

## G.983.1 기반의 Ranging 시뮬레이터의 구현

홍재근(洪在根), 우만식(黃淮源), 정해(鄭海), 김진희(金珍希)\*, 고상호(高相鎭)\*,  
유건일(柳建一)\*

금오공과대학교 전자공학부

전화 : (0546) 467-4377 / 팩스 : (0546) 467-4321

### An Implementation of Ranging Simulator Based on ITU-T G.983.1

Jae Geun Hong, Man Sik Woo, Hae Chung, Jin Hee Kim\*, Sang Ho Koh\*, Gun Il Yoo\*

School of Electronic Engineering Kumoh National University of Technology  
and Korea Telecom Access Network laboratory\*

E-mail : hchung@knut.kumoh.ac.kr

#### Abstract

The ATM-PON is regarded as an effective access network because the system transmits the various user's information through the passive optical splitter in a single platform. The ranging technology is to place all ONUs at the same distance virtually in order to form ATM-PON based on the Time Division Multiplexing (TDM). In This paper, We show the steps about ranging protocol based on ITU-T G.983.1 and ranging procedure modeling. Also, We implement the simulator that considers various environments to verify the time specifications of G.983.1. By using the simulator, We find out the wasted bandwidth which influences active ONUs during the ranging procedure.

#### I. 서론

초고속 정보통신 서비스가 상용화되고 있는 현재, 더욱더 효율적인 가입자 액세스 망에 대한 연구가 진행되고 있다. Asynchronous Transfer Mode-Passive Optical Network (ATM-PON)은 수동광분기 장치를 통해 20 Km 반경 내에 존재하는 최대 64대를 공유하여 단일 플랫폼으로 FTTx (Fiber To The Building / Curb/Home) 형태를 지원하므로 차세대 가입자망에서 중요한 의미를 가진다. 또한 다양한 액세스 방식이 적용 가능하지만, 현재 기술로는 시간 분할 다중화 방식이 구현에 용이하고, 가격적인 측면에서 유리한 것으

로 알려져 있다<sup>[1]</sup>. ATM-PON 구성에 있어서 핵심적인 두 가지 기술은 ranging 프로토콜과 Medium Access Control (MAC) 프로토콜이다<sup>[2]</sup>. Ranging 프로토콜은 in-band, out-of-band, hybrid 방식이 있다<sup>[3]</sup>.

본 논문에서는 ITU-T에서 표준화한 in-band 방식인 G.983.1을 기반으로 하는 ATM-PON의 전송수령계층과 ranging 프로토콜의 일반적인 절차를 살펴보고, 이를 모델링하여 시뮬레이터를 구현한다. 개발한 시뮬레이터를 이용하여 G.983.1의 요구사항을 검토하고 기존의 서비스에 미치는 영향을 살펴보기 위해서 대역폭 잠식정도를 검토한다.

#### II. 전송수령계층과 Ranging 프로토콜

사용자 정보의 전송과 고속망 데이터의 전달을 위한 ATM-PON 시스템은 그림 1과 같이 Optical Line Termination (OLT), Optical Network Termination (ONU), Optical Distribution Network (ODN)의 3 종류의 서브 시스템으로 구성되어 있다.

FTTH (Fiber To The Home)의 경우 ONU가 아니라 Optical Network Termination (ONT)이다. 한 대의 OLT에 최대 64대의 ONU가 연결될 수 있고, 최대 20 Km까지 연결이 가능하다.

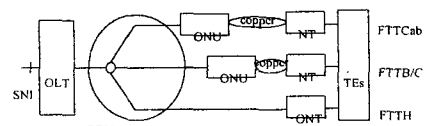


그림 1. ATM-PON 네트워크 구조

ATM-PON의 전송수령계층은 정합부계층과 PON 전송계층으로 나누어지며, B-ISDN의 전송수령부계층에 해당한다. 상, 하향 프레임이 155.52 Mbps의 경우의 대칭 프레임 구조는 그림 2와 같다<sup>[2]</sup>.

