
댁내 망을 고려한 광 수동 망에서 Multiple Queues-FIFO 자원할당 알고리즘 설계 및 분석

장종욱*

The Design of Resource Assignment Algorithm using Multiple Queues-FIFO over Residential Broadband Network

Jong-wook Jang*

이 논문은 2000년도 동의대학교 연구비를 지원받았음

요 약

광대역 액세스 망에서 합류, 분배 지점에서의 효율을 고려한 광 수동망 설계는 중요하다. 광 수동망 구조는 매우 간단하지만, 가입자들에서 발생하는 상향 트래픽 제어를 위해서는 매체 접근 제어 프로토콜이 필요하다. 한편, 사무실 환경을 위한 통신규약은 이미 표준화되어 있다. 광대역 통신망과 다양한 가전 제품의 증가에 의해 홈 네트워크 구성은 자연스러운 일이 되었다. 가정에서 사용하는 네트워크 응용 범위가 넓어짐에 따라 액세스 망과 여러 형태의 트래픽을 발생시키는 홈 네트워크 환경을 고려하였다. Global-FIFO는 매우 간단하고, 기본적으로 요구-허용 메카니즘의 동적인 상향 대역 할당방식을 사용한다. 이것은 셀을 기본 단위로 한 효율적인 대역을 사용할 수는 있지만, 다양한 형태의 트래픽을 취급하는 홈 네트워크에는 적합하지 않다. 본 논문에서, 우리는 ATM-PON과 홈 네트워크 환경에 적합한 성능을 제공하는 MQ-FIFO라는 새로운 자원할당 MAC 알고리즘을 설계하고 분석한다.

ABSTRACT

Earlier efforts on optical access concentrated on the design of PONs for the collection and distribution portion of the access network. In these networks the optical hardware in the RN is very simple, but a multiple access protocol is needed for upstream traffic control. On the other hand, the role of communications is already well established in the office environment. With the advent of cheap, affordable broadband communications and the increasing complexity of consumer electronics, it seems natural to extend the network into the home. As the application of Home Area Network is ever increasing, we therefore consider connectivity between access network and home network which generates various traffic to design MAC protocol over residential network. Global-FIFO is quite simple and allows dynamic upstream bandwidth assignment on the basis of a request-and-permit mechanism. It has good bandwidth

* 동의대학교

접수일자: 2001. 12. 12

efficiency and being cell-based, it does not consider the various traffic from home network. In this paper, we design and analyze the new MAC resource assignment algorithm called MQ-FIFO (Multiple Queue-FIFO) that provides good performance under the environment of ATM-PON and Home Network.

키워드

ATM-PON, MAC

1. 소개

90년대 초반부터 제기된 택내에서의 새로운 광통신 서비스들의 빠른 확산은 액세스 망에 여러 형태의 하부 통신구조를 제시하고, 주목할만한 발전을 끌어낸 중요한 요인이 되었다. 광대역 액세스 망에서 합류, 분배 지점에서의 효율을 고려한 광 수동망(PON; Passive Optical Network) 설계는 중요하다. 수동적인 구조에 있어서의 장점은 저렴한 비용, 간편한 유지 보수 및 전원이다. 현재처럼 여전히 고비용의 FTTH(Fiber To The Home) 광 대역망은 미래에도 전망이 밝지 않다. ATM 스위칭을 제공하고, 수동적인 광대역 구조에 기반을 둔 FTTH망은 시험 개발되어 왔고 표준화중이다[1]. 광 수동망의 구조 형태는 매우 간단하지만, 집중되는 상황 트래픽 제어를 위해서 매체 접근 제어 프로토콜이 필요하다.

한편, 이더넷과 같은 네트워킹 기술로 인해 사무실 환경을 위한 통신규약은 이미 표준화되어 있다. 광대역 통신망과 다양한 가전 제품의 증가에 의해 택내에서의 네트워크 구성은 자연스러운 일이다. 또한, MPEG과 DSP 기술은 고속의 통신 기능을 가진 다

지털화된 가전제품을 만들어 냈다. 예로 홈 네트워크를 위한 구성 방법으로 IEEE1394를 들 수 있다. 기본적으로, 컴퓨터와 주변장치를 연결하는 기존의 버스(예, SCSI)를 대체하기 위해 개발된 IEEE1394 버스는 400Mbps의 속도와 hot-plugging 기능을 제공한다.

