

IPTV 서비스를 위한 GPON 핵심 MAC 기술 개발

이 승 건, 장 종 욱, 배 문 한^o
동의대학교 컴퓨터공학과
몽골국제대학교 IT 학과^o

Improvement of GPON MAC Protocol For IP TV Service

Seung-Kun Lee, Jong-Wook Jang, Moon-Han Bae^o
Dept. of Computer Engineering, Dong-Eui University
Dept. of Information Technology, Mongolia International University^o

요 약

TPS(Triple Play Service)의 적용을 위한 유망기술로 PON(Passive Optical Network)기술이 있다. PON 기술의 가장 중요한 요소는 패킷의 처리량을 효율적으로 높일 수 있는 MAC(Multiple Access Control)기술이다. MAC 기술의 핵심은 DBA(Dynamic Bandwidth Algorithm)로 내부 환경을 고려하는 SR-DBA(Status Report DBA), 환경을 고려하지 않는 NSR-DBA(Non Status Report DBA)방식이 존재한다. 하지만 GPON의 DBA 알고리즘은 BPON의 알고리즘을 사용하여 성능이 떨어진다.

본 연구에서는 네트워크의 효율적이고 신속한 처리를 위한 BR(Borrow-Refund)-DBA 알고리즘을 개발하였다. 알고리즘의 성능평가를 위하여 처리량(Throughput), 공정성(Fairness), 큐 지연(Queue Delay) 항목에 대해 SR-DBA, NSR-DBA의 환경에 맞추어 평가하였다.

ABSTRACT

PON(Passive Optical Network) is the promising technology applicable to TPS(Triple Play Service). To improve process the packet, MAC(Multiple Access Control) is the most important technology in the PON. The core of MAC is DBA(Dynamic Bandwidth Assignment), it classifies SR-DBA(Status Report DBA) and NSR-DBA(Non Status Report DBA). But GPON DBA is using BPON's DBA, so it's bad in network efficiency.

This study develop BR(Borrow-Refund)-DBA for improve network efficiency and prompt process. For take the gauge of performance evaluation, estimate about throughput, fairness and queue delay in SR-DBA and NSR-DBA environment,

키워드

IPTV, GPON (Gigabit Capable Passive Optical Network), MAC (Multiple Access Control)

I. 서 론

현재 인터넷을 이용한 다양한 멀티미디어 서비스가 대중화되고, 서비스를 사용하는 사용자도 늘어나면서 더 큰 대역폭과 빠른 전송속도를 제공할 수 있는 차세대 통신망 구축을 위한 방안이 연구되고 있다. 이러한 방안을 통해 DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) 기술을 이용한 코어 네트워크 구간은 320Gbps 이상, LAN (Local Area Network)에서도 이더넷(Ethernet) 방식으로 10Gbps 이상이 지원되고 있다. 하지만 가입자 망에는 아직 xDSL(Digital

Subscriber Line)과 HFC(Hybrid Fiber Coaxial) 기술을 사용하고 있어 전체 네트워크에서 병목 현상을 발생시키고 시스템의 성능을 저하시키고 있다. 이러한 가입자 망을 보완하면서 네트워크의 효율성을 높이기 위한 기술의 하나로 PON (Passive Optical Network)기술이 있다.

PON 기술은 광 매체를 이용한 광통신 네트워크 기술이며, 하나의 OLT(Optical Line Terminal)에 다수의 ONU(Optical Network Unit)가 연결되는 점대다중점 구조를 가진다. PON은 프로토콜 방식에 따라서 APON(ATM PON), EPON(Ethernet

PON), GPON(Gigabit Capable PON)으로 분류된다. APON은 ATM (Asynchronous Transfer Mode) 프로토콜 기술을 사용하여 상하향 622Mbps의 전송대역을 제공한다. 이후 APON이 ATM 서비스만을 제공한다는 인식이 팽배하면서 BPON(Broadband PON)으로 재명명 하였다. BPON 기술의 결함으로는 IP(Internet Protocol) 기반의 서비스에 적합하지 않다는 단점을 가진다. EPON 기술은 2004년 IEEE802.3ah 그룹에 의해 표준화되었으며 가변길이의 이더넷 프레임을 사용하여 IP서비스를 효율적으로 제공하고 상하향 최대 1Gbps의 속도를 제공하지만, 음성 서비스를 제공하는데 있어서는 별도의 장치가 필요하다. 하지만 GPON 기술은 새롭게 정의된 GEM(GPON Encapsulation Method) 프레임 구조를 사용하여 가변길이 IP와 TDM 서비스, ATM 프로토콜을 오버헤드 없이 전송가능하다.