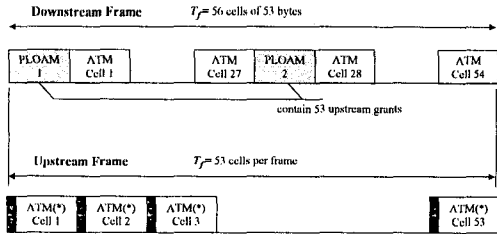


그림 2. 155.52/155.52 Mbps ATM-PON 프레임 형태

하향의 경우, 각 타임슬롯은 53 옥텟의 ATM 셀 혹은 Physical Layer Operations and Maintenance (PLOAM) 셀을 포함하고 있으며, 28개의 타임 슬롯마다 PLOAM 셀이 삽입되어 있는 형태이다.

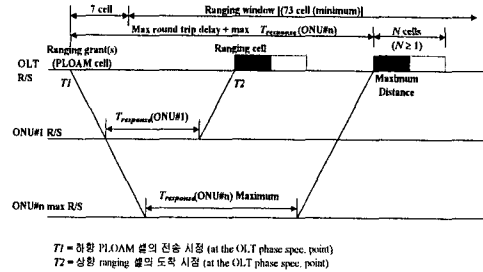
PLOAM 셀은 고유한 셀 헤더 포맷을 가지고 있다. 프레임당 두 개의 하향 PLOAM 셀은 ident 필드, syn1과 syn2, 각종 승인을 포함하는 27개의 승인 필드, 메시지에 관련된 필드로 구성되어 있다.

상향 PLOAM 셀은 메시지와 광 전력 제어 정보로 이루어져 있다. 상향 프레임구조에서 56바이트인 53개의 타임슬롯 각각에는 3바이트의 오버헤드가 있다. 이와 같이 트리 구조를 가지는 PON에서 셀 기반 전송기술이 적용될 때, 하향 스트림은 방송되는 형태이지만, 상향 스트림은 충돌이 발생할 수 있다. 충돌을 방지하기 위해 OLT의 주도 아래 PLOAM 셀을 이용한 메시지 전달, 윈도우의 개설, 응답 셀의 거리측정을 수행한다.

윈도우는 그림 3과 같이 거리정보를 모르는 경우에는 OLT가 보낸 PLOAM 셀에 대한 응답을 ONU가 보내서 OLT의 위상 기술점에 그 응답 셀이 들어오는 시간의 범위를 의미하고, 위치정보를 알고 있는 경우에는 OLT는 임의의 시간 동안에 윈도우를 개설해 놓으면 해당 ONU가 응답 셀을 보낼 수 있는 범위를 말한다. 이렇게 측정된 시간을 이용하여 ONU에게 등화 지연 ( $T_d$ )으로 부여함으로써, 전체적으로 모든 ONU들이 등화 왕복전파지연 ( $T_{\text{cud}}$ )을 같게 하여 거리를 가상적으로 동일하게 놓을 수 있다는 것이다. 그럼으로써 하향 PLOAM 셀의 승인 필드에 개개의 ONU들에게 data 승인을 부여함으로써 해당 ONU는 상향으로 정보를 전송할 수 있다. 이런 일련의 과정을 ranging 이라고 한다.

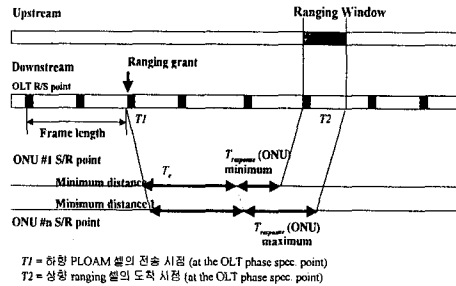
Ranging 절차의 구분 방법은 OLT와 ONU의 상태에 따라 Cold PON Cold ONU, Warm PON Cold ONU, Warm PON Warm ONU로 분류된다. 상기 구분은

ONU를 설치할 때 ONU 일련번호의 유무로 나누며, ranging 실행 시나리오인 주기적인 polling과 망 운영자의 실행에 대해 각각 적용된다. 일반적인 ranging 절차는 그림 4와 같다.