그림 1에서 보는 것과 같이 융통성이 있는 구조의 peer-to-peer 토폴로지를 취하는 IEEE1394는 프린터와 하드 드라이브에서 디지털 오디오 및 비디오까지 실시간으로 요구를 처리하고 연결해 준다. 초고속 IEEE1394 직렬 버스는 컴퓨터와 정보가전제품을 위한 디지털 데이터 전송에 대변혁을 가져올 것이다. 디지털 장비간에 고속, 저 비용과 같은 특징들을 제공함으로써 IEEE1394는 일반적인 I/O 커넥션으로 자리할 것이다. 홈 네트워킹의 용용이 증가함에 따라 그림 2와 같이 비동기적 트래픽 및 동시적 트래픽과 같은 여러 형태의 트래픽을 발생 시킬 때 효율적인 홈 네트워크와 액세스망간의 자원 할당이 필요하다. ATM-PON 상에서 TDM MAC프로토콜의 수행은 OLT와 ONT에 의해 수행된다.

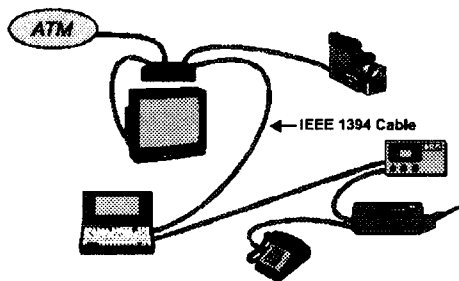


그림 1. 홈 네트워킹에서의 IEEE 1394
Fig. 1 IEEE 1394 In-home Networking

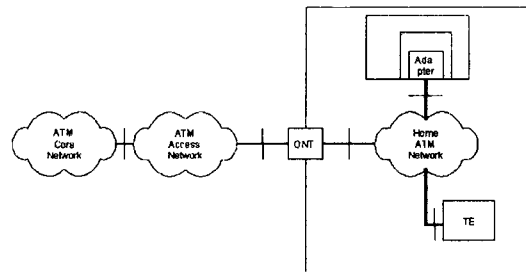


그림 2. 액세스 네트워크와 홈 네트워크의 연결
Fig. 2 Connectivity between access network and home network

MAC에 의한 신호 트래픽 흐름은 OLT와 ONT에

서 변환되고 이러한 MAC 신호 정보 처리를 위해 OLT와 ONT에 필요한 논리가 제공되어 진다[2]. ATM-PON관련 연구는 RACE European의 BAF (Broadband Access Facilities)에서 계속 추진 중에 있고, 시험개발 작업도 포함되어 있다. BAF에 의해 달성된 목표 중 하나로 상향 트래픽 다중화 관리가 가능한 여러 가지 매체 접근 제어 프로토콜에 관한 연구이다[3]. 그 중 Global-FIFO는 셀 기반 방식으로, 구조가 매우 간단하다. 이 방식은 요구(request)-허용(permit) 기법을 사용함으로써 동적인 상향 대역 할당방식을 제공한다. 이 알고리즘은 셀에 기반을 두고 좋은 대역 효율을 제공한다. 그리고 셀 지연 변이에도 큰 원인을 제공하지 않는 장점이 있다. 그러나, 단일버퍼를 가지는 Global-FIFO 알고리즘은 홈 네트워크에서 다양한 단말기로부터 다양한 응용을 제공하기 위한 다양한 형태의 트래픽은 고려하지 않고 개발되었다.

따라서 본 논문에서는 ATM-PON과 홈 네트워크 환경에서 좋은 성능을 제공하는 MQ-FIFO라는 새로운 자원할당 MAC 알고리즘을 설계하고 그 성능을 분석한다. 제 2장에서 MQ-FIFO의 기능에 대해 다루며 MQ-FIFO의 시뮬레이션 성능평가 및 큐의 수에 따른 처리량, 지연 및 손실에 관한 성능평가는 제 3장에서 다룬다. 그리고 결론을 다룬다.

II. MQ-FIFO

그림 3은 MQ-FIFO프로토콜을 수행하기 위해 필요한 하부구조를 나타내고 있다.

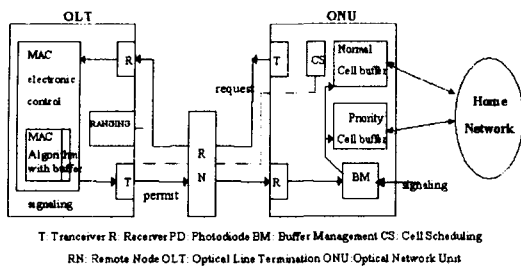


그림 3. 홈 네트워크의 PON에서 트래픽 제어 기능
Fig. 3 Traffic control functions on PON with Home Network

이 프로토콜은 동기방식이기 때문에 전체 네트워크 셀 슬롯은 동기화 되어야 한다. 더구나, OLT로부터 떨어져 다른 곳에 위치한 ONT의 전송 지연은 ranging에 의해 같아야 한다. 이 그림은 또한 OLT와 ONT의 버퍼링 수용 위치를 보여주고 있다. 특히, 각 ONT는 홈 네트워크 단말기들의 다양한 트래픽 타입을 나타내는 최우선 큐, 우선 큐, 일반 큐 등 다양한 큐들을 가지고 있다. 그림 4는 프로토콜이 어떻게 작동하는가를 간단하게 보여주고 있다.

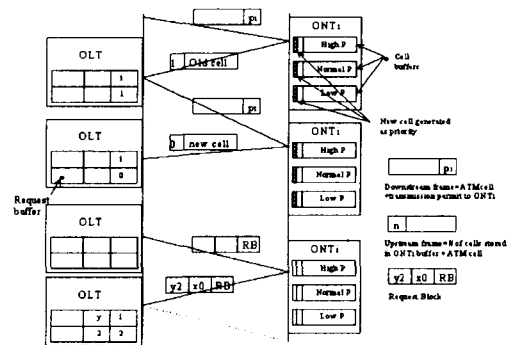


그림 4. MQ-FIFO 동작 과정의 다이어그램
Fig. 4 Time diagram of a MQ-FIFO operating sequence

MQ-FIFO 알고리즘에서 여러 형태의 큐를 가진 각 ONT는 OLT에 전송허용을 위한 요구(request)를 보낸다. 이 요구는 ONT가 보내는 각 상향 ATM 셀의 Tag 안에 추가적으로 포함되어 있다. Tag에는 ONT가 일반 큐를 포함해서 전송되기를 기다리는 우선 큐들이 저장된 셀들의 크기를 명시하고 있다. 홈 네트워크로부터의 모든 셀은 시간, 우선 순위에 근거하여 큐에 저장된다. 각 셀은 그 자신의 우선 순위를 가지고 있고, 같은 우선 순위를 가지는 큐 안에서는 더 이상 우선순위를 따지지 않고 단지 시간별로 저장된다. ONT에 도착한 최우선순위의 셀을 가정해 보자. 이미 저장된 셀을 모니터하고 관리하는 셀 버퍼 카운터는 큐에 있는 셀의 수를 조사한다. 한편, 모든 큐는 동일한 레벨을 유지하기 위해 제어된다. 즉 각 큐에 저장되는 셀들은 같은 수준으로 유지된다. 따라서 순위가 높은 셀은 같은 순위의 큐가 다른 큐의 수준에 이미 도달하였다면 그 다음 순위가 낮은 큐로 옮겨 저장된다.

각 ONT에서 OLT까지의 큐의 전송 순서는 최우선 순위의 큐로부터 낮은 순위의 큐로 round-robin 형태이다. 이때 전송되는 최초의 셀은 최우선 큐에서 전송되고 두 번째 셀은 그 다음 순위의 우선 순위 큐에서 전송되고, 세 번째 셀은 그 다음 낮은 순위의 큐에서 전송된다. 가장 낮은 순위의 큐까지 순서가 돌고 난 뒤, 다시 최우선 큐에서 전송이 시작된다.

OLT는 각 셀 슬롯의 요구들을 모아 Request 큐에 저장한다. 동시에 OLT는 FIFO 순서로 셀 전송을 요구한 각 ONT에 허용(permit) 하향 정보를 전송하기 위해 Tag를 하향 ATM 셀에 추가되는 작업을 한다.

허용이 떨어진 후에 각 ONT는 최우선 셀 버퍼의 셀 슬롯부터 허가 받은 수 만큼의 셀을 전송할 수 있다. OLT가 각 ONT의 요구에 관한 자원 할당을 마친 후 request 큐가 비었을 때 OLT는 각 ONT에게 요구 블록(RB; Request Block)을 전송한다. 요구 블록의 구성은 ONT당 하나의 필드를 제공하는 형식으로 이루어져 있다. 각 ONT는 OLT에 새로운 요구를 하기 위해 요구 블록의 한 필드 사용한다. 이것은 ONT에 알리지 않고 새로운 연결을 설정할 수 있다. 예약이 충돌없이 성공적으로 이루어졌다면, 각 ONT는 허가받은 수 만큼 다시 셀들을 전송할 수 있다.

