

論文2003-40TC-10-7

OBS 네트워크의 효율적 채널 이용을 위한 그룹 스케줄링 방식

(Group Scheduling for Efficient Channel Utilization in Optical Burst Switched Networks)

辛 宗 德 *

(Jong-Dug Shin)

요 약

본 논문에서는 광 버스트 스위칭 네트워크의 코어 노드에서 네트워크 자원을 보다 효율적으로 이용할 수 있는 새로운 스케줄링 방식인 그룹 스케줄링 방식을 제안하였다. 이 방식은 헤더 패킷들을 수집한 후 해당 스케줄링 창에 속하는 버스트들의 도착 시간 및 길이 정보를 이용하여 작성된 구간 그래프로부터 최대 안정 집합을 선택하여 버스트들을 스케줄링하는 방식이다. 다수 개의 버스트들을 동시에 스케줄링하기 때문에 기존의 일대일 스케줄링 방식들 보다 버스트 손실 확률을 감소시킬 수 있으며, 채널 이용률도 높일 수 있다. 버스트의 길이가 지수 분포를 갖는 경우와 일정한 길이를 갖는 경우에 대해 전산 모의 실험으로 LAUC-VF 방식인 즉시 스케줄링 방식과 비교 평가한 결과 버스트 손실 확률과 채널 이용률 모두 그룹 스케줄링 방식이 즉시 스케줄링 방식보다 우수함을 확인하였다.

Abstract

In this paper, we propose a group scheduling scheme to efficiently utilize network resources for core nodes in optical burst switching networks. This scheme schedules multiple bursts utilizing an interval graph to obtain the maximum stable set using the information such as arrival times and burst lengths from the collected header packets. Simultaneous scheduling of multiple bursts in a scheduling window results in lower burst loss probability and increased channel utilization than those proposed previously using one-to-one mapping. Simulation results for both cases of variable and fixed burst sizes show that the group scheduling scheme is better than the immediate scheduling, so called Latest Available Unused Channel with Void Filling, scheme in both performance metrics above mentioned.

Keywords : Group scheduling, optical burst switching, scheduling, channel utilization, burst drop probability, optical networks

I. 서 론

* 正會員, 崇實大學校 情報通信電子工學部
(School of Electronic Engineering, Soongsil University)

※ 본 연구는 숭실대학교 교내연구비 지원으로 이루어졌음.

接受日字:2003年9月7日, 수정완료일:2003年10月10日

최근 통신수요의 중심이 음성에서 인터넷·패킷 시장으로 급속히 전환됨은 물론 유·무선 통합과 회선·패킷망 통합이 급진전하는 추세를 보이고 있다. 이와 같은 추세에 맞추어 IP-over-WDM 네트워크에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 광 코어 네트워크의 스위칭 방식으로서 대역폭을 효율적으로 활용할 수 있는 OBS

(Optical Burst Switching)가 관심을 끌고 있다.

OBS 네트워크는 ingress 에지 노드(edge node)에 연결되어 있는 여러 IP 네트워크로부터 입력되는 패킷들을 목적지 주소와 QoS(Quality of Service) 등에 따라 분류한 후에 동일한 속성을 갖는 패킷들을 모아서 보다 큰 크기의 데이터 버스트(Data Burst, DB)를 만들어 데이터 채널을 통해 전송한다^[1,2]. 이와 같은 데이터의 버스트화(burstification)는 OPS(Optical Packet Switching)와 OCS(Optical Circuit Switching) 사이의 granularity를 갖기 때문에, 통계적 다중화 이득 및 데이터의 고속 포워딩(forwarding)이 가능하다^[3]. OBS ingress 노드에서는 또한 채널 식별자(channel identification), 목적지 노드 주소, DB의 길이, 그리고 DB 도착 시간 등과 같은 제어 정보를 포함하는 헤더 패킷(Burst Header Packet, BHP)을 생성하여 각 DB마다 할당한 후, 전광 변환(electrical-to-optical conversion)시켜 DB보다 먼저 제어 채널을 통해 전송한다. DB는 OBS ingress 에지 노드 출력포트로부터 OBS egress 에지 노드의 입력포트까지 광의 형태가 유지된다. 따라서, 코어 노드는 수신된 BHP를 광전 변환(optical-to-electrical conversion)시킨 다음 제어 정보를 추출하여 광 스위치 패브릭(Optical Switch Fabric, OSF)의 경로를 설정하여 나중에 도착하는 광 DB가 이 경로를 따라 다음 노드로 전송되게 한다. 또한, 각 DB에 대해서는 새로운 제어 정보를 갖는 BHP를 생성시켜 해당 DB보다 앞서 다음 노드로 전송한다. 마지막으로, OBS egress 에지 노드에 도착한 DB들은 광전 변환되어, 원래의 IP 패킷으로 분리된 다음 각 패킷의 목적지로 라우팅된다.

