약방식을 도시한 것이다.

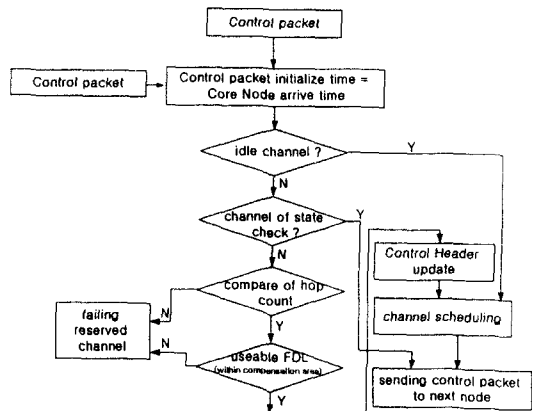


그림 3. JET with hop count의 대역예약방식
Fig 3. Bandwidth Reservation Method of JET with hop count

그림3의 동작과정은 중계노드에서 제어패킷이 채널을 예약하고 옵셋타임 후에 중계노드에 도착하는 버스트의 처리방식을 나타내고 있다. 제어패

킷이 중계노드에 도착하면, 중계노드가 사용하고 있는 타이머와 동기화를 수행하고, 읍셋타임 후에 도착하는 버스트를 처리 할 수 있는 채널이 존재하는지 확인한다. 만일, 비어있는 채널이 존재하면, 제어패킷은 다음 중계노드로 이동하지만, 비어있는 채널이 없다면 예약되어있는 채널 중에 읍셋타임 후에 도착하는 버스트를 처리할 수 있는 비어있는 영역이 존재하는지 확인해 보고, 비어있는 영역이 존재하면, 채널예약을 설정한 후, 다음 중계노드로 전송된다. 하지만, 채널예약을 설정하지 못한 경우에는 이미 채널예약이 이루어진 버스트 중 경유한 홉 수가 적은 버스트를 찾고, 경유한 홉 수가 많은 버스트가 사용가능한 보상영역이 존재하면, 제어패킷의 읍셋필드의 내용을 변경시킨 후 다음 중계노드로 전송한다. 그렇지만, 채널예약이 이루어진 버스트 중 경유 홉 수가 적은 버스트가 존재하지 않거나, 보상영역에 포함되지 않으면 제어패킷은 채널을 예약하지 못한다. 따라서, 읍셋타임 후 도착하는 버스트는 폐기된다.

3. 버스트처리

중계노드에서 버스트 전송채널은 제어 패킷에 의해 예약된 채널을 사용하며, 제안하는 JET with hop count 방식에서는 경유한 홉 수가 많은 버스트가 폐기되는 것을 방지하기 위해서 설정한 보상영역을 고려하여, 중계노드에서 버스트를 처리하는 방식에 관해서 그림4를 사용하여 분석한다. 그림4와 같이 중계노드에 도착한 버스트는 타이머를 이용하여 동기화 하고, 읍셋타임 이전에 제어패킷에 의해서 이미 충돌이 감지되었던 홉 수가 많은 버스트임이 충돌탐지 블록에서 판명되면, 홉 수가 많은 버스트 보상 블록에 존재하는 보상영역을 거친 후, 버스트 정렬블록에서 보상영역을 사용하지 않는 버스트와의 정렬과정 이후에 다음 중계노드로 전송한다[7][8].

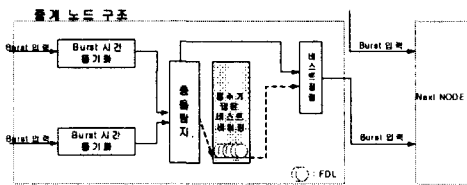


그림 4. 중계노드에서의 스위칭 구조
Fig 4. Switching Structure of Intermediate Node

JET 방식과 JET with Hop count 방식의 블록킹 확률과 링크 효율에 관한 성능분석을 위해서 그림 5와 같은 모의실험모델을 객체지향언어인

SIMULA를 사용하여 시뮬레이션하였다. 모의실험 모델에서 사용되는 전체 노드 수는 8개이며, 버스트를 생성하는 에지노드는 4개로 구성하고, 광버스트망 내에 존재하는 4개의 중계노드 중 버스트의 입력이 두 개 이상인 3개의 중계노드를 지정하여 성능분석을 실시한다.

에지노드에서 생성하는 버스트는 Poisson 분포를 따르며, 총 버스트의 개수는 약600만개이고, 버스트의 길이는 500Kbyte의 고정길이를 가진다. 각 에지노드의 사용대역은 622Mbps (OC-12)이고, 중계노드의 사용대역은 2.5Gbps(OC-48)로 구성하였다. 성능분석을 위하여, 읍셋타입의 설정에서의 고려사항인 전송지연시간과 채널설정시간에 대해서 본 논문에서는 고려하지 않는다. 본 논문에서는 JET with hop count 방식에 의해 처리되는 버스트의 처리결과를 참고하여 기존의 JET 방식과의 블록킹 확률과 링크효율을 비교 분석한다.