현재 PON 가입자 중 EPON 서비스의 가입자가 많은 비중을 차지하지만, 현재 세계 장비 제조업체와 통신업자들이 GPON 기술을 채택함에 따라서 GPON이 PON 기술의 주류를 이루어 2009년 세계적인 가입자는 600만을 넘어설 것으로 예상된다. 이러한 기술에 대비하여 GPON의 동적 대역 할당 알고리즘 (DBA : Dynamic Bandwidth Assignment)은 EPON의 DBA 알고리즘을 이용하고 있기 때문에 GPON 기술들 중에서 많은 관심을 받고 있는 상황에 있다.

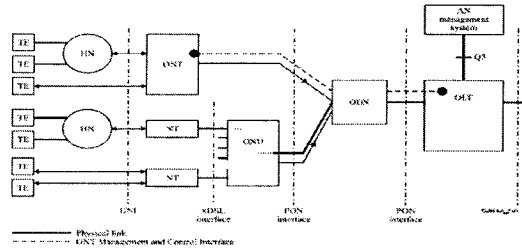
본 논문에서는 DBA 알고리즘을 GPON의 표준을 수용할 수 있는 BR-DBA (Borrow-Refund)DBA 알고리즘을 개발하였다. 성능의 향상평가를 위해 처리량(Throughput), 공정성(Fairness), 큐 지연(Queue delay) 측면으로 시뮬레이션하고 결과를 분석하였다.

II. 관련 연구

2.1 GPON 표준 및 구조

GPON은 ITU-T SG15에서 표준화를 담당하고 있으며, 표준문서는 G 984.1,2,3,4 에 정의되어있다. 주요내용으로는 GPON 전송속도, 제공서비스, 프레임규격, ONU와 OLT의 관리 등에 대한 내용을 포함하고 있다.

GPON은 기본적으로 하나의 OLT(Optical Line Terminal)에 다수의 ONU(Optical Network Unit)/ONT(Optical Network Terminal)와 분배 기능을 하는 ODN(Optical Distribution Network)이 연결되는 <그림 1>과 같은 점대대 중점 구조를 가진다.



<그림 1> GPON 참조모델

2.2 DBA(Dynamic Bandwidth Assignment)

DBA 알고리즘은 PON 망의 효율성과 QoS(Quality of Service)를 결정하는 중요한 요소이다. DBA 알고리즘은 기능에 따라 다음의 5가지로 구분할 수 있다.

- 1) ONU, OLT에 의한 혼잡상태 감지
- 2) OLT에 혼잡상태를 보고
- 3) 예약된 인자에 따라 OLT에서 대역폭 할당
- 4) T-CONT 타입과 갱신된 할당 대역폭에 따른 대역폭 획득
- 5) DBA의 전체적인 동작 관리

DBA 알고리즘은 그 특성에 따라서 SR(Status-report) DBA와 NSR(Non Status-Report)DBA 알고리즘이 있다. SR-DBA 방식은 ONU의 상향 전송 시에 OLT에게 T-CONT 버퍼의 블록, 셀 크기를 계산하여 데이터를 전송한다. 만약 버퍼의 블록이나 셀의 크기정보를 가지는 필드를 보고하지 않으면 잘못된 코드로 인식한다. 결국 SR-DBA 모드에서는 버퍼의 정보는 반드시 보내져야하며 버퍼의 정보가 전송되지 않으면 상향 데이터는 인식되지 않는다. NSR-DBA 모드는 OLT가 각각의 버퍼상태를 알기위해서 OLT로 유입되는 트래픽의 양을 모니터링 하는 방법을 이용한다. 이 방식에서는 트래픽의 유입량이라는 과거의 정보를 이용하기 때문에 원하는 대역폭을 할당하지 못하는 단점을 가진다.