현재까지 제안된 OBS 코어 노드에서의 채널 스케줄링 방식들은 수평 스케줄링(Horizon scheduling) 방식^[1]과 지연 예약(Delayed reservation) 방식이 있다. 초기에 제안된 수평 스케줄링 방식은 코어 노드에 도착한 BHP의 헤더 정보에 의해 스케줄러가 채널 예약을 시도하며, 만일 예약이 성공하면 자원을 즉시 예약하여 해당 DB의 전송이 완료될 때까지 자원 예약을 유지시킨다. 이와 같은 시스템은 채널의 최근 사용 시간 정보만을 갖고 있기 때문에 간단하다. 그러나, 채널 예약 요청이 수락되는 경우에 DB가 노드에 도착하기도 전에 자원을 예약하기 때문에 이미 예약되어 있는 전송 시간들 사이의 빈 시간을 사용할 수 없어 실제 서비스에 필요한 시간보다 더 많은 시간이 DB 전송에 할당되는 단점을 갖고

있다. 이후에 제안된 방식은 DB와 BHP 전송 사이의 offset 시간이 유지되는 지연 예약방식이 있다. Just-In-Time (JIT)과 Just-Enough-Time (JET) 프로토콜이 이 방식에 속하며^[2,4], 수평 스케줄링 방식과는 달리 DB의 길이 동안만 채널 자원을 할당하기 때문에 채널 이용률이 수평 스케줄링 방식보다 높다. JET 프로토콜 중에서, LAUC-VF (Latest Available Unused Channel with Void Filling)^[5] 방식은 만약 이미 예약된 DB들 사이에 빈 공간이 존재하는 경우에, 이후 도착하는 DB의 크기와 채널을 사용하려는 시간이 이 공간과 같거나 작으면 새로 도착하는 DB를 이미 예약된 DB들 사이에 삽입할 수도 있어서 기존에 제안된 스케줄링 방식 중 가장 성능이 우수한 방식이다.

본 논문에서는 OBS 그룹 스케줄링이라고 부르는 새로운 스케줄링 방식을 제안하였다. 이 방식은 기존에 제안된 방식들처럼 입력되는 개별 BHP의 정보를 이용하여 해당 DB를 스케줄링하는 것이 아니라, 다수 개의 BHP들이 일정한 크기의 시간 창 안에 모이면 이 BHP들을 처리하여 해당 DB들 그룹을 동시에 스케줄링하는 방식으로서 기존에 제안된 스케줄링 방식들보다 버스트 손실 확률 및 채널 이용률을 향상시킬 수 있는 방식이다. 논문의 구성은 다음과 같다. 제 II장에서는 제안된 OBS 그룹 스케줄링 방식의 기본적인 개념과 그룹 스케줄링 시스템에 관하여 간단히 설명하였고, DB 스케줄링 메커니즘에 대하여 기술하였다. 제 III장에서는 그룹 스케줄링 방식의 성능을 평가하기 위하여, 전산 모의 실험을 통해 버스트 손실 확률 및 채널 이용률 측면에서 LAUC-VF 방식인 즉시 스케줄링(immediate scheduling) 방식과 비교 분석하였으며, 마지막으로 제 IV장에서는 본 논문의 연구 결과를 요약 정리하였다.

II. OBS 네트워크를 위한 그룹 스케줄링 방식

1. 기본 개념

OBS 네트워크에서는 ingress 노드들이 입력 패킷들(예를 들어 IP 패킷들)을 공통적인 목적지 egress 노드 주소와 서비스 등급 등에 따라 DB로 조합하여 전송하며, DB는 egress 노드에 도착한 후 원래의 패킷들로 분리된다. OBS ingress 노드에서는 DB가 사용할 네트워크의 자원을 예약하기 위해 채널 식별자, 목적지 노드 주소, DB 도착시간 및 DB 길이 등의 정보를 포함하는

BHP를 생성하여 전송하며, BHP 전송 후 일정 offset 시간이 지난 다음에 DB의 전송이 시작된다. DB와 BHP 들은 각기 서로 다른 데이터 채널과 제어 채널을 통해 전송된다.