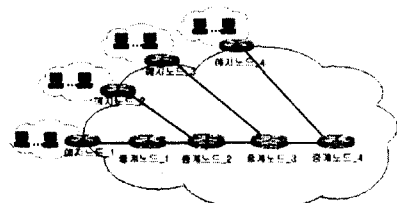


그림 5. 모의실험모델
Fig 5. Simulation Model

IV. 기존의 JET 방식과 제안된 JET with hop count 방식의 성능분석

제안된 JET with hop count 방식에서 보상영역의 크기에 따른 성능향상을 측정하기 위해서 보상영역의 크기변화에 따른 모의실험을 수행한다. 그림6과 그림7은 기존의 JET 방식과 홉 수를 고려한 JET with hop count 방식의 블록킹 확률과 링크의 효율의 결과 그래프를 도시한다. 먼저, 그림6은 기존의 대역방식인 JET 방식과 제안한 JET with hop count 방식의 블록킹 확률을 비교한 결과이다. 이때, 사용된 보상영역의 크기는 버스트의 길이에 비례하여 설정한다. 따라서, 본 논문에서는 최대 보상영역의 크기를 버스트 길이로 설정하며, 최대 보상영역은 보상영역(100%)로 표기한다.

결과를 나타내는 표1을 참조하여 분석하면, 부하가 1.0이고, 보상영역이 100%인 경우에 기존의 JET 방식보다 제안방식의 블록킹 확률이 60.7% 감소한다. 또, 부하가 1.0이고, 보상영역이 20%로 설정된 경우에는 기존의 대역예약방식인 JET 방식

보다 제안방식의 블록킹 확률이 12.7% 감소한다. 이러한 결과는 기존의 JET 방식에서 폐기되었던 홉 수가 많은 버스트가 보상영역을 사용하여 각 중계노드에서 폐기되지 않고 다음 중계노드로 전송이 이루어졌기 때문에 블록킹 확률이 감소되었다. 표1에서는 부하가 0.5인 경우와 부하가 1.0인 경우에 보상영역의 크기에 따라 기존 JET 방식과 비교하여 블록킹 확률의 감소를 나타낸다.

표 1. 보상영역 길이에 따른 블록킹 확률(감소분)
Table 1. Blocking Probability by Length of Compensation Region(Decrement rate)

보상영역 Load	100%	80%	60%	40%	20%
0.5	57.9%	46.4%	35.2%	24.4%	14.2%
1.0	60.7%	47.4%	35.0%	23.5%	12.7%

그림6에서는 각 보상영역의 크기에 따른 블록킹 확률을 도시한 것으로 제안한 JET with hop count 방식의 성능분석을 위해 크기가 다른 5종류의 보상영역으로 구분하고, 각 중계노드에서 발생하는 블록킹 확률을 분석한다. 보상영역의 크기가 증가함에 따라 블록킹 확률이 감소함을 나타내고 있다.

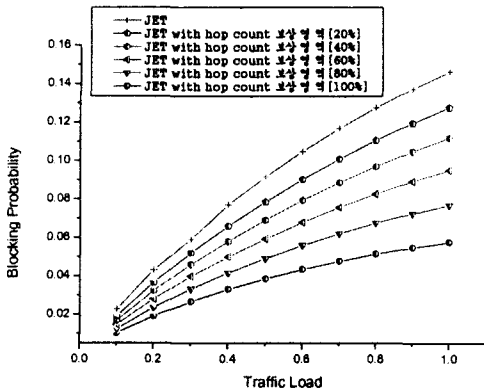


그림 6. 보상영역의 길이에 따른 블록킹 확률
Fig 6. Blocking Probability by Length of Compensation Region

표2에서는 기존의 대역예약방식인 JET 방식과 제안한 JET with hop count 방식의 링크효율을 비교한 결과이며, 보상영역은 5종류의 보상영역으로 구분되어있다. 만일, 보상영역이 100%이고, 부하 1.0을 기준으로 기존의 JET 방식과 비교한다면, 제안한 JET with hop count 방식이 4.3% 향상된 링

크 효율을 나타낸다. 또, 부하가 1.0이고, 보상영역을 20%로 지정한 경우에는 기존의 대역방식인 JET 방식보다 JET with hop count 방식의 링크효율이 0.6%의 향상을 나타낸다. 따라서, 보상영역의 크기에 링크 효율이 영향을 받는다.

제안된 JET with hop count 방식과 기존의 JET 방식에서 링크의 효율을 비교한 표2에서는 보상영역의 크기가 증가하면 링크의 효율이 향상되는 이유는 앞서 언급한 홉 수가 많은 버스트에게 우선순위를 부여한 후, 보상영역에서 지정된 시간을 지연하여 버스트간 충돌을 제거하였기 때문이다. 그리고, 보상영역의 크기변화에 따른 링크효율성의 증대는 표2와 같은 결과를 나타낸다.

