
G.983.1 기반의 ATM-PON을 위한 Ranging 프로토콜에 관한 연구

정 해*, 김진희**, 권순철***

A Study on a Ranging Protocol for the ATM-PON Based on ITU-T G.983.1

Hae Chung, Jin-Hee Kim, Sun-Chul Kwun

요 약

ATM PON은 수동 광 분배망에서 ATM 셀을 전송하는 가입자망으로서 다양한 형태의 가입자를 하나의 통합된 플랫폼에서 처리할 수 있기 때문에 차세대 액세스망의 해법으로 간주된다. 본 논문에서는 ATM PON이 가지고 있는 장점과 그것이 동작하기 위한 핵심적인 프로토콜을 살펴본다. 그 중에서도 ranging은 시스템에서 시분할 다중화 액세스를 가능하게 하는 가장 중요한 프로토콜이다. 이 프로토콜의 문제점은 ranging 셀이 도착하는 시간구간, 즉 윈도우가 너무 길다는 것이다. 이 기간 동안 상향으로 가입자 트래픽을 전달할 수 없으므로, 서비스 품질이 저하될 가능성이 매우 높다. 이 논문에서는 광케이블의 길이를 어느 정도의 오차를 갖고 알고 있을 때 윈도우 길이를 최소화하는 방안을 제시한다. 제시된 알고리즘을 사용할 경우, 광케이블의 길이가 1 Km 변이를 가질 때 기존 방법에 비해 윈도우 길이가 7 %에 지나지 않는 성능 향상을 얻을 수 있다.

Abstract

ATM PON system is regarded as a solution of the next generation access network because it can cover various types of subscribers in a single platform. In this paper, we describe the merit of the ATM PON and the key protocols for its operation. Above all, the ranging is the most important protocol providing a mean

* 금오공과대학교 전임강사

** 한국통신 연구개발본부

*** 한국통신 가입자망연구소 책임연구원, 연구기획팀장

접수일자 : 1999년 12월 29일

of the time-division multiple access in the system. A problem in the protocol is that the window size, the time interval that ranging cell arrives, is too long. During the interval, user traffics cannot be send to the upstream, which makes the quality of service degraded. In this paper, we suggest a method to minimize the window size when the length of the optic fiber is known with some deviation. The window size can be reduced as 7 % of the conventional method when the deviation of the length is 1 Km.

I. 서 론

초고속 데이터 서비스에 대한 요구가 확산되면서, 기존에 큰 용량을 사용하던 서비스 제공자뿐만 아니라, 기업체, 사무실, 학교, 공장, 심지어 일반 주거용 가입자까지도 광대역 서비스를 요구하는 고객이 되어가고 있다. 또한 IMT-2000의 활성화로 인하여 고속 무선 데이터 수요가 증가한다면, 무선 기지국이 고속의 대역폭을 요구하는 새로운 유선 가입자가 될 것이다. 이와 같이 정보화 사회의 가속화가 진행될수록 새로운 고객이 등장하게 되고, 가입자의 형태에 따라 다양한 대역을 요구해 올 것으로 예상된다. 그러므로, 어떤 가입자가 임의의 용량을 요구해 올 때, 손쉽게 요구에 대응할 수 있는 가입자 액세스 장치를 개발하는 것이 중요하다. 또한 정보화 사회에서 궁극적으로 도시외곽과 농어촌과 같은 수요산발지역도 광대역 서비스의 혜택을 제공해야 할 대상임을 감안할 때, 국사와 가입자 사이의 거리에 영향을 받지 않고 용이하게 설치해 줄 수 있는 액세스 망을 고려해야 한다. 그러므로 가입자 액세스 망의 요구사항은 다음 3 가지로 요약할 수 있다.

- 임의의 대역폭을 융통성 있게 할당해 줄 수 있어야 한다.
- 국사와 가입자 사이의 거리에 구애받지 않고 서비스가 가능해야 한다.
- 가입자의 형태에 관계없이 단일한 플랫폼에서 저가로 구현 가능해야 한다.

그래서, 어떤 특정 가입자의 형태에 초점을 맞추지 말고 일반적인 가입자를 수용할 수 있는 액세스 장치에 대하여 새롭게 개념을 정립되어야 할 필요가 있다.

국간망이 비교적 통일된 형태로 발전해 나가는 반면, 가입자망은 대단히 다양한 형태로 전개되어 왔다. 포설된 동선 (twisted pair) 상에 디지털 가입

자 선로 (Digital Subscriber Line, DSL) 기술과 DSL Access Multiplexer (DSLAM)라는 장치를 이용하여 고속 데이터 서비스를 제공하는 방식은 국사와 가입자 사이의 거리가 멀어질수록 성능의 저하를 초래한다. Hybrid Fiber Coaxial (HFC) 혹은 Multimedia Cable Network System (MCNS)은 북미에 비해 상대적으로 동축케이블 기반이 취약한 국가에서는 구축비용이 만만하지 않고 상향 대역폭 소모가 큰 가입자들을 수용하기에 적합하지 않다. 가입자 인접지역까지 광케이블을 포설하고 DSL 기술을 이용하는 Fiber-to-the-Curb (FTTC)는 Fiber-to-the-x (FTTx)의 한가지 형태로서 수요밀집 지역에 유리한 방식이기는 하지만, 수요 산발지역에 적합한 방식은 아니다. 왜냐하면, 가입자가 드문드문하게 퍼져 있는 곳에서는 한 가닥의 광케이블에 수용할 수 있는 가입자 수가 제한적이기 때문이다. 이와 같이 현존하는 가입자망의 구조는 차후의 요구사항에 부응하기에 부족한 점이 있다.

이러한 상황에서 Asynchronous Transfer Mode Passive Optical Network (ATM PON)은 차세대 가입자망의 대안으로 등장한 기술이라 할 수 있다. ATM PON은 20 Km 반경 내에 있는 가입자들을 FTTx의 형태로 연결을 제공한다. 그리고 하나의 광케이블이 스플리터 (splitter)를 통해 여러 가닥으로 분기하여 최대 64 대의 광 가입자 장치가 동시에 연결되어 사용할 수 있는 구조이기 때문에 구축비용을 저렴하게 한다. 이는 ATM-PON을 통하여 하나의 광케이블에 Fiber-to-the-Cabinet (FTTCab), FTTC, Fiber-to-the-Building (FTTB), