

論文2001-38TC-9-2

# G.983.1 기반의 ATM-PON을 위한 Ranging 시뮬레이터 구현

## (Implementation of a Ranging Simulator for the ATM-PON Based on ITU-T G.983.1)

洪在根\*, 禹萬植\*, 鄭海\*, 金珍希\*\*, 柳建一\*\*, 金雲河\*\*

(Jae-Geun Hong, Man-Sik Woo, Hae Chung, Jin-Hee Kim, Gun-Il Yoo, and Woon-Ha Kim)

### 요약

ATM-PON은 수동 광분기 장치를 통해 다양한 형태의 사용자 트래픽을 단일 플랫폼으로 전송하는 장치로서 차세대 가입자망에서 중요한 의미를 가진다. Ranging은 시간 분할 다중화 방식에 기반을 둔 ATM-PON에서 상향 신호에 대한 동기를 제공하기 위해 모든 ONU들을 가상적으로 동일한 거리에 놓는 기술이다. 본 논문에서는 ATM-PON의 장점을 살펴보고, PON이 동작하기 위한 프로토콜을 간략하게 살펴본다. 또한 ITU-T G.983.1 기반의 ranging 프로토콜에 대한 절차를 정리하고 분석하여, ranging 절차를 모델링하여 이를 모의실험 할 수 있는 시뮬레이터를 구현한다. 본 논문은 구현한 시뮬레이터를 이용하여 G.983.1에서의 시간적인 요구 사항을 만족하는지 검증하고, 서비스 중에 있는 ONU에 미치는 영향을 살펴보기 위해서 ranging되는 상황에 따른 대역 잠식정도를 관찰하는데 사용할 수 있다. 또한, ranging을 수행할 때 윈도우 길이를 줄일 수 있는 새로운 방식을 적용할 경우, 이미 서비스 중에 있는 ONU의 서비스 품질이 저하되지 않음을 모의 실험을 통해 알 수 있다.

### Abstract

The ATM-PON has an important meaning at next generation access network because the equipment transmits various types of user traffic with a single platform through the passive optical splitter. Ranging is a technology to place all ONU's at the same virtual distance in order to provide the synchronization for the upstream signal in the ATM-PON based on the Time Division Multiplexing (TDM). In this paper, we review the merits of ATM-PON and related protocol for the PON operation. We summarize and analyze the steps about the ranging protocol based on ITU-T G.983.1 and implement a simulator that can simulate the ranging procedure based on our modeling. In this paper, we can investigate time requirements of G.983.1 by using the simulator and find out the wasted rate of the bandwidth during the ranging procedure in order to know the influence for ONU's while ATM-PON is in-service. Also, we show that a new ranging scheme reducing window size can avoid the degradation of quality of service of ONU's in service with simulation.

\* 正會員, 金烏工科大學校 電子工學部

(Dept. of Electronics, Kum-oh National University of Technology)

\*\* 正會員, 韓國通信加入者網研九所

(Korea Telecom Access Network Research Laboratory)

受日字:2001年1月31日, 수정완료일:2001年8월13일

## I. 서 론

ATM-PON(Asynchronous Transfer Mode-Passive Optical Network)은 하나의 광케이블이 splitter를 통해 여러 가닥으로 분기하여 최대 64 대의 광 가입자 장치가 동시에 연결하여, 20 Km 반경 내에 있는 가입자들에게 Fiber To The Home/Curb/Building(FTTx)의 서비스를 제공할 수 있는 구조이다<sup>[1]</sup>. 이것은 단일 플랫폼으로 궁극적인 가입자망의 진화 형태인 FTTH까지 지원하므로 차세대 가입자 액세스 방식에서 중요한 의미를 지닌다고 할 수 있다.

ATM-PON은 Optical Distribution Network(ODN)을 splitter라는 수동 소자를 사용하기 때문에 Passive Optical Network(PON)이라고 하는데, 다양한 액세스 방식이 적용 가능하지만 현재 기술로는 Time Division Multiple Access(TDMA) 방식이 구현이 가장 용이하고, 가격적인 측면에서 유리한 것으로 알려져 있다<sup>[2]</sup>. ATM-PON에서의 TDMA 방식은 RACE-II의 Broadband Access Facility(BAF) 프로젝트에서 보인 유럽 방식과 망 사업자를 중심으로 구성된 Full Service Access Network(FSAN)의 방식이 있는데, FSAN 방식이 ITU-T G.983으로 표준화되었다<sup>[3]</sup>.

ATM-PON을 구성하는데 핵심적인 두 가지 기술은 ranging 프로토콜과 Media Access Control(MAC) 프로토콜이다. Ranging 프로토콜은 여러 대의 장치가 상호 셀을 전송할 때, 매체가 공유되는 구간에서 충돌을 방지하기 위해 ONU를 가상적으로 동일한 거리에 위치시키는데 필요한 기술이다. 그리고 MAC 프로토콜은 다수의 장치가 요구하는 대역폭을 동적으로 할당하는데 관련된 프로토콜이다.

Ranging 프로토콜은 유럽에서 수행한 것과 ITU에서 권고하는 바가 상당한 차이점을 보인다. 유럽의 RACE-II BAF 프로젝트에서 사용한 방식은 ranging 신호를 사용자 대역이 아닌 저주파 정현 신호를 사용하기 때문에 대역외 아날로그 방식이라고 한다<sup>[4]</sup>. 이것은 Static Coarse Ranging(SCR), Static Fine Ranging(SFR)과 Dynamic Fine Ranging(DFR)의 하부 과정으로 나누어진다<sup>[5]</sup>. SCR은 초기 시스템이 가동되는 동안, 새로운 Optical Network Unit(ONU)가 등록되거나 ONU가 재 시동될 때 1/2 셀 타임의 정확도로 거

리를 측정하는 것이다. SFR은 한 비트의 오차를 갖는 디지털 측정 기술을 이용하여, SFR 셀이 할당된 슬롯에 대한 상대적인 위치를 측정하여 왕복 전파지연 시간을 계산하는 조정 단계 과정과 실제로 SFR 셀이 할당된 셀 슬롯의 중앙에 있는지 검사하는 확인 단계 과정으로 구성되어 있다. DFR은 부품의 노화, 온도의 변화 등이 야기하는 지연 변이를 방지하기 위해 주기적으로 실행하는 것이다<sup>[6]</sup>.