2.3 EPON DBA

GPON의 표준화는 2004년 6월 표준화가 완료되었지만 DBA분야에 대해서는 현재까지도 표준화가 미비한 상황이다. GPON의 DBA는 BPON의 방식을 이용하고 있다. 버퍼의 데이터는 [표 1]과 같이 4가지의 서비스로 분류된다.

| 타입 | 서비스분류 | 대역제어 | 대역할당 알고리즘 |
|----|--------------------------|-----------------------|--|
| 1 | Fixed BW | Provisioned | 일정한 주기로 동일한 크기의 Time slot 할당 |
| 2 | Assured BW | Provisioned | ONU의 요구에 따라 Time Slot을 할당하고, 평균 이상의 대역폭을 넘어서는 경우 할당하지 않음 |
| 3 | Assured BW + Non-assured | Dynamic | 보장된 대역폭까지는 타임슬롯 사용하고 그 이상은 각 ONU간에 WRR방식으로 대역폭을 추가하고 설정한 대역폭 미달은 할당 없음 |
| 4 | Best-effort | Dynamic | 타입 1,2,3에서 할당하고 남은 대역폭을 RFR방식으로 분배 |
| 5 | All Types | Provisioned + Dynamic | 타입 1,2,3의 모든 대역폭 할당과정을 통해 대역폭을 할당받음 |

[표 1] 서비스에 따른 대역할당 방법

이러한 할당방식은 다음과 같은 문제점을 유발한다.

- 타입 3의 WRR(Weighted Round Robin)방식은 요구대역폭에 비례하여 할당하기 때문에 대역폭을 많이 요구하는 버퍼에만 불공평한 할당이 일어나게 된다.
- 타입 4의 RR방식은 요청 량에 관계없이 남은 대역폭을 공정하게 나누는 방식이다. 그래서 요청이 없거나 많은 버퍼의 경우 원하는 대역폭을 효율적으로 받을 수 없게 된다.

위와 같이 현재의 GPON DBA 알고리즘은 BPON DBA 알고리즘을 참고하고 있기 때문에 공정성과 효율성을 개선할 필요성이 있다.

III. BR(Borrow-Refund)DBA

BR-DBA 알고리즘의 기본개념은 전체적으로 동일한 대역폭을 버퍼에 할당하고 대역폭의 효율적 관리를 위하여 대역폭을 서로 빌릴 수 있도록 하는 DBA 알고리즘이다. 알고리즘의 동작 과정을 [표 2]를 통해 예를 들었다.

| | | 버퍼 1 | 버퍼 2 | 버퍼 3 |
|-------------|-------------|--------|------|------|
| 1st 상향전송 | 가능 대역폭 = 15 | 15/3=5 | 5 | 5 |
| | 요구대역폭 | 4 | 5 | 6 |
| | 할당대역폭 | 4 | 5 | 6 |
| 2nd 상향전송 | 가능 대역폭 = 12 | 12/3=4 | 4 | 4 |
| | 요구대역폭 | 5 | 5 | 5 |
| | 할당대역폭 | 5 | 4 | 3 |

[표 2] BR-DBA 타임슬롯 할당 예

첫 번째 전송에서 대역폭은 각 버퍼가 5개씩 나누어 가진다. 하지만 버퍼3은 그 이상의 대역폭을 요구하고 있으며, 버퍼 1은 할당대역폭보다 작은 대역폭을 요구하고 있으므로, 버퍼3에 대역폭을 빌려준다. 그러면 모든 버퍼가 필요한 정보를 보낼 수 있게 된다.

두 번째 전송에서 각 버퍼는 4개의 대역폭을 가진다. 모든 버퍼의 요구 대역폭은 5개이다. 버퍼1은 처음에 대역폭을 빌려주었으므로 버퍼3에서 대역폭을 받아 전송하게 되고, 버퍼2는 할당 대역폭만큼 전송한다. 그리고 버퍼3은 대역폭을 빌려주어 3만큼 전송하게 된다.