OBS 그룹 스케줄링에서는 데이터 채널 시간을 작은 시간 구간 단위를 갖는 데이터 채널 스케줄링 창 (scheduling window)들로 분할하여 사용한다. 동일한 데이터 채널 스케줄링 창을 사용하려는 DB들의 BHP들은 해당 BHP 수집 창에 수집된다. BHP 수집 창이 종료되면, 이 창에 수집된 모든 BHP들을 동시에 처리하여 해당 DB 그룹을 한꺼번에 스케줄링한다. OBS 그룹 스케줄링은 반 오프라인(semi-offline) 모드로 동작하기 때문에 기존의 스케줄링 방식들과는 달리 스케줄러가 스케줄링 창 안의 모든 DB들에 대한 정보를 알 수 있으므로 보다 효율적으로 DB들을 스케줄링할 수 있다. 또한, 채널 사용 요청들, 즉 BHP들을 모두 수집할 때까지 기다리는 오프라인 스케줄링과는 달리 데이터 채널 시간을 작은 스케줄링 창으로 분할하여, 각 창의 마지막에 결정을 내리기 때문에 스케줄러가 적절하게 DB들을 스케줄링할 수 있다.

DB는 데이터 채널 시간 축에서 DB 길이에 해당하는 시간 선분으로 표현된다. 그러므로, 가변 길이를 갖는 DB들을 스케줄링하는 문제는 가변 길이의 시간 선분들을 직선 상에 배열하는 문제로 해석할 수 있다. DB 집합이 해당 시간 선분들로 변환되면, 스케줄러는 가능한 많은 수의 중첩되지 않는 시간 선분들을 채널 시간 창에 채우는 것이 목적이다. 스케줄러는 주어진 DB들의 집합에 대한 구간 표현(interval representation) 프로필을 구성하고, 이 프로필로부터 구간 그래프(interval graph)를 생성하여 주어진 시간 창에 중첩하지 않는 구간들의 최대 개수를 스케줄링한다. 이들 중첩이 일어나지 않는 구간들은 데이터 채널에서 경합없이 전송될 수 있는 DB들을 의미한다. 그러므로, 이와 같은 문제는 구간 스케줄링(interval scheduling)의 형태로 고려할 수 있다^[6, 10]. 각 구간의 시작 시간은 DB의 도착시간을 나타내며, 종료시간은 DB의 길이로 결정된다.

OBS 네트워크에서 그룹 스케줄링 시스템은 분산적으로 동작한다. DB 스케줄링은 코어 노드들에서 수행되며, 스케줄링 결정은 각 코어 노드에서 독립적으로 내려진다. Ingress 노드에서 egress 노드까지의 경로 상에 있는 각 코어 노드가 DB들을 출력 링크로 스케줄링한다. 또한, 노드들 사이의 정보 교환을 위한 프로토콜 및

시그널링이 네트워크에 필요하며, 가능한 프로토콜 중의 하나는 tell-and-wait를 들 수 있다^[1].

2. 일반적인 OBS 그룹 스케줄링 시스템

단일 데이터 채널에 대해 일반적인 OBS 그룹 스케줄링 시스템은 <그림 1>과 같이 BHP 그룹화 모듈(BHP Grouper), 분류 및 채널 할당 모듈(Classification & Channel Assignment), 그리고 데이터 채널 스케줄러 모듈(Data Channel Scheduler)로 구성된다. BHP 그룹화 모듈은 입력 BHP들을 DB들의 데이터 채널 시간 창에 따라 분류한다. 분류 및 채널 할당 모듈은 이들 시간 창 각각에 속하는 BHP들을 검사하여 DB의 CoS(Class of Service)에 따라 분류하고 채널의 관리 방침에 따라 큐잉시킨다. 데이터 채널 스케줄러 모듈은 데이터 채널에 DB들의 스케줄링 결정을 내린다. 따라서, 스케줄링 시스템에는 단기적, 장기적 트래픽 제어 및 관리 기능이 있으며, 자원 이용률을 최대화시키고 여러 시간 스케일에서 서비스의 차등화가 가능하다.

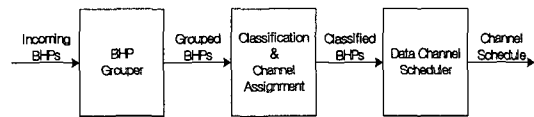


그림 1. 일반적인 구간 스케줄링 시스템 모델
Fig. 1. Generic interval scheduling system model.