FSAN방식은 대역내의 Physical Layer Operation and Maintenance(PLOAM) 셀을 이용하므로 대역내 완전 디지털 방식이며, ranging을 실행하는데 있어서 ONU의 설치 방법과 ranging 실행 시나리오에 따라 나누어진다. 이들은 OLT와 ONU의 상태에 따라 Cold PON-Cold ONU, Warm PON-Cold ONU, Warm PON-Warm ONU로 나누어진다. 또한 ranging 과정을 실행함에 있어 정상적으로 동작하는 ONU들이 상호로 ATM 셀을 전송하지 못하도록 윈도우(window)를 개설한다. 이들은 ranging 과정에 참여하는 특별한 PLOAM 셀을 사용하여 메시지 교환과 거리 측정을 실행한다. 물론 ranging 과정을 수행함에 있어서 정상적으로 동작하는 ONU들의 서비스에 영향을 미치지 않는 범위에서 실행되어야 한다<sup>[1]</sup>.

본 연구에서는, ATM-PON이 동작하기 위한 프로토콜을 간략하게 살펴보고, ITU-T G.983.1 기반의 ranging 프로토콜에 대한 절차를 정리하고 분석한다. 이를 통하여 ranging 절차를 모델링하고, 이를 모의실험 할 수 있는 시뮬레이터를 구현한다. 이 시뮬레이터를 이용하여, G.983.1에서의 시간적인 요구 사항을 만족하는지 검증한다. ATM-PON에서는 ranging을 수행하는 동안 서비스가 일시적으로 중단되는데, 이러한 상황이 서비스 중에 있는 ONU에 미치는 영향을 관찰하는 것이 매우 중요하다. 구현된 시뮬레이터를 이용하여, 각각의 ONU에 대하여 ranging되는 상황에 따른 대역 잠식정도를 관찰한다.

논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 G.983.1의 대략적인 개요와 ranging 프로토콜에 대해 살펴본다. III장에서는 일반적인 ranging 절차 기초해서 시뮬레이터를 구현하기 위한 모델링을 수행한다. IV장에서는 구현한 시뮬레이터의 구조와 조건을 살펴보고, 모의실험 결과와 표준안의 요구사항을 검토한다. V장에서는 결론을 언급하기로 한다.

## II. G.983.1의 전송수렴계층과 Ranging 프로토콜

사용자 정보의 전송과 고속망 데이터의 전달을 위한 ATM-PON 시스템은 그림 1과 같이 OLT, ONU, ODN의 3 종류의 서브 시스템으로 구성되어 있다. FTTH의 경우 ONU가 아니라 Optical Network Termination (ONT)이라 한다. 한 대의 OLT에 최대 64대의 ONU가 연결될 수 있고 최대 20 Km까지 연결이 가능하며 한 비트의 오차(granularity)를 허용한다<sup>[1]</sup>.

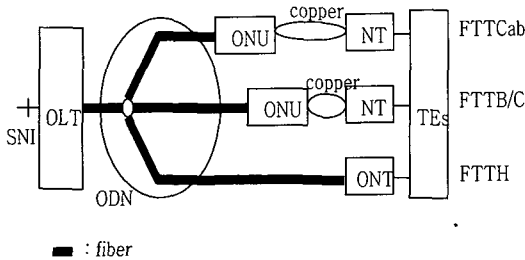


그림 1. ATM-PON 네트워크 구조  
Fig. 1. ATM-PON network architecture.

ATM-PON의 전송수렴계층(Transmission Convergence layer)은 정합부계층과 PON 전송 계층으로 나누어지며, B-ISDN의 전송수렴부계층에 해당한다<sup>[1]</sup>. 상·하향 프레임이 155.52 Mbps인 대칭 프레임 구조는 그림 2와 같다.

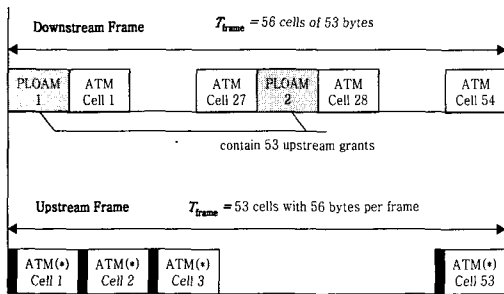


그림 2. 155.52/155.52 Mbps ATM-PON 프레임 형태  
Fig. 2. Frame format for 155.52/155.52 Mbps ATM-PON.

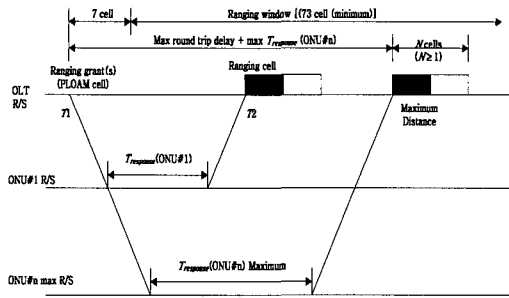
하향 프레임은 연속적인 타임 슬롯 스트림으로 구성되어 있다. 각 타임 슬롯은 53 옥텟(155.52 Mbps의 경우)의 ATM 셀이나 PLOAM 셀을 포함하고 있으며, 28

개의 타임 슬롯마다 PLOAM 셀이 삽입되어 있는 형태이다. 상향 프레임은 56 바이트 길이의 타임 슬롯을 53 개 가지고 있으므로, 상·하향 프레임의 길이(Tframe)는 동일하다. 프레임당 두 개의 하향 PLOAM 셀은 헤더 필드, ident 필드, sync 필드, 승인 필드, PON\_ID 필드, 메시지 ID 필드, 메시지 필드, CRC 필드, 비트 교직 패리티(Bit Interleaved Parity(BIP))로 구성되어 있다. 하향 PLOAM 셀은 ONU들의 상향 셀 사용을 허가하는 승인(grant)들을 각각 27 개(155.52Mbps의 경우)의 필드로 구성되며, 두 번째 PLOAM 셀의 마지막 승인 필드는 idle 승인이 채워진다.

상향 프레임 구조에서 56 바이트인 53 개의 타임 슬롯 각각에는 guard time, preamble, delimiter를 포함하는 3 바이트의 오버헤드가 있다. 상향 PLOAM 셀은 헤더 필드, ident 필드, 메시지 PON\_ID 필드, 메시지 ID 필드, 메시지 필드, CRC 필드, 레이저 제어 필드(LCF), 수신 제어 필드(RXCF), BIP로 구성되어 있다. 이와 같이 트리 구조를 가지는 PON에서 셀 기반 전송 기술이 적용될 때, 하향 스트림은 방송되는 형태이지만, 상향 스트림은 TDMA 방식을 사용하는 형태임으로 충돌이 발생할 수 있다. 충돌을 방지하기 위해 OLT의 주도 아래 PLOAM 셀을 이용한 메시지 전달, 윈도우의 개설, 응답 셀의 거리 측정을 수행한다. 물론 ranging 과정을 실행함에 있어서 하향 PLOAM 셀의 승인 필드에 해당 ONU에 대한 ranging 승인 혹은 PLOAM 승인을 할당하게 된다.

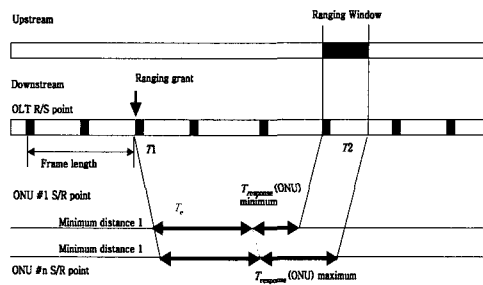
윈도우는 그림 3과 같이 거리 정보를 모르는 경우에는 OLT가 보낸 PLOAM 셀에 대한 응답을 ONU가 보내서 OLT의 위상 기술점에 그 응답 셀이 들어오는 시간의 범위를 의미하고, 거리 정보를 알고 있는 경우에는 ranging에 참여하는 ONU의 위치를 알고 있기 때문에, OLT는 임의의 시간 동안에 윈도우를 개설해 놓으면 해당 ONU가 응답 셀을 보낼 수 있는 범위를 말한다<sup>[1]</sup>.

이렇게 윈도우를 이용하여 해당 ONU의 논리적인 거리를 측정한 후 ONU에게 등화지연 (Td)으로 부여함으로써, 전체적으로 모든 ONU들이 등화 왕복 전파지연 (Teqd)을 같게 하여 거리를 가상적으로 동일하게 놓을 수 있다. 이렇게 ONU를 물리적인 거리는 다르지만, 개개의 ONU에게 등화지연을 달리해서 가상적으로 동일한 왕복 등화지연을 가지도록 하는 것을 ranging이라고 한다.



T1 = 시작 PLOAM 셀의 전송 시점 (at the OLT phase spec. point)  
T2 = 상향 ranging 셀의 도착 시점 (at the OLT phase spec. point)

(a)



T1 = 시작 PLOAM 셀의 전송 시점 (at the OLT phase spec. point)  
T2 = 상향 ranging 셀의 도착 시점 (at the OLT phase spec. point)

(b)

그림 3. 위치 정보 알고 있을 경우와 모를 경우에 대한 윈도우의 개설의 차이

- (a) 거리 정보를 모를 때 윈도우의 개설
- (b) 거리 정보를 알 때 윈도우의 개설

Fig. 3. Window opening difference about known location information and unknown location information.

- (a) Window opening for unknown location information.
- (b) Window opening for known location information.

Ranging 절차의 구분 방법은 OLT와 ONU의 상태에 따라 Cold PON Cold ONU, Warm PON Cold ONU, Warm PON Warm ONU로 분류된다<sup>[1]</sup>.

이들 구분은 ONU의 설치 방법으로 OLT가 ONU의 일련번호를 알고 있는 상태에서 ranging 하는 경우(방법 A)와 일련번호를 모르는 경우(방법 B)로 나누어진다. 또한 이러한 두 가지 방법에 대하여 새로운 ONU가 연결되고자 하는 사실을 망 운영자가 알고 있는 경우(시나리오 1)와 OLT가 주기적으로 검사하는 경우(시나리오 2)의 두 가지 시나리오가 각각 적용된다.

### III. Ranging에 대한 모델링

일반적인 ranging 절차는 그림 4에서 보인 것처럼 다음과 같다.