$T_1$  = 하향 PLOAM 셀의 전송 시점 (at the OLT phase spec. point)  
 $T_2$  = 상향 ranging 셀의 도착 시점 (at the OLT phase spec. point)

(a) 거리정보를 모를 때 윈도우의 개설



$T_1$  = 하향 PLOAM 셀의 전송 시점 (at the OLT phase spec. point)  
 $T_2$  = 상향 ranging 셀의 도착 시점 (at the OLT phase spec. point)

(b) 거리정보를 알 때 윈도우의 개설

그림 3. 위치정보 유무에 대한 윈도우의 개설의 차이

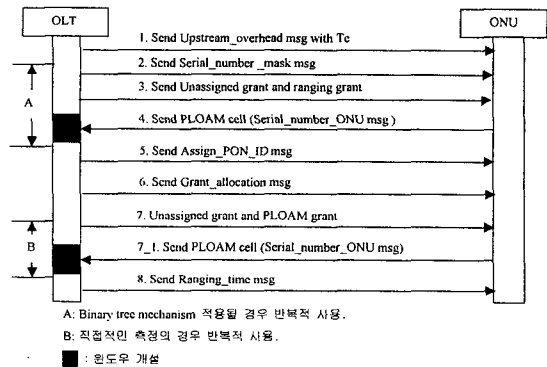


그림 4. 일반적인 ranging 절차에 대한 메시지 흐름도

그림 4의 메시지 전달과정에서 7, 7.1과 8은 직접적인 거리 측정 단계로서, unassigned 승인과 ranging 승인을 보낸 하향 PLOAM 셀에 대한 응답 셀을 이용하여 등화지연을 측정한다. ONU의 위치를 모르는 경우에는 그림 3의 (a)에서와 같이 OLT에서 하향 PLOAM 셀의 전송하는 시점을  $T_1$ 이라고 하고, 응답하는 상향 ranging 셀의 도착 시점을  $T_2$ 라고 한다면 등화지연은 다음과 같이 산출할 수 있다.

$$T_d = T_{\text{cud}} - (T_2 - T_1) \quad (1)$$

위치를 알고 있을 경우에는 사전 등화지연을  $T_c$ 라고 하면 다음과 같이 산출할 수 있다<sup>4)</sup>.

$$T_a = T_{cold} - (T_2 - T_1) + T_c \quad (2)$$

Ranging에 관련된 사항에서 승인을 처리하는 시간은 7~9셀 이내이고, ranging에 관련된 메시지는 6T 이내 에 처리하도록 권고하고 있다. Ranging이 일단락된 상태에서 OLT는 각각의 상황 ATM 셀을 지속적으로 감시하는데, 특정한 카운터 동안(프로그램 가능) 현재 등화지연에 대한 위상변이 평균이  $\pm 1$  비트 이상  $\pm 2$  비트 이하일 경우에는 갱신된 등화지연을 윈도우 개설 없이 해당 ONU에게 전달한다. 만약 위상 변이의 평균 이  $\pm 2$  비트를 초과한 경우에는 윈도우 개설을 통한 측정값을 전달한다. G.983.1에서는 시간적인 요구사항 은 표 1과 같이 권고하고 있다.

표 1. ranging 시간 요구사항

PON의 상태	ONU의 상태	방법	ONU의 수	소요시간
Cold	Cold	A	각각의 ONU	2초
Cold	Cold	B	각각의 ONU	10초
Warm	Cold	A	1	1초
Warm	Cold	B	1	3초
Warm	Cold	A/B	31	93초
Warm	Warm	A	16	0.1초

### III. Ranging에 대한 모델링

표 1의 권고에서 각각의 상태에 따라 비교해보면 Cold PON Cold ONU의 경우, 시나리오의 구분이 무 의미하다. Warm PON Cold ONU의 경우는 ranging된 적이 없는 ONU의 추가나 ranging된 적이 있는 ONU의 전원이 복구되어 다시 ranging하는 상황이므로 시나리오 1과 시나리오 2가 모두 적용된다. Warm PON Warm ONU의 경우는 OLT가 PON\_ID를 획득한 상태로 설치 방법 B를 적용하는 것은 의미가 없다. 표 2는 이러한 내용을 토대로 제안한 것이다.

표 2. 제안된 모델링

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

전체적인 프로그램 구조는 제안된 방법을 바탕으로 한 ranging 절차들을 사용자 입력과 선택을 해서 내부설정을 하는 INPUT부분과 선택된 방법에 따라 실행하는 CORE PART와 결과를 표현하기 위한 OUTPUT으로 구성한다.