3. DB의 스케줄링

BHP/DB 쌍들의 집합에 대해서 데이터 채널 스케줄러 모듈은 먼저 <그림 2>와 같이 구간 표현 프로필을 구성한다. <그림 2>에는 다양한 시작 시간과 길이를 갖는 일곱 개의 DB, A, B, ..., G가 도시되어 있다. 일단 구간 표현 프로필이 생성되면, 이 프로필은 <그림 3>과 같은 구간 그래프로 변환된다. 그래프에서 각 꼭지점은 하나의 DB를 나타낸다. 두 개의 DB가 서로 중첩하는 경우에만 두 개의 꼭지점을 연결하는 에지(edge)가 있다. 예를 들어, DB A와 B의 경우에 서로 중첩하므로 꼭지점 A와 B를 연결하는 에지가 있게 된다. 반면에, D와 E는 서로 중첩하지 않기 때문에 이들을 연결하는 에지가 없다. 구간 그래프로부터 서로 중첩하지 않는 DB 구간들의 최대 개수의 집합을 얻을 수 있는 알고리즘이 스케줄러에 적용된다^[11]. 그림의 예에서는 집합 {C, E, D}와 {C, E, A}가 가능하다. 데이터 채널 스케줄러 모듈은 스케줄링 시스템에 적용된 선택 기준에 따라 {C,

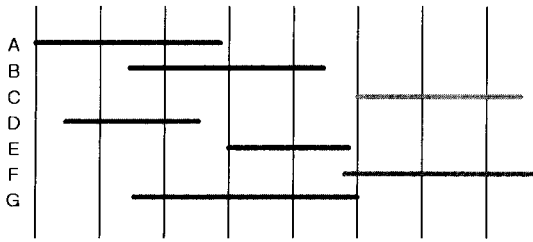


그림 2. 구간 표현
Fig. 2. Interval representation.

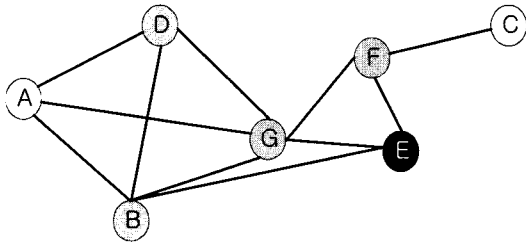


그림 3. 구간 그래프
Fig. 3. Interval graph.

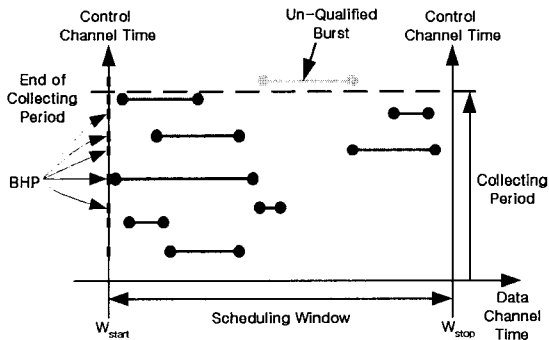


그림 4. 채널 스케줄링 창과 관련된 BHP 수집 창
Fig. 4. Channel scheduling window and associated BHP collection window.

E, D)와 (C, E, A)중의 하나를 선택한다.

<그림 4>는 단일 채널 스케줄링 창과 해당 BHP 수집 창의 시간 관계를 나타내고 있다. 수직 축 상의 짧은 선분들은 BHP들을 나타내며, 긴 수평 선분들은 각 BHP에 대한 DB들을 나타내고 있다. 수평 선분들은 데이터 채널 시간 창과 연관되어 도시되어 있다. BHP 수집 종료 시간 위쪽에 나타나는 BHP들은 이 스케줄링 창에서 스케줄링되지 않는다. BHP 수집 과정이 종료되면, 시스템은 스케줄링 결정을 내린다.

그림에는 DB들이 이 채널 스케줄링 창에서만 스케줄링되는 BHP들만을 나타내고 있다. 그림에 나타난 BHP들 이외에도 이 BHP 수집 기간 동안 도착하는 다

른 BHP들이 있으나 해당 DB들이 그림에 도시된 채널 스케줄링 창에서 스케줄링되지 않기 때문에 그림에는 표시하지 않았다. 이와 같은 경우는 <그림 5>와 같다.

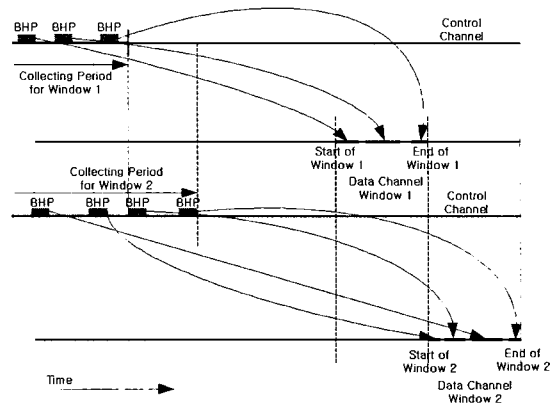


그림 5. 서로 다른 스케줄링 창에서 BHP들과 해당 DB들의 관계

Fig. 5. Relationship between BHPs and corresponding DBs in different scheduling windows.

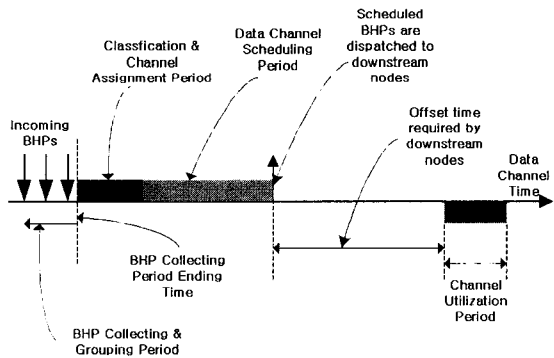


그림 6. 데이터 채널 스케줄링 창에서 DB 스케줄링 시간 다이어그램

Fig. 6. DB scheduling timing diagram in data channel scheduling window.

<그림 6>은 단일 데이터 채널 스케줄링 창에 대해 스케줄링 과정에 필요한 시간 관계를 도시하고 있다. 먼저, 입력 BHP들이 수집되고 그룹화된 다음에 BHP들의 분류 및 채널 할당 과정이 수행된다. 일단 데이터 채널과 서비스 수준이 확인되면 BHP들이 스케줄링되고 새로운 BHP들의 집합이 생성되어 해당 하향 노드들로 포워딩된다. 마지막으로 DB들이 도착하면 버퍼링되지 않고 포워딩된다. 스케줄링 결정은 DB들의 포워딩 과정이 실제로 시작하기 전, 적어도 하향 노드들에서 요구되는

offset 시간 전에 끝나야한다. 따라서, <그림 6>으로부터 중간 노드에서 요구되는 최소 offset 시간은 BHP 수집 및 그룹화 시간, 분류 및 채널 할당 시간, 데이터 채널 스케줄링 시간, 하향 노드들에서 요구되는 offset 시간, 그리고 채널 이용 시간의 합으로 나타난다. 이 방식은 기존의 개별적인 BHP 스케줄링 방식들보다 BHP 그룹화 및 DB 스케줄링을 위한 BHP 처리 시간이 각 노드에서 추가적으로 소요되게 되며, 스케줄링 후에 새로이 생성된 BHP들은 개별적으로 DB들과 재동기가 되어 해당 노드들로 전송된다.

III. 성능 평가

본 논문에서는 그룹 스케줄링 방식의 성능을 측정하기 위해 OBS 코어 노드에 다수 개의 입력 데이터 채널과 제어 채널들이 연결되어 있고, 제어 채널들을 통해 입력된 BHP들로부터 얻은 스케줄링 정보를 이용하여 하나의 출력 데이터 채널로만 DB들을 스케줄링하는 경우를 가정하였다. 또한, 노드의 광 스위치 패브릭(Optical Switch Fabric, OSF)에는 광 버퍼가 없다고 가정하였다. 성능 평가를 위해 전산 모의 실험을 통해 현재까지 가장 성능이 우수하다고 알려진 LAUC-VF와 같은 즉시 스케줄링 방식(immediate scheduling)과 비교하였다. 채널 전송률은 10Gb/s, 평균 버스트 크기는 20kB, 스케줄링 시간 창은 200 μ s를 사용하였다. DB의 길이는 균일 분포와 지수 분포 두 가지 경우를 고려하였고, DB의 도착 시간은 지수 분포를 가정하였다. 600개의 스케줄링 창들에 대해 0.55~1.20의 평균 스케줄링 창 부하(mean scheduling window load) 범위에서 버스트 손실 확률과 채널 이용률을 구하였다. 전산 모의 실험 수행 환경은 <표 1>과 같다. 여기서, 평균 스케줄링 창 부하는 수집 창에 수집된 입력 BHP들의 정보로부터 단일 스케줄링 창에 입력 예정인 모든 DB들의 길이 합을 스케줄링 창 하나의 크기로 나눈 평균치로 정의하였다. 성능 파라미터로서 버스트 손실 확률은 단일 출력 데이터 채널 스케줄링 창에서 스케줄링에 실패하여 손실된 DB의 개수와 입력된 DB 개수의 비율로 정의하였으며, 채널 이용률은 스케줄링 완료 후 단일 출력 채널로 전송되는 DB들의 총 길이와 스케줄링 창 길이의 비율로 정의하였다.

다음은 그룹 스케줄링 방식과 즉시 스케줄링 방식을 비교한 일례이다. 표 2는 DB 도착시간과 길이가 모두

표 1. 전산모의 실험 환경
Table 1. Simulation parameters.

Simulation Input Parameters	
number of classes	single class
number of output channels	single channel
channel rate	10 Gb/s
mean burst size	20 kB
scheduling time window	200 μ s
number of windows	600
mean scheduling window load	0.55~1.20

지수 분포이고, 평균 스케줄링 창 부하가 0.55일 때 입력 BHP 수집 창에 수집된 BHP들로부터 얻은 데이터 채널 스케줄링 창에 도착 예정인 각 DB들의 정보이다.

<그림 7>은 입력 예정인 각 DB들을 스케줄링 창에 시간적으로 배열한 것이다. 입력 DB들의 길이 합은 130.04 μ sec으로 나타났다. 즉시 스케줄링의 경우에는 점선 타원 안의 DB들은 제외되고 스케줄링이 된다. 15개의 입력 DB들 중 6개의 DB, 즉 (5, 9, 10, 11, 12, 13)이 손실되므로 버스트 손실 확률은 0.4이고, 손실된 6개 DB 길이의 합은 47.16 μ sec이므로 채널 이용률은

표 2. 평균 스케줄링 창 부하 0.55인 경우 스케줄링 창에 도착하는 DB들의 정보

Table 2. Information on DBs arriving in a scheduling window at a mean scheduling window load of 0.55.

DB	DB 도착시간 (μ sec)	DB 길이 (μ sec)	DB 종료시간 (μ sec)
1	130.91	22.57	153.48
2	55.65	0.97	56.62
3	111.41	1.23	112.64
4	96.5	6.85	103.35
5	89.98	11.27	101.25
6	1.05	7.83	8.88
7	164.80	10.24	175.04
8	33.78	9.14	42.92
9	21.38	15.16	36.54
10	36.72	15.82	52.54
11	19.42	17.20	36.62
12	136.60	1.65	138.25
13	172.46	8.60	181.06
14	154.15	0.18	154.33
15	87.68	1.33	89.01

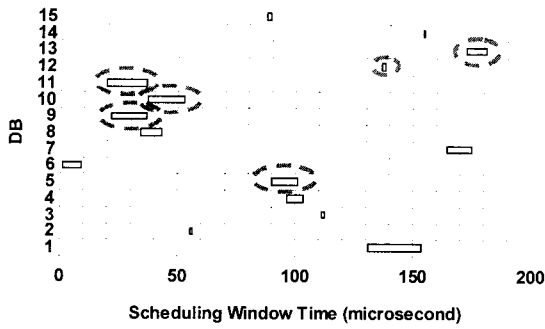


그림 7. 즉시 스케줄링 방식
Fig. 7. Immediate scheduling.

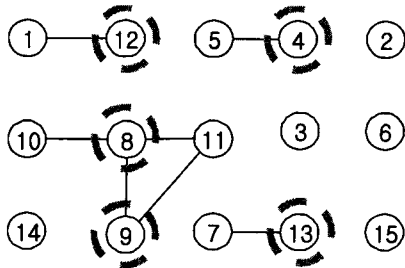


그림 8. 구간 그래프
Fig. 8. Interval graph.

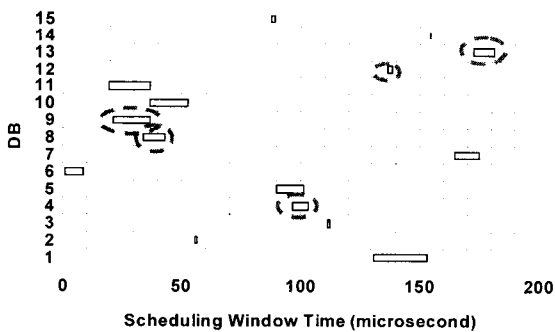


그림 9. 그룹 스케줄링 방식
Fig. 9. Group scheduling.

41.44%가 된다. 반면에 그룹 스케줄링 방식을 이용하는 경우에는 <그림 8>의 구간 그래프로부터 5개의 DB, 즉 {4, 8, 9, 12, 13}이 손실되어, 버스트 손실 확률이 0.33이며, 이들 5개 DB의 길이 합이 41.4 μsec 이므로 채널 이용률이 44.32 %가 된다. <그림 9>에 그룹 스케줄링 방식에 따른 스케줄링 결과를 보였다. 이 예에서 그룹 스케줄링 방식이 즉시 스케줄링 방식보다 버스트 손실 확률은 6.7%, 채널 이용률은 2.88% 정도 향상되었음을 알 수 있다.

1. 버스트 손실 확률

<그림 10>은 DB의 길이와 도착시간이 모두 지수 분포, 즉 DB의 길이가 가변적인 경우에 그룹 스케줄링과 즉시 스케줄링의 버스트 손실 확률을 나타내고 있다. 그룹 스케줄링의 경우에는 구간 그래프로부터 최대 안정 집합(maximum stable set)이 얻어진다.