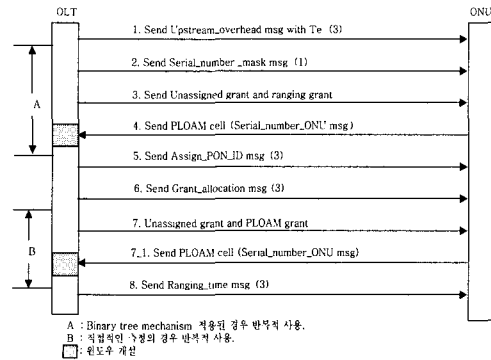


그림 4. 일반적인 ranging 절차에 대한 메시지 흐름도 Fig. 4. Message flow for general ranging procedure.

step 1 : OLT가 연결되어 있는 ONU들이 상향으로 셀을 전송할 경우 사용하는 오버헤드 부분의 내용과 사전할당 등화지연(Te)을 포함하는 Upstream\_overhead 메시지를 PLOAM 셀을 이용하여 전송한다.

step 2 : 일련번호를 알고 있을 경우에는 일련번호 전체를 기록한 Serial\_number\_mask 메시지를 PLOAM 셀을 전송한다. 일련번호를 알지 못하는 경우에는 일련번호를 마스크하여 방송 (broadcasting)한다.

step 3 : Ranging에 참여하고자 하는 ONU가 있는지 알아보기 위해 혹은 일련번호를 마스크해서 보낸 ONU가 ranging에 참여하려는지 알아보기 위해 unassigned 승인과 ranging 승인을 보낸다.

step 4 : PON\_ID를 할당하는 과정으로써, 응답하는 ONU의 셀(Serial\_number\_ONU 메시지를 포함하고 있는 상향 PLOAM 셀)이 있다면, 그리고 이것이 유효하다면 일련번호를 추출해서 기존에 정상적으로 동작하는 ONU에게 할당되어 있지 않는 PON\_ID를 할당한다.

step 5 : 할당한 PON\_ID를 Assign\_PON\_ID 메시지 통해 ONU에게 전달한다. 이렇게 함으로써 OLT는 8 바이트의 일련번호가 아닌 1 바이트인 PON\_ID를 통해서 각각의 ONU와 Operating And Maintenance (OAM)에 관련한 메시지 전달을 수행할 수 있다.

step 6 : 응답한 ONU가 데이터를 보낼 수 있는 data 승인과 PLOAM 셀을 보낼 수 있게 하는 PLOAM 승

인을 가능하게 하는 Grant\_allocation 메시지를 보낸다.

step 7 : 실질적으로 ONU의 거리를 측정하는 단계를 수행하게 된다. 측정을 위해 unassigned 승인과 ranging 승인을 보낸 하향 PLOAM 셀에 대해서 응답하는 상향 PLOAM 셀의 도착 시간을 이용하여 측정한다.

step 8 : Ranging\_time 메시지를 이용해 해당 ONU에게 등화지연을 전달함으로써 해당 ONU에 대한 ranging과정을 일단락하고 다음 ONU에 대해 ranging과정을 실행한다.

표 1은 제안된 모델링은 나타낸 것이다.

표 1. 제안된 모델링  
Table 1. Proposed modeling.

PON	ONU	기존의 ranging방법		제안된 방법
Cold	Cold	방법 B	시나리오 1,2 (구분 없음)	제안된 (i) 방법
		방법 A	시나리오 1,2 (구분 없음)	제안된 (ii) 방법
Warm	Cold	방법 B	시나리오 1	제안된 (i) 방법의 부분집합
			시나리오 2	
Warm	Cold	방법 A	시나리오 1	제안된 (ii) 방법의 부분집합
			시나리오 2	
Warm	Warm	방법 A만 적용	시나리오 2	제안된 (iii) 방법

권고안에서 제시한 Cold PON Cold ONU과 Warm PON Cold ONU의 ranging에서는 방법 A와 방법 B에 대해서 시나리오 1, 2가 각각 적용된다. 또한 Warm PON Warm ONU는 방법 A만 적용되고 시나리오 1, 2가 적용된다[1]. Ranging의 모든 절차는 OLT의 관점에서 수행되는데, Cold PON Cold ONU의 경우는 상향으로 프레임이 형성되어 있지 않은 상황이므로 시나리오 2는 불가능하다. Warm PON Warm ONU는 상·하향 트래픽이 형성되어 있는 상태이고, ONU가 POPUP[1] 상태로 ONU가 언제 POPUP로 들어갈지 모르기 때문에 망 운영자가 ranging을 가동하는 시나리오 2는 사실상 무의미하다.

제안된 내용을 살펴보면 제안된 (i) 방법은 등화지연 획득 과정, PON\_ID 획득 과정과 일련번호 획득과정을 위한 이진 트리 메커니즘이 적용되는 방법으로, Cold PON Cold ONU의 방법 B에 해당된다. 제안된 (ii) 방

법은 등화지연 획득과정, PON\_ID 획득 과정으로 Cold PON Cold ONU의 방법 A에 해당된다. 제안된 (iii) 방법은 등화지연 획득 상태로 Warm PON Warm ONU의 방법 A에 해당되며 기존의 방법과 동일하다.

모델링은 아래에서 볼 수 있듯이 전체적인 프로그램 구조, 각각의 제안된 방법에 대한 흐름, 윈도우 개설방식, 등화지연 측정과 대역 잠식 정도로 나타나 있다.

전체적인 프로그램 구조의 모델링은 제안된 방법을 바탕으로 한 ranging 절차들을 사용자 입력과 선택 사항을 설정하는 INPUT부분과 선택한 방법에 따라 실행하는 CORE PART와 결과를 표현하기 위한 OUTPUT으로 구성한다.