상향 프레임은 데이터 셀과 최대한의 데이터 셀을 예약하기 위해 요구 정보 슬롯을 담고 있다. 예약이 성공적으로 이루어지면 모든 ONT는 하향 프레임상에서 예약 허가를 감지하고, 각각 미처리된 예약 셀들을 유지 관리한다.

III. 성능 평가

1. 시뮬레이션 배경

MQ-FIFO를 지원하는 FIFO 구조의 트래픽 성능은 주로 리눅스 5.0 시스템 하에서 NS (Network Simulator) 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 분석하였다 [4]. MQ-FIFO 방식을 입증하기 위해 우리는 ONT에서 좋은 성능을 나타내는 큐의 수로서 성능을 평가하였다. 왜냐하면 MQ-FIFO는 홈 네트워크에서 제공되는 여러 형태의 트래픽을 고려하여 멀티 큐를 사용하는 반면 Global-FIFO는 단일 큐를 제공하기 때문이

다. 시뮬레이션을 위해 우리는 ITU-T 표준을 따르는 몇 가지 일반적인 네트워크 파라미터를 설정하였다[5].

RN(Remote Node)에서의 상향 속도는 그림 5에서와 같이 B의 출력 속도를 155Mbps로 가정하였다. 이 값은 네트워크에서 모든 송수신간의 작업 비트율을 고려한 것이다. ATM 셀 포맷은 주어지고, B는 C의 셀 속도, 36,680cell/s에 해당하고 셀의 지속시간 $T = 2.7(\text{sec})$ 로 주어졌다. 간단히 하기 위해, 모든 32-ONT는 OLT로부터 같은 거리로 떨어진 $D = 10\text{Km}$ 로 하였다. RN에서 ONT까지의 거리는 2Km로 설정하였다. 이러한 조건에서 OLT와 ONT간의 전달 시간은 대략 19-셀 슬롯이고, 반면 RN과 ONT간의 전달 시간은 대략 4-셀 슬롯이다. 트래픽 모델로는 ATM 트래픽(CBR, UBR, ABR, UBR)을 채택하였다.

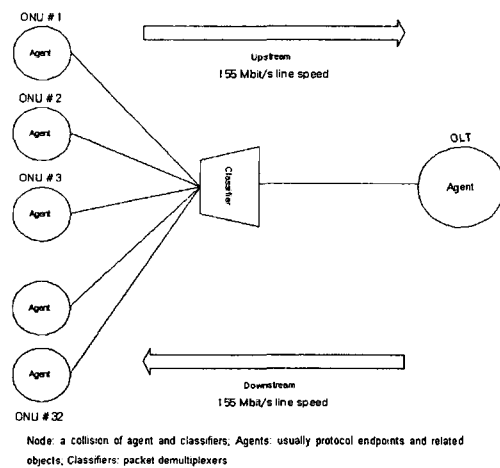


그림 5. 시뮬레이션 모델
Fig. 5 Simulation Model

MAC 프로토콜의 성능은 분산된 스테이션간의 네트워크 작업량과 트래픽 모델에 크게 좌우된다. 가장 중요한 성능 파라미터는 처리량과 평균 메시지 지연 처리 속도이다. 이 파라미터들은 MAC 프로토콜의 가장 중요한 성능평가 파라미터이다. 따라서 본 논문에서도 다음과 같은 트래픽 파라미터를 가지고 평가해보겠다.

- 셀 전송 지연(Cell transfer delay)

- 셀 전송지연의 표준 편차에 의한 셀 지연 변이(Cell delay variation)
- 셀 손실 확률(Cell loss probability)

2 결과 분석

MQ-FIFO를 채택한 FTTH ATM-PON 네트워크의 장점을 얻기 위해 우리는 단일 큐를 사용하는 Global 큐와 이 구조의 성능을 비교하였다. 이 경우 네트워크는 실제적인 트래픽 조건 하에서 테스트되었다. 이때 홈 네트워크 사용자는 96명으로 가정하였다. 즉 하나의 ONT당 3:1의 경쟁을 가지는 것을 의미이다. 이 결과들은 다음 절에 나타나 있다.