그룹 스케줄링이 전산 모의 실험에서 고려한 평균 스케줄링 창 부하의 전체 범위에 걸쳐 즉시 스케줄링보다 개선된 성능을 보이고 있다. 스케줄링 창 부하가 증가할수록 구간 스케줄링 방식의 이득이 즉시 스케줄링보다 조금씩 증가하여 최고 5%까지 개선된 결과를 얻었다. DB들의 길이가 일정한 경우의 결과는 <그림 11>과 같다. 그러나, 이 경우에는 DB의 길이가 가변적인 경우보다 이득이 낮게 나타났다. 이와 같은 차이는 가변 길이의 DB 경우에는 DB의 길이가 지수 분포로 나타나기

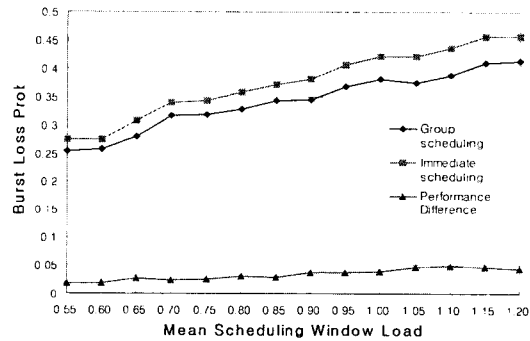


그림 10. DB의 길이가 가변적인 경우의 버스트 손실 확률
Fig. 10. Burst loss probability for the case of variable length DBs.

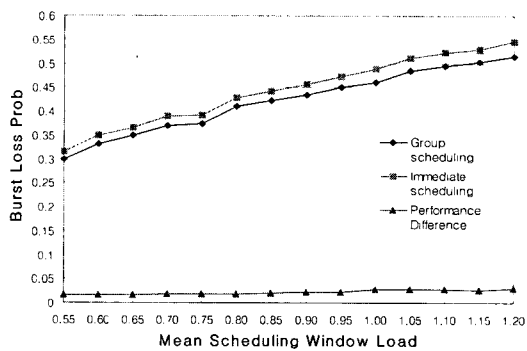


그림 11. DB의 길이가 일정한 경우의 버스트 손실 확률
Fig. 11. Burst loss probability for the case of fixed length DBs.

때문에 DB 사이의 빈 공간에 다양한 길이의 DB들을 채울 수 있는 확률이 고정 길이의 DB 만을 갖는 경우보다 높기 때문이라고 판단된다.

2. 채널 이용률

<그림 12>는 DB의 길이와 도착시간이 모두 지수 분포인 경우에 그룹 스케줄링과 즉시 스케줄링의 채널 이용률을 나타내고 있다. 그룹 스케줄링의 경우에는 구간 그래프로부터 구한 최대 안정 집합들로부터 각 스케줄링 창에서 채널 이용률이 가장 높은 집합을 선택하여 구한 결과이다.

동일 부하에서 OBS 그룹 스케줄링 방식의 채널 이용률이 즉시 스케줄링 방식보다 더 높게 나타나고 있다. 0.55~1.20의 스케줄링 창 부하 범위 전체에 걸쳐 채널 이용률이 약 5% 가까이 개선되었음을 알 수 있다. DB 크기가 동일한 경우의 채널 이용률은 <그림 13>과 같

다. 높은 스케줄링 창 부하 영역인 1.00~1.20부분에서 OBS 그룹 스케줄링 방식이 즉시 스케줄링 방식보다 특히 이용률이 높게 나타나고 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 OBS 네트워크의 코어 노드에서 버스트 스케줄링을 위해, 기존에 제안된 방식들처럼 입력되는 BHP의 정보를 이용해 해당 DB를 개별적으로 스케줄링하지 않고, 일정한 BHP 수집 시간 창에 모인 BHP들을 종합적으로 처리하여 해당 DB 그룹을 동시에 스케줄링하는 새로운 방식인 그룹 스케줄링 방식을 제안하였고, DB의 길이가 가변적인 경우와 일정한 경우에 대해 전산 모의 실험을 통해 성능을 측정하였다. 성능 평가를 위해 기존의 스케줄링 방식 중 가장 우수한 성능을 갖는 LAUC-VF 방식인 즉시 스케줄링 방식과 비교한 결과 그룹 스케줄링 방식이 버스트 손실 확률 및 채널 이용률 면에서 모두 즉시 스케줄링 방식보다 향상된 성능을 보였다. 또한, 가변적인 길이의 DB들의 경우가 일정한 길이를 갖는 DB들의 경우보다 버스트 손실 확률 및 채널 이용률 모두 높게 나타났다. 이는 가변 길이의 DB 경우에는 DB의 길이가 지수 분포로 나타나므로 DB 사이의 빈 공간에 다양한 길이의 DB들을 채울 수 있는 확률이 고정 길이의 DB 만을 갖는 경우보다 높기 때문이다.