제안된 (i) 방법의 모델링은 OLT가 ranging 하려는 ONU의 일련번호를 모르는 상태에서 ranging할 경우를 나타낸다. 일련번호를 모르는 상황에서 ranging 과정을 실행하기 때문에, ranging에 참여하려는 ONU의 위치를 모르는 경우이다. ranging 승인을 할당할 경우, ranging에 참여하려는 ONU들은 응답 셀을 전달한다. 이 경우 splitter에서부터 상향으로 충돌된 셀들이 OLT 쪽으로 전달될 수 있다. 이들 충돌을 해결하는 것이 binary tree mechanism으로, 권고안에서는 첫 번째로 올라오는 ONU의 충돌 여부에 따라 binary tree mechanism을 수행한다[1]. 본 시뮬레이터 구현에 있어서는 윈도우가 개설된 시간에 유효하게 받을 셀을 모두 받아 놓은 다음, 일반적인 절차의 step 4를 수행한다.

연속적인 binary tree mechanism을 수행하기 위해 serial\_number 메시지와 unassigned 승인과 ranging 승인을 재 발행함으로써, 윈도우를 개설하고 유효한 응답 셀을 획득하기 위한 과정을 재 수행한다. 그러므로서 ranging 하고자 하는 모든 ONU에 대해서 일련번호를 획득하는 상태를 가진다. 제일 먼저 유효한 응답 셀을 보낸 ONU부터 PON\_ID를 할당하고, Grant\_allocation 메시지를 보낸 다음, 거리 측정을 수행한다. 제안된 방법은 앞서 설명한 일반적인 ranging 절차를 포함한다. 또한 윈도우의 개설 방식은 거리 정보의 유·무에 따라 달리 개설된다. 이렇게 측정된 거리 정보를 이용하여 등화지연을 설정하여 해당 ONU에 전달하고, 다음 ONU에 대해 ranging 절차를 수행하는 방식을 사용한다.

제안된(ii) 방법의 모델링은 OLT가 ranging 하려는 ONU의 일련번호를 알고 있는 상태로서 일련번호를 탐색하기 위한 binary tree mechanism은 사용되지 않는다. 이 방법 또한 일반적인 ranging 절차를 수행하는데,

일련번호를 알고 있다고 해서 위치 정보도 안다고 할 수 없다. 그러므로 시뮬레이터 구성에 있어서 위치 정보의 유·무에 대한 윈도우 개설 방식을 다르게 설정하도록 구성한다. 임계치 복구 과정은 시스템의 상황임으로 수행 여부를 선택하는 사항으로 구성한다.

제안된(iii) 방법의 모델링은 정상적으로 동작하는 ONU에 대해서  $\pm 2$  비트 이상의 위상 변이 혹은 각종 손실(loss)로 인해 수행하게 되는 ranging 과정을 나타낸다. 임계치 복구 과정의 경우 ONU의 시스템의 상황임으로 수행 여부를 선택 사항으로 구성한다. ONU가 등화지연을 제외한 모든 설정 값을 가지고 있는 상태이므로, OLT는 단지 윈도우를 개설하여 거리 측정을 수행한다. 측정값을 이용하여 등화지연을 해당 ONU에 전달함으로써 해당 ONU는 등화지연을 갱신한다.

윈도우 개설방식에 대한 모델링은 ONU의 위치정보에 따라 분류한다. Ranging에 참여하고자 하는 ONU의 위치를 알고 있는 경우에는 그림 3의 (b)와 같이 위치 정보를 알고 있기 때문에 ONU의 응답 시간의 변이를 고려하여 창을 개설을 3~5 셀 정도 개설하면 된다<sup>6)</sup>. 하지만 이것은 ONU 위치의 정확도에 따라 달리 적용된다. 본 논문에서는 위치 정보를 알고 있는 경우에는 윈도우를 최소로 하는 알고리즘을 적용한다<sup>7)</sup>. ONU의 위치를 모르는 경우에는 그림 3의 (a)와 같이 거리 정보를 알지 못하므로 최대 거리인 20Km를 기준으로 하고 ONU의 내부 처리시간을 9 셀로 설정하면 79 셀 정도가 되지만, 모든 ONU들이 최소한 7 셀 이상의 응답 시간을 가지고 있기 때문에 그리고 응답하는 셀을 OLT가 인식할 수 있게 한 셀을 더하면 최소 73 셀 이상을 개설하는 방식을 사용하였다.

등화지연 측정에 대한 모델링은 ONU의 위치를 모르는 경우에는 그림 3의 (a)에서 볼 수 있듯이 OLT에서 하향 PLOAM 셀의 전송하는 시점을 T1이라고 하고, 응답하는 상향 ranging 셀의 도착 시점을 T2라고 한다면 등화지연은 다음과 같이 산출 할 수 있다.

$$Td = Teqd - (T2 - T1) \quad (1)$$

위치 정보를 알고 있을 경우에는 사전 등화지연을 Te라고 한다면 다음과 같이 산출할 수 있다<sup>7)</sup>.

$$Td = Teqd - (T2 - T1) + Te \quad (2)$$

G.983.1에는 성공적인 등화지연 측정에 다음과 같이 권

고하고 있다<sup>11)</sup>.

- 1) 유효한 PLOAM 셀이 ranging 윈도우에서 감지될 때
- 2) PLOAM 셀의 Serial\_number ONU 메시지와 할당된 ONU의 일련번호가 일치할 때
- 3) 측정된 등화지연이 특정 값 (윈도우 길이 + ONU 응답시간)보다 작거나 같을 때
- 4) 기준 셀의 위상과 비교해서 ONU의 획득 위상이 2 비트와 같거나 작을 때

항목 4)에서 기준 셀의 정의는 다음과 같다. 시간 측정을 시도할 때, 첫 번째 도착한 PLOAM 셀에 대해서는 기준 셀이 존재 할 수 없으므로, 첫 번째 수신된 PLOAM 셀이 1)~3)의 조건을 만족할 때 성공이라 간주한다. 첫 번째로 획득된 위상은 다음에 수신될 PLOAM 셀의 기준 위상으로 고려된다. 이후 기준 셀은 OLT가 4)의 조건에 관계없이 1)~3)의 조건을 만족하는 유효한 PLOAM 셀을 수신할 때마다 갱신된다.