IV. 성능평가

4.1 실험환경

BR-DBA의 알고리즘의 성능평가를 위하여 네트워크 시뮬레이터인 NS(Network Simulator)-2를 이용하였으며 실험환경은 [표 3]과 같이 설정하였다. 또한 GPON 환경의 다양한 평가를 위해 SR-DBA 방식과 NSR-DBA 방식을 나누어 평가하였다.

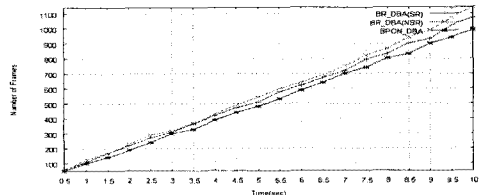
| | | 설명 |
|-------------|----------------|----------------|
| ONU 개수 | | 32개 |
| T-CONT 타입 | | 타입 1,2,3,4 |
| Packet Size | Fixed BW | 1,500 bytes |
| | Assured BW | 4,096 bytes |
| | Non-assured BW | 4,096 bytes |
| | Best effort BW | 4,096 bytes |
| 대역폭 | 상향 | 1.24416 Gbit/s |
| | 하향 | 2.48832 Gbit/s |

[표 3] 사용된 프로그램과 실험 환경

4.2 성능평가

1) 처리량(Throughput)

기본적인 성능 평가를 위해 기존의 BPON-DBA 알고리즘과 SR-DBA와 NSR-DBA 방식을 설계하여 평가하여 <그림 2>와 같은 결과를 얻었다.



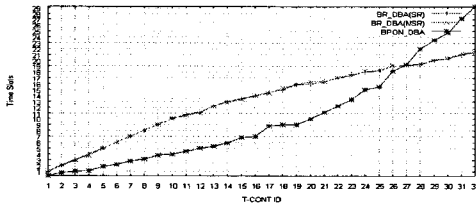
<그림 2> 시간에 따른 패킷의 누적 처리량

BPON DBA 알고리즘은 [표 1]과 같은 방식으로 대역폭을 할당하기 때문에 대역폭의 낭비가 있지만, BR-DBA 알고리즘은 이러한 문제를 보완하였기 때문에 프레임의 처리량이 증가 하였다. SR-DBA와 NSR-DBA간에는 NSR-DBA가 더 뛰어난 처리량을 보였다. 그 이유는 SR-DBA 방식이 버퍼의 현재 상태를 확인하기 위한 정보를 보내고 NSR-DBA 알고리즘은 상태정보에 대한 대역폭을 할당하지 않지만, 시뮬레이션에서 정보를 실제적으로 넣을 수 없기 때문인 것으로 판단된다.

2) 공정성(Fairness)

BPON DBA가 가지고 있는 WRR, RR 방식의 문제점을 보완한 BR-DBA의 BR(Borrow, Refund) 방식을 검증하기 위하여 다음과 같은

시나리오를 구성해 보았다. Non-assured 서비스를 요구하는 32개의 T-CONT에 1~32까지의 ID를 부여하고 그 아이디의 번호에 해당하는 개수만큼의 타임슬롯을 요구하였다. 전체 타임슬롯은 전체 32개의 버퍼가 요구하는 528개보다 작은 300개로 제한해 두었다.

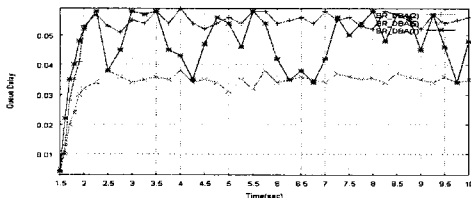


<그림 3> 타임슬롯 요구에 따른 할당 타임슬롯 수

BPON DBA의 Non-assured BW에서는 WRR 방식을 사용하기 때문에 버퍼의 ID가 커질수록 할당 타임슬롯이 커지기 때문에 많은 요구를 한 버퍼에 많은 슬롯이 요구되는, 급격한 증가율을 보인다. 하지만 BR-DBA에서는 동등한 대역폭을 나누어 주므로 평균 대역폭을 요구(대역폭=10)까지는 일정한 대역폭을 나누어 주게 된다. 하지만 마찬가지로 대역폭이 일정하지 못하지만, 기울기를 비교했을 때, 기존 GPON의 DBA인 BPON DBA 방식보다는 우수한 공정성을 가지는 DBA임을 확인할 수 있었다.