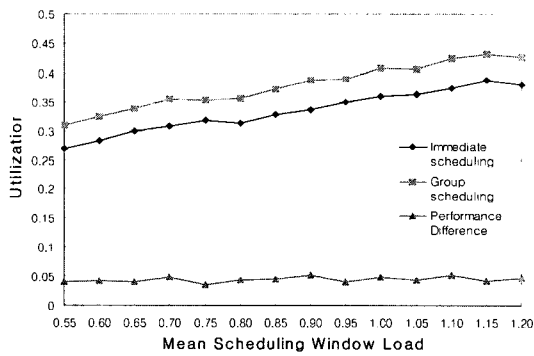


그림 12. DB의 길이가 일정한 경우의 채널 이용률
Fig. 12. Channel utilization for the case of variable length DBs.

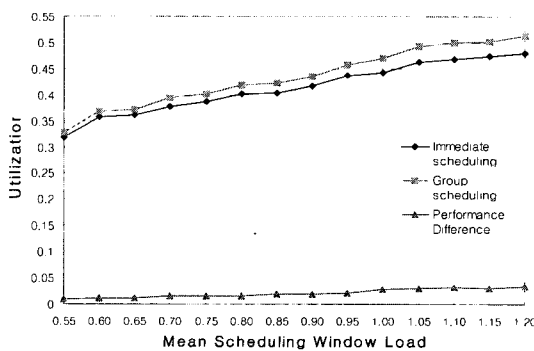


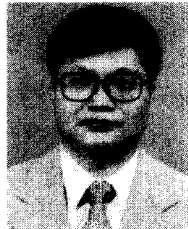
그림 13. DB의 길이가 일정한 경우의 채널 이용률
Fig. 13. Channel utilization for the case of fixed length DBs.

참 고 문 헌

- [1] J. S. Turner, "Terabit Burst Switching," Journal of High-Speed Networks, pp. 3-16, 1999.
- [2] C. Qiao and M. Yoo, "Optical Burst Switching (OBS): A New Paradigm for an Optical Internet," Journal of High-Speed Networks, pp. 69-84, 1999.
- [3] Jong-Dug Shin, Saravut Charcranon, Hakki C. Cankaya, and Tarek S. El-Bawab, "Procedures and Functions for Operation and Maintenance in Optical Burst-Switching Networks," IPOM2002, Dallas, TX, pp. 149-153, Oct. 29-31, 2002.
- [4] J. Y. Wei and R. I. McFarland, "Just-In-Time Signaling for WDM Optical Burst Switching Networks," IEEE Journal of Lightwave

- Technology, Vol. 18, No. 12, pp. 2019-2037, December 2000.
- [5] Y. Xiong, M. Vandenhoue, and H. C. Cankaya, "Control Architecture in Optical Burst Switched WDM Networks," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 18, no. 10, pp. 1838-1851, Oct. 2000.
- [6] Esther M. Arkin and Ellen B. Silverberg, "Scheduling Jobs with Fixed Start and End Times," Discrete Applied Mathematics, Vol. 18, pp 1-8, 1987.
- [7] Ulrich Faigle and Willem M. Nawijin, "Note on Scheduling Intervals On-Line," Discrete Applied Mathematics, Vol. 58, pp 13-17, 1995.
- [8] Richard J. Lipton and Andrew Tomkins, "Online Interval Scheduling," Proc. 5th Annual ACM-SIAM Symp. On Discrete Algorithms, Arlington, VA, 1994.
- [9] F. Gavril, "Algorithms for Minimum Coloring, Maximum Clique, Minimum Covering by Cliques, and Maximum Independent Set of a Chordal Graph," SIAM Journal of Computing, Vol 1, No. 2, pp. 180-187, 1972.
- [10] I. Widjaja, "Performance Analysis of Burst Admission Control Protocols," IEE Proceeding Communications, Vol. 142, pp 7-14, February 1995.
- [11] Martin C. Golumbic, Algorithmic Graph Theory and Perfect Graphs, Academic Press, New York, 1980.

 저 자 소 개



辛宗德(正會員)

1981년 : 연세대학교 전자공학과 학사. 1987년 : University of Texas at Austin Dept. of ECE 석사. 1991년 : Texas A&M University Dept. of EE 박사. 1991년 6월~1995년 2월 : 한국전자통신연구소 기초기술연구부 선임연구원. 2001년 8월~2002년 7월 : Alcatel USA, NSG 방문교수. 1995년 3월~현재 : 숭실대학교 정보통신전자공학부 재직. <주관심분야 : 광 패킷 스위칭, 광 버스트 스위칭, 위상 배열 안테나를 위한 광 TTD 빔 성형 시스템 등>