위 조건을 만족하고, 2회 실패하거나 2회 성공시 측정은 종료된다. 등화지연이 유효하지 않으면 Deactivation\_PON\_ID 메시지를 이용하여 측정이 실패하였다는 것을 해당 ONU에게 알리고, 해당 ONU는 다음 polling 시간에 ranging하는 방식을 사용하였다.

#### IV. 구현한 시뮬레이터 및 모의실험 결과

본 시뮬레이터는 사용자 입력을 토대로 사건을 linked list 로 나열함으로써 필요한 파라미터를 추출할 수 있는 것으로서, 마이크로소프트의 Visual Basic을 이용하여 Window 98 운영체제 환경에서 구현하였다. 그림 5는 구성된 시뮬레이터의 인터페이스와 결과를 나타내는 창이다.

그림 5에서 ①은 모의실험의 결과를 나타내는 부분이다. ②는 모의실험의 입력 창으로서 ranging 할 ONU의 개수와 PON\_ID 입력과 실제 시스템에서 발생할 수 있는 상황을 설정하는 콤보 박스(combo box)와 리스트 박스(list box)들로 구성되어 있다. ③의 왼쪽은 ranging 되는 각각의 ONU에 대한 PON\_ID, 등화지연, ranging 시간, 대역 잠식정도를 파일로 저장되는 부분을 표시하는 부분이다. 또한 우측은 다시 시뮬레이터를 가동할 경우 초기화하는 부분으로 구성되어 있다.

모의 실험에서 사용되는 거리정보의 가정은 거리 정보의 유무에 따라 분류하였는데, 거리정보를 알고 있는

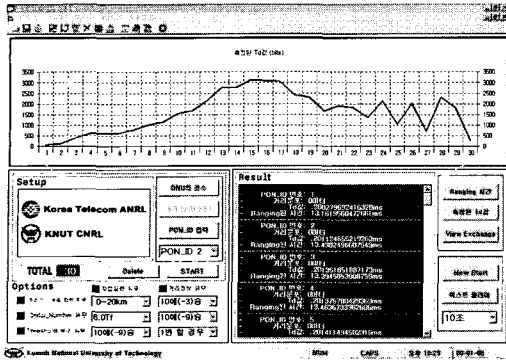


그림 5. 시뮬레이터 인터페이스 및 결과 창  
Fig. 5. Simulator interface and result window.

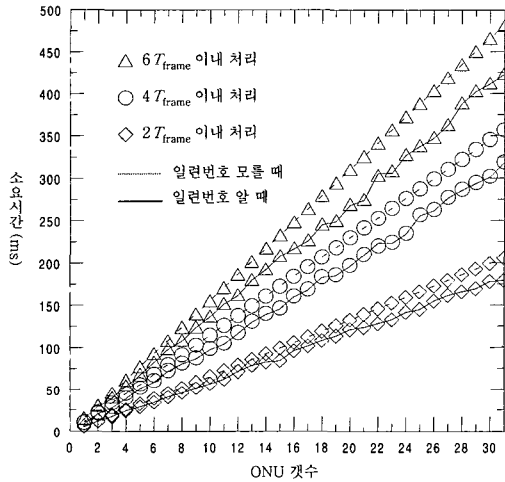


그림 6. 제안된 (i)방법과 제안된 (ii) 방법의 ranging 소요 시간  
Fig. 6. Ranging time for proposed (i) and proposed method (ii).

경우는 각각의 ONU 따라 사용자가 입력하는 방식을 사용하고, 거리정보를 알지 못하는 경우에는 이산 확률 분포를 발생하는 함수를 이용하여 사용자의 거리정보를 설정하였다. ONU의 일련번호의 경우에 대한 가정은 일련번호를 알고 있을 경우에는 시뮬레이터 사용자가 입력하는 방식으로, 거리를 알지 못하는 경우에는 ONU의 일련번호를 임의로 발생시키는 확률 분포를 사용하였다. 임계치 복구과정에 대한 가정은 시스템의 상황으로써 사용자가 선택하도록 하였다. 메시지 처리시간의 가정은 권고안에서는  $6T_{frame}$ 이내 처리하도록 규정하고 있으나, 메시지 처리시간에 따른 ranging 시간과 대역폭 점유정도를 살펴봄으로써 서비스 품질을 비교하기 위해 각각 설정할 수 있도록 하였다. 그림 5에

서는 다양하게 실험 할 수 있는 것 중에서, 30 대의 ONU에 대하여 등화지연을 측정된 결과를 보여준다.

그림 6은 제안된 (i) 방법과 제안된 (ii) 방법에 대한 ranging 소요 시간의 관점에서 권고안의 요구하는 사항을 살펴보았는데, 소요 시간이 권고안에 대해 만족하는 것을 알 수 있다.

그림에서 보는 것처럼, ranging에 참여하는 ONU 수가 적을 때는 OLT가 일련번호를 알고 있는 상황에서 ranging하는 것이나 일련번호를 모르는 상황에서 ranging 과정을 실행하는 상황이나 별 차이가 없다. 그러나, 참여하는 ONU 수가 많아지면 일련번호를 획득하는데 이진 트리 알고리즘이 적용될 수 있으므로 소요 시간이 길어진다. 또한 ranging 관련 메시지 처리 시간에 따라 소요 시간에 영향을 주는 것을 알 수 있다.

그림 7은 기존에 서비스에 미치는 영향을 나타낸다.