표 2. 보상영역의 길이에 따른 링크 효율(증가분)
Table 2. Link Efficiency by Length of Compensation Region(Increment rate)

보상영역 Load	100%	80%	60%	40%	20%
0.5	2.4%	1.9%	1.4%	0.9%	0.4%
1.0	4.0%	3.0%	2.2%	1.4%	0.6%

그림7은 링크의 효율을 기존의 대역예약방식인 JET 방식과 제안한 JET with hop count 방식을 비교한 결과이다.

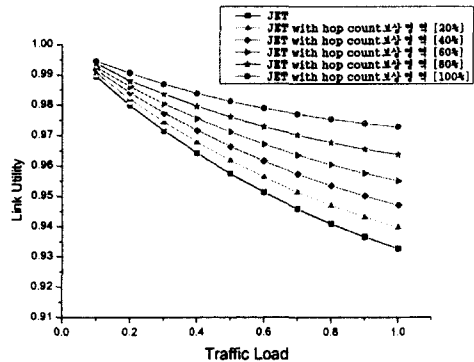


그림 7. 보상영역의 길이에 따른 링크 효율
Fig 7. Link Efficiency by Length of Compensation Region

V. 결론

본 논문에서는 광버스트 교환기술의 대역예약방식에서 버스트간 충돌이 발생하는 경우에 홉 수를

기반으로 하여 우선순위를 부여하고, 우선순위가 부여된 버스트에 대해서 설정된 보상영역을 해당 버스트에게 적용하여 버스트의 전송을 보장하는 대역예약방식을 제안하였다. 제안한 JET with hop count 방식에서 사용되는 보상영역의 크기와 각 보상영역을 n개로 나누어서 구성한 클래스에 대해서 블로킹 확률과 링크 효율에 대해 성능을 비교 분석하였다. 기존의 대역예약방식인 JET 방식과 제안한 JET with hop count 방식의 블로킹 확률과 링크의 효율성이 보상영역의 크기변화에 따라서 현저한 성능 향상과 보상영역을 구성하는 클래스 수에 대한 미세한 성능향상을 보였다. 이러한 성능향상은 기존의 JET 방식보다 제안방식인 JET with hop count 방식의 충돌영역이 보상영역의 크기와 형태에 따라 감소하기 때문에 발생하는 결과이다.

광버스트 교환방식에서 대역예약방식으로 제안한 JET with hop count 방식을 사용하는 경우 보상영역의 크기를 적절히 구성하는 것이 효과적이라는 결과를 확인 하였다. 앞서 언급된 홉 수를 고려한 구성을 광버스트망에 적용할 경우 성능향상이 기대된다.

참고문헌

- [1] Myungsik Yoo; Chunming Qiao "A High Speed Protocol for Burst Traffic in Optical networks," *Digest of the IEEE/LEOS Summer Topical Meeting* , 1997.
- [2] M. Yoo, C. Qiao, and S. Dixit, "QoS performance of optical burst switching in IP-over-WDM networks," *IEEE J. Sel. Areas. Commun. Special Issue on Protocols for Next Generation Optical Networks 18*, pp 20622071 ,2000.
- [3] Duser, M.; Bayvel, P. "Performance of a dynamically wavelength-routed optical burst switched network,)) "*IEEE Photonics Technology Letters* , Vol: 14 no.Issue: 2 , Feb. pp.239 -241, 2002.
- [4] Verma, S.; Chaskar, H.; Ravikanth, R. "Optical burst switching: a viable solution for terabit IP backbone" *IEEE Network* , Volume: 14 Issue: 6 , Nov.-Dec, pp. 48 -53, 2000.
- [5] M. Yoo, C. Qiao, and S. Dixit, "QoS performance of optical burst switching in IP-over-WDM networks," *IEEE J. Sel. Areas.*

Commun. Special Issue on Protocols for Next Generation Optical Networks, pp. 20622071, 2000.

- [6] Dan Stevenson, MCNC Ilia Baldine, "Default Just In Time Signaling Definition (JumpStart),"available in www.projects.anr.mcnc.org/Jumpstart/JumpstartSigDef.pdf, March 2002.
- [7] Hai Le Vu; Zukerman, M. "Blocking probability for priority classes in optical burst switching networks" *IEEE Communications Letters*, Volume:6 Issue: 5 , pp. 214 -216, May 2002.
- [8] Yang Chen, Chunming Qiao, Xiang Yu, "Optical burst switching: a new area in optical networking research" *Network, IEEE ,me: 18 ,3 , pp.16 - 23,2004.*

저자 소개

윤 흥(Yoon Hong)



2001년 한국항공대학교 전자공학과 졸업
 2003년 한국항공대학원 정보통신과 (공학석사)
 2004년 한국항공대학원 정보통신과 (박사수료)

※관심분야 : OBS, W-LAN, WiBro, 무선통신, 홈네트 워크

김동옥(Kim Dong Ok)



서울산업대학교 전자공학과졸업(공학사)
 광운대학교 전자통신공학과졸업(공학석사)
 한국항공대학교 통신정보공학과(공학박사)

현재 한국정보통신기능대학 교수
 ※관심분야 : 이동통신시스템, 디지털통신시스템, W-LAN, 무선통신망 구성