① 지연 성능(Delay performance)

셀 전송 지연은 MQ-FIFO에서 버퍼의 평균 점유시간을 의미한다. 그림 6은 다양한 트래픽 환경 하에서 MQ-FIFO의 셀 전송 지연에 관한 성능을 보여 주고 있다. 전송 지연은 현재 메시지가 생성된 시점부터 그 메시지의 마지막 셀이 수신된 순간까지의 시간으로 설정된다. 그림7에서 통합 트래픽인 경우에도 큐가 3개일 때 셀 전송 지연이 다른 수의 큐보다 더 짧다는 것을 알 수 있다. 셀 전송 지연 변이는 그림 8과 같은 결과를 가져온다. 그림 7, 8에서 우리는 다른 수의 큐를 사용했을 때보다 큐의 수가 3개일때 셀 전송 지연이 적다는 것을 알 수 있다.

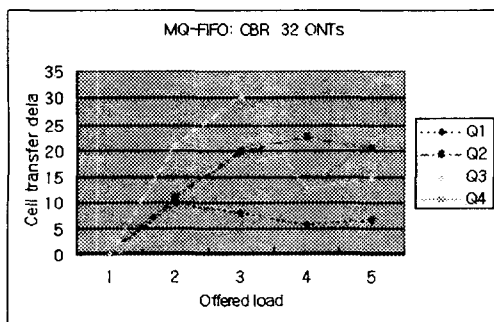


그림 6(a). CBR 트래픽에서 MQ-FIFO의 셀 전송 지연 성능
Fig. 6(a) Cell transfer delay performance of MQ-FIFO under CBR traffic

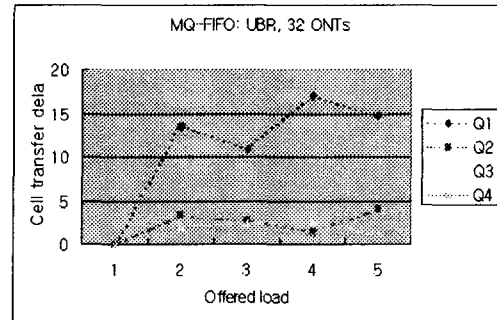


그림 6(b). UBR 트래픽에서 MQ-FIFO의 셀 전송 지연 성능
Fig. 6(b) Cell transfer delay performance of MQ-FIFO under UBR traffic

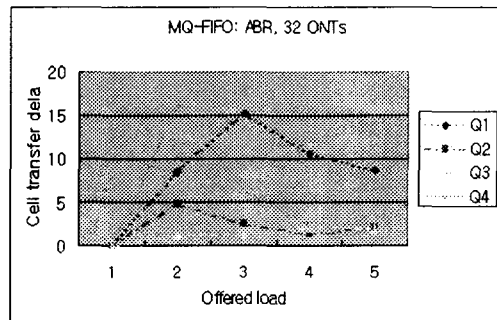


그림 6(c). ABR 트래픽에서 MQ-FIFO의 셀 전송 지연 성능
Fig. 6(c) Cell transfer delay performance of MQ-FIFO under ABR traffic

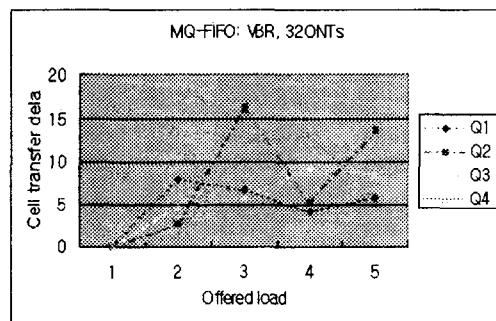


그림 6(d). VBR 트래픽에서 MQ-FIFO의 셀 전송 지연 성능
Fig. 6(d) Cell transfer delay performance of MQ-FIFO under VBR traffic

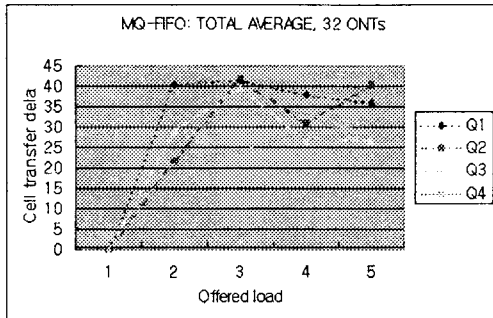


그림 7. 전체 트래픽의 셀 전송 지연 평균
Fig. 7 Cell transfer delay of total(all traffic) average