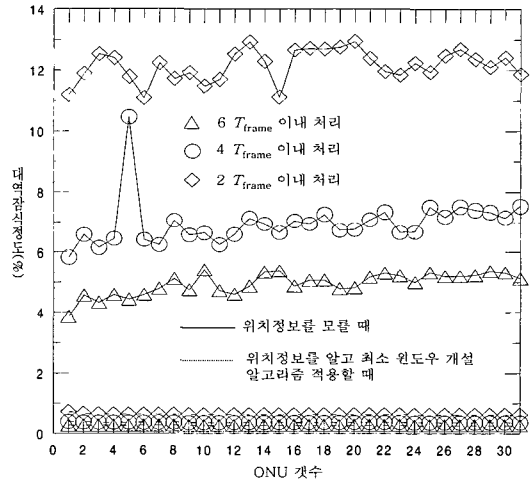


그림 7. 제안된 (i)방법과 제안된 (ii) 방법의 대역 잠식 정도  
Fig. 7. Wasted rate of the Bandwidth for proposed method (i) and proposed method (ii).

대역 잠식 정도는 메시지 처리 시간에 따라 차이를 보이고 있다. 먼저 위치 정보를 알지 못하는 경우에서, 연결된 ONU의 수에 따른 메시지 처리 시간이  $2T_{frame}$  일 경우에는 11~13%대의 대역 잠식 정도를 나타내며,  $4T_{frame}$ 일 경우에는 6~7% 정도의 대역 잠식 정도를 나타내고,  $6T_{frame}$ 일 경우에는 3.5~5% 정도의 대역 잠식 정도를 나타내고 있다. 이는 메시지를 처리하는 시간이 짧으면 짧을수록 ranging에 소요되는 시간은 감소하지만 좀더 빠른 주기로 윈도우를 개설하기 때문에

잠식 정도는 증가한다. 따라서 여러 대의 ONU에 대하여 연속적으로 등화지연을 측정할 경우에 어느 정도 시간 간격을 두고 수행하는 것이 바람직하다고 볼 수 있다. 다음으로 위치 정보를 알고 최소 윈도우 개설 알고리즘을 적용할 때, 대역폭 잠식 정도가 현저하게 떨어짐을 알 수 있다. 따라서, 이 알고리즘을 적용한다면, 이미 서비스 중에 있는 ONU에 ranging의 영향을 최소화하여 서비스 품질의 향상을 꾀할 수 있다.

ITU-T G.983.1에서는 Warm PON-Warm ONU에서 16 대의 ONU를 ranging 하는데 걸리는 소요 시간 100 ms 이하가 되어야 함을 권고하고 있다. 그림 8은 제안된 (iii) 방법에서의 이를 만족하는지 검사하기 위한 것이다.

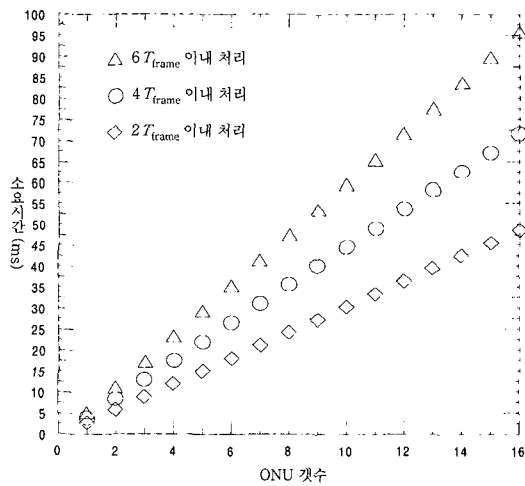


그림 8. 제안된 (iii)방법에 대한 ranging 소요 시간  
Fig. 8. Ranging time for proposed method (iii).

메시지 처리 시간을 6T<sub>frame</sub>이내로 하였을 경우 ranging을 완료하는데 96 ms가 소요되었는데, 이것은 권고안에서 요구하는 시간인 100 ms를 간신히 만족하는 것이다. 만약 메시지 처리 시간이 6T<sub>frame</sub>을 초과한다면 권고 요구시간을 만족하지 못한다. 그러므로 메시지 처리 시간 6T<sub>frame</sub>은 권고안의 요구조건을 만족시키기 위한 최대 허용 시간임을 알 수 있다.

그림 9는 제안된 방법 (iii)에서 대역 잠식 정도를 나타낸 것으로 메시지 처리 시간이 짧을수록 잠식 정도가 크게 나타나고 ONU의 수가 증가함에 대역 잠식 정도를 감소시킨다.

III절에서 기술한 바와 같이 제안된 방법 (iii)은 일련

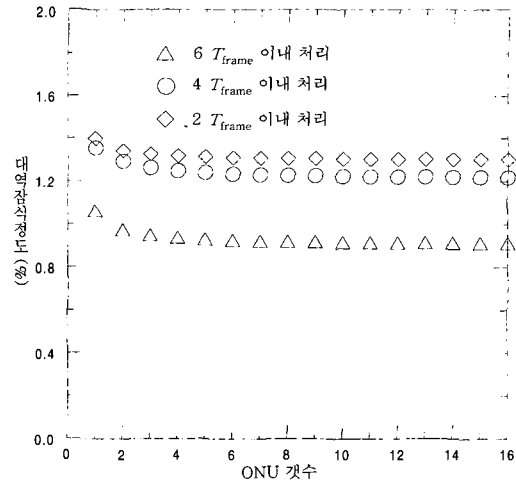


그림 9. 제안된 (iii) 방법에 대한 대역 잠식 정도  
Fig. 9. Wasted rate of the Bandwidth for proposed method (iii).