제안된 (i) 방법은 OLT가 ranging 하려는 ONU의 일련번호를 모르는 상태에서 ranging할 경우이다. 이것은 ranging 절차에 참여하려는 ONU의 위치를 모르는 경우로서, ranging 승인을 방송함으로 인한 상향 ranging 셀의 충돌을 binary tree mechanism으로 분해한다. 또한 본 시뮬레이터 구현에 있어서는 윈도우가 개설된 시간에 유효한 셀을 모두 받아 놓은 형태를 사용하여 ranging 시간을 줄일 수 있는 방식을 사용한다. 윈도우 개설은 그림 3의 (a) 방식인 73 셀을 개설하는 방식을 사용한다.

제안된 (ii) 방법은 OLT가 ranging 하려는 ONU의 일련번호를 알고 있는 상태이므로 일련번호를 탐색하기 위한 binary tree mechanism은 사용되지 않는다. 일련번호를 알고 있다고 해서 위치정보도 안다고 할 수 없다. 그러므로 시뮬레이터 구성에 있어서 위치정보를 알고 있는 경우에 대해서는 윈도우를 그림 3의 (b)와 같이 3~5셀을 개설하는 방식을 채택하고, 모를 경우에는 그림 3의 (a) 방식인 73셀을 개설하는 방식을 사용한다.

제안된 (iii) 방법은 정상적으로 동작하는 ONU에 대해서  $\pm 2$  비트 이상의 위상변이 혹은 다양한 경보를 검출할 경우에 윈도우 개설을 통해 등화지연을 측정하여 해당 ONU에게 전달하는 과정이다. 임계치 복구 과정의 경우 OLT 시스템의 상태임으로 수행여부를 선택 사항으로 구성한다.

### IV. 시뮬레이션 결과

본 시뮬레이터는 Window 98 운영체제 환경에서 Visual Basic을 이용하였다. 그림 5는 구성된 시뮬레이터의 인터페이스의 설정과 결과를 나타내는 창이다.

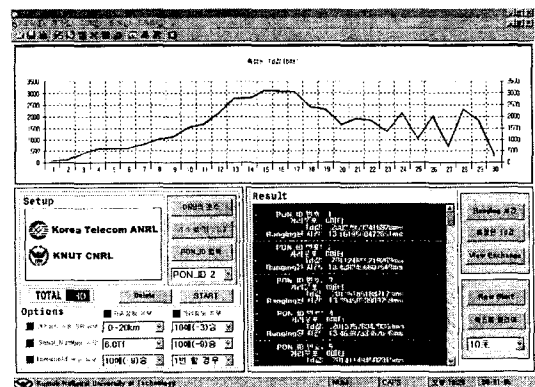


그림 5. 시뮬레이터 인터페이스 및 결과 창

그림 6은 제안된 (i), (ii) 방법에 대한 ranging 소요 시간과 대역폭 잡시정도를 나타낸 것이다. 소요시간의 관점에서는 ONU의 일련번호 유무에 관계없이 권고안

의 시간 요구사항을 만족하고, 단지 메시지 처리시간의 따라 소요시간이 결정되는 것을 알 수 있다. 기존에 서비스에 미치는 영향을 살펴보기 위해 사용한 대역잠식 정도는 다음과 같다.

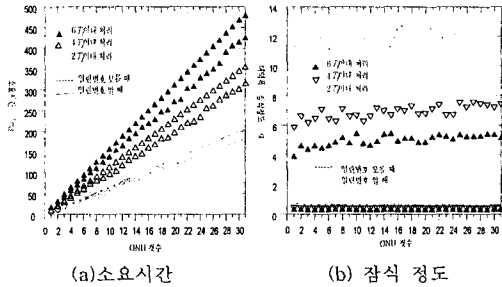


그림 6. 제안된 (i), (ii) 방법의 소요시간과 잠식정도

$$\text{대역폭 잠식정도(\%)} = \frac{\text{윈도우 개설 시간}}{\text{ranging에 소요시간}} \times 100 \quad (3)$$

대역폭의 잠식정도에서도 메시지 처리 시간에 따라 차이를 보이고 있다. 위치정보를 알고 있는 상황이 알지 못하는 상황보다 적은 대역폭 잠식정도를 가지고 있음을 알 수 있다. 더구나 위치를 알고 있는 경우에서 메시지 처리시간이  $2T_j$  일 경우에는 12~14 % 대의 대역폭 잠식 정도를 나타내고 있고,  $4T_j$  일 경우에는 4~6 % 정도의 대역 잠식 정도를 나타내고,  $6T_j$  일 경우에는 1 % 미만의 대역폭 잠식정도를 나타내고 있다. 이는 메시지를 처리하는 시간이 짧으면 짧을수록 ranging에 소요되는 시간은 감소하지만 좀더 빠른 주기로 윈도우를 개설하기 때문에 잠식정도는 증가함을 알 수 있다. 또한 윈도우를 최소로 적용하는 알고리즘을 적용한 결과이기도 하다.