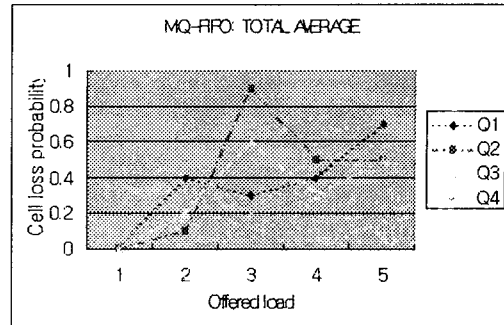


그림 9. 전체 트래픽의 셀 손실 확률 평균
Fig. 9 Cell loss probability of total(all traffic) average

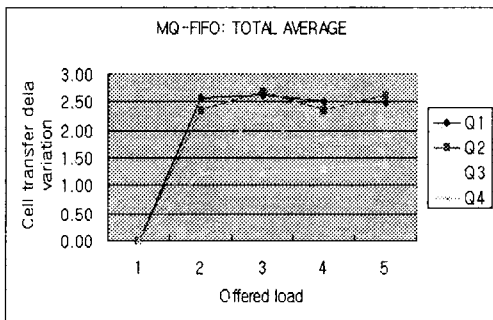


그림 8. 전체 트래픽의 셀 전송 지연 변이
Fig. 8 Cell transfer delay variation of total(all the traffic) average

이러한 결과를 바탕으로 우리는 3개의 큐를 가진 MQ-FIFO가 홈 네트워크를 고려한 광 수동망의 구조에서는 가장 높은 효율을 보이는 것을 알 수 있다. 이것을 통하여 MQ-FIFO 알고리즘은 지연과 지연 변이에 예민한 실시간 네트워크 응용에 매우 적합함을 알 수 있다.

② 셀 손실 확률

우리는 모든 트래픽을 발생시키는 32-ONT를 고려하였다. 그림9는 큐가 3일 때의 셀 손실 확률이 다른 수의 큐보다 줄어든다는 것을 보여주고 있다.

셀 전송 지연과 셀 손실 확률의 평가 후 우리는 3개의 큐를 가지는 MQ-FIFO 알고리즘이 낮은 전송지연과 과부하 상태에서도 ATM-PON과 홈 네트워크에 가장 큰 장점을 가지고 있는 것을 알 수 있었다.

V. 결론

앞에서 내려진 성능 평가 결과는 홈 네트워크와 ATM-PON간의 Residential 네트워크에 MQ-FIFO 적용하면 Global FIFO 알고리즘을 기반으로 한 일반적인 APON 수행과 비교하였을 때보다 셀 전송 지연과 셀 지연 변이 두 가지 지연 측면에서 MQ-FIFO가 더 우수하다는 것을 보여 주었다. 그러므로 3개의 큐를 가지는 MQ-FIFO 알고리즘이 낮은 전송지연과 과부하 상태에서 홈네트워크 환경을 고려한 ATM-PON 구조에서 장점을 가지고 있는 것을 알 수 있었다. 즉, 홈네트워크 환경에서 많이 발생시키는 비디오, 전화 서비스와 같은 실시간 응용의 경우에 매우 유용하다. 또한 셀 손실확률도 이 환경에 적합함을 알 수 있었다.

여기에서 우리는 MQ-FIFO 알고리즘의 비용 효율과 구현 복잡성에 관해서는 언급하지 않았다. 그리고 현재 최대 상향 비트 율을 155Mbps로 설정하였으나 이것은 ATM-PON 구조에 적합한 네트워크 성능을 고려하여 결정한 것이었다. 앞으로는 최대 2.5Gbps의 비트 율을 가지는 SuperPON 구조에서 MQ-FIFO 알고리즘을 성능 분석하고자 한다.

참고 문헌

[1] D. Anderson, Firewire System Architecture,

- Second Edition, Addison Wesley, 1999.
- [2] P. Shumate, "Fiber to and in the home," in Proceedings of ECOC'97, pp.289-292, 1997.
 - [3] U. Killat, Access to B-ISDN via PONs, Wiley Teubner, New York, 1996.
 - [4] McCanne, S., and Floyd, S. the LBNL Network Simulator, Lawrence Berkley Laboratory, Software on-line.
 - [5] "G.PONB-draft B," in ITU-T Temporary document 50-E(PLEN), 1997.

저 자 소 개



장종욱(Jong-Wook Jang)
1987.2~1995.1 ETRI
1995.2 부산대학교 컴퓨터공
학과 박사 취득
1995.3-현재 동의대학교 컴
퓨터공학과 부교수
1999.1-2000.2 미주리주립대
포스트닥

※ 관심분야 : ATM-POM, 이동 MAC 프로토콜