3) 큐지연(Queue delay)

BR-DBA의 큐지연의 성능 평가를 위하여 Borrow-Refund를 몇 번 기억하여 적용하는지를 기준으로 잡아 BR-DBA 알고리즘의 성능을 평가해 보았다.



<그림 4> BR table 저장횟수와 큐의 평균 지연

Borrow-Refund를 몇 번 기억하는가에 따라서 <그림 4>와 같은 결과를 나타내었다. BR 정보를 2회 기억하면 0.05~0.06ms의 지연을 나타내었고, BR 정보를 최대 5회 기억하도록 시뮬레이션 하면 0.03~0.04ms의 평균지연을 나타내었다. 하지만 최대 지연을 7회로 지정하게 되면 0.03~0.06ms의 불규칙적인 지연을 나타내었다. 과거 연구되었던 자료에 의해 BPON DBA 평균지연이 0.06~0.07ms를 나타내는 것을 감안하면 BR-DBA 알고리즘은 평균 0.03ms의 큐 지연을 줄일 수

있는 것으로 평가된다.

V. 결 론

GPON에서 시스템의 효율적 관리를 위한 기술로 DBA 알고리즘이 있다. 하지만 GPON DBA 알고리즘은 BPON의 DBA 알고리즘을 이용하고 있기 때문에 필요치 않은 버퍼에 대역폭 할당과 버퍼간의 공정성 문제를 가지고 있다.

본 논문은 기존 GPON의 DBA의 알고리즘인 BPON DBA의 문제점을 개선하기 위한 BR-DBA 알고리즘에 대해 SR-DBA 방식과 NSR-DBA의 경우로 나누어 성능평가를 수행하였다. BR-DBA를 기존의 DBA 알고리즘의 문제점을 개선하기 위하여 대역폭을 공정하게 나누어 주고 Borrow-Refund 하는 방식으로 동작한다. BR-DBA 알고리즘의 성능개선을 확인하기 위해 NS-2를 이용하여 전체 처리량과 타임슬롯에 대한 할당량, 전체 시스템의 큐지연에 대한 성능을 평가하였다. 성능 분석 결과 본 논문에서 제시한 BR-DBA 알고리즘이 기존의 GPON DBA 알고리즘보다 처리량, 공정성, 시스템 큐 지연 측면에서 더욱 우수한 결과를 보여주었다.

참고문헌

- [1] ITU-T G.984.1, "General Characteristics for Gigabit-capable Passive Optical Networks", 2003.3.
- [2] ITU-T G.984.2, "Gigabit-capable Passive Optical Networks(GPON) : Physical Media Dependent(PMD) Layer Specification", 2003.3.
- [3] ITU-T G.984.3, "Gigabit-capable Passive Optical Networks(GPON) : Transmission convergence layer specification", 2004.4.
- [4] ITU-T G.984.4, "Gigabit-capable Passive Optical Networks(GPON) : ONT management and Control interface specification", 2004.6.
- [5] ITU-T G.983.4, "A broadband optical access system with increased service capability using dynamic bandwidth assignment", 2004.4.
- [6] ETRI, "GPON 기술 표준 규격 및 개발 동향", 2006.2.
- [7] 김준석, 연훈제, 이재용 "G-PON에서의 AF-DBA 알고리즘 제안", 2005.4.
- [8] IEEE Communication Magazine "Efficient Transport of Packets with QoS in an FSAN-Aligned GPON" 2004. 2.
- [9] IITA "FTTH 기술 및 시장 동향", 2004.12.