그림 7은 제안된 (iii) 방법에서의 ranging 소요시간과 대역폭 잠식정도를 나타내고 있다.

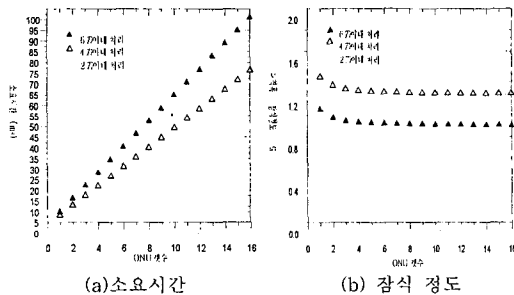


그림 7. 제안된 (iii)방법에 대한 소요시간과 잠식 정도

메시지 처리시간을  $6T_j$  이내로 하였을 경우, 96 ms 정도 소요되었는데, 이것은 권고안에서 요구하는 시간인 100 ms를 간신히 만족하는 것이다. 만약 메시지 처리시간이  $6T_j$ 을 초과하면 권고 요구시간을 만족하지 못

할 것이다. 대역폭 잠식정도 측면은 메시지 처리시간이 짧을수록 잠식정도가 크게 나타나고 일정 값으로 수렴함을 할 수 있다. 이것은 수식 (3)에서 알 수 있듯이 ranging 에 소요된 시간이 윈도우 개설 시간보다 큰 값을 가지기 때문에 일정 값으로 수렴한다. 대역 잠식정도의 측면에서도 메시지 처리시간을  $2T_j$ 으로 하였을 경우에는 1.3 %대로 수렴하고,  $4T_j$ 으로 하였을 경우에는 1.2 % 대로 수렴하고,  $6T_j$ 으로 하였을 경우에는 1 % 미만으로 수렴함을 보이고 있다. 제안된 각각의 방법이 G.983.1에서 권고하고 있는 ranging 소요시간을 만족함을 알 수 있다. 또한 윈도우를 최소로 하는 알고리즘을 사용할 경우 윈도우 개설로 인한 대역 잠식정도가 위치정보를 알지 못하는 경우에 윈도우를 개설하는 것에 비해 서비스 품질이 우수함을 알 수 있다.

### V. 결론

지금까지 차세대 가입자망에서 ATM-PON의 도입 필요성과 구조를 언급하였다. ATM-PON의 중요한 기술은 ranging과 MAC이다. 그 중에서도 본 논문은 ranging 절차를 이해하기 위하여 ATM-PON의 전송 수렴계층의 프레임 구조와 ranging에 참여하는 셀인 PLOAM 셀의 구조를 살펴보았다. 본 논문은 ITU-T G.983.1 표준화된 완전디지털 in-band 방식의 일반적인 ranging 절차를 살펴보고, 모델링하여 제안된 방법을 제시하였다. 이를 바탕으로 시뮬레이터를 개발하였다. 개발된 시뮬레이터를 이용하여 다양한 모의실험을 수행함으로써 G.983.1의 권고하는 시간제한의 만족 여부와 기존의 서비스에 미치는 정도를 알아보기 위해 대역 잠식정도를 살펴보았다.

### 참고문헌

- [1] B. Miah and L. Cuthbert, "An Economic ATM Passive Optical Network," IEEE Commun. Mag., pp. 62-68, March 1997.
- [2] ITU-T Recommendation G.983.1, "Broadband Optical Access Systems Based on Passive Optical Networks (PON)," Geneva, Oct. 1998.
- [3] J.A Quale, "Ranging on Advanced PONs." 13<sup>th</sup> annual conference on european fiber optic communications and networks, pp.154-157, 1995
- [4] 정 해 외, "최적 ATM-PON 구성을 위한 프로토콜 연구," 한국통신 가입자망연구소 최종연구보고서, 1999.12.
- [5] U. Killat, Access to B-ISDN via PONs: ATM Communication in Practice, Wiley, 1996.