번호를 알고 있고(일련번호 획득 과정은 생략됨), 이미 한 번 ranging된 경험이 있는 ONU를 대상으로 1 비트 이상의 위상 변이가 초래된 경우에 수행하는 것이다. 따라서 기존에 측정된 등화지연 값을 이용하면 거리 정보를 알 수 있으므로, 최소 윈도우 개설 알고리즘이 자동적으로 적용될 수 있는 상황이다. 대역 잠식 정도의 측면에서도 살펴보면 메시지 처리 시간을 2T<sub>frame</sub>으로 하였을 경우에는 1.3 % 대로 감소하고, 4T<sub>frame</sub>으로 하였을 경우에는 1.2 % 대로 감소하고, 6T<sub>frame</sub>으로 하였을 경우에는 1 % 미만으로 감소함을 보이고 있다.

### V. 결 론

지금까지 차세대 가입자망에서 ATM-PON의 ranging에 대하여 살펴보았다. ATM-PON의 중요한 기술은 ranging과 MAC이다. 그 중에서도 본 논문은 ranging 절차를 이해하기 위하여 ATM-PON의 전송수령계층의 프레임 구조와 ranging에 참여하는 셀인 PLOAM 셀의 구조를 살펴보았다. 또한 ranging의 절차를 RACE-II의 BAF 프로젝트의 방법과 ITU-T의 G.983.1을 기반으로 한 ranging 절차를 살펴보았다.

본 논문은 G.983.1을 기반으로 한 ranging 절차에 대해 모델링하고, 시뮬레이터를 구현하였다. 개발한 시뮬레이터를 이용하여 파라미터 입력과 ranging 조건을



설정해서 모의 실험을 수행하였다. 개발된 시뮬레이터를 통하여, 참여하는 ONU의 수와 메시지 처리 시간에 따라 ranging 하는데 소요되는 시간을 살펴보았다. 여기서 메시지 처리 시간이 6Tframe을 초과하면 G.983.1에서 권고하는 시간 요구 사항을 만족할 수 없음을 알 수 있었다. 또한 이러한 모의실험 결과를 이용하여 G.983.1에서 권고하는 시간제한이 만족하는지 살펴보았다. 이와 더불어 기존의 서비스에 미치는 정도를 알아 보기 위해 대역 잠식 정도에 대해 살펴보고, 윈도우의 길이를 최소로 하는 알고리즘(위치를 알 때)을 적용할 경우 ranging 하는 동안 대역 잠식 정도를 현저하게 감소시켜 서비스 품질이 저하되는 것을 막을 수 있음을 확인하였다.

참 고 문 헌

[1] ITU-T Recommendation G.983.1, "Broadband Optical Access Systems Based on Passive Optical Networks (PON)," Geneva, Oct. 1998.

[2] B. Miah and L. Cuthbert, "An Economic ATM Passive Optical Network," IEEE Commun. Mag., pp. 62~68, March 1997.

[3] FSAN Issue 3, "FSAN Services Access Network Requirements Specification," Aug. 1998.

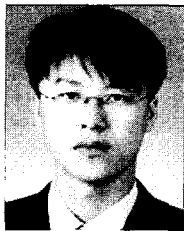
[4] U. Killat, Access to B-ISDN via PONs: ATM Communication in Practice, Wiley, 1996.

[5] Alex Gillespie, Bruno Orth, Alberto Profumo and Simon Webster, "Evolving Access Networks: A European Perspective," IEEE Commun., pp. 47~54, March 1997.

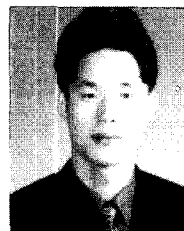
[6] J.A Quale, "Ranging on Advanced PONs," 13th annual conference on european fiber optic communications and networks, pp.154~157, 1995.

[7] 정 해, 김 진희, 권 순철, "G.983.1 기반의 ATM-PON을 위한 ranging 프로토콜에 관한 연구," 한국해양정보통신학회, 제 4권 제 1호, 2000. 3.

저 자 소 개



洪在根(正會員)  
1999년 2월 : 금오공과대학교 전자통신공학과(학사). 2001년 2월 : 금오공과대학교 전자통신공학과(석사). 2001년 1월~현재 : LG전자연구원. <관심분야> ATM-PON, ATM, xDSL



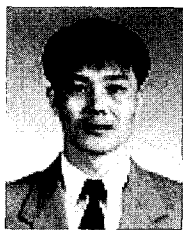
馬萬植(正會員)  
2000년 2월 : 금오공과대학교 전자통신공학과(학사). 2000년 3월~현재 : 금오공과대학교 전자통신공학과(석사). <주관심분야> ATM-PON, ATM



金珍希(正會員)  
1987년 : 경북대학교 전자공학과(학사). 1991년 : 경북대학교 전자공학과(석사). 1991년~현재 : 한국통신 가입자망연구소(선임연구원). <관심분야> 가입자망 액세스 기술



柳健一(正會員)  
1984년 : 한양대학교 전자통신공학과(학사). 1986년 : 한양대학교 대학원 전자통신공학과(석사). 1987년~현재 : 한국통신 가입자망연구소 FLC연구실장. <관심분야> 광가입자망 기술



鄭海(正會員)  
1987년 : 한양대학교 전자통신공학과(학사). 1991년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(석사). 1996년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(박사). 1996년~1998년 : 엘지정보통신 선임연구원. 1998년~2000년 : 금오공과대학교 전임강사. 2000년~현재 : 금오공과대학교 조교수. <관심분야> 가입자 액세스망, ATM 망, 트래픽 제어, 통신 프로토콜



金雲河(正會員)  
1980년 : 경북대학교 전자공학과(학사). 1991년 : 한양대학교 전자계산학과(석사). 1980. 4~1983. 12 : 한국전자통신연구원. 1984~현재 : 한국통신 가입자망연구소 가입자전송연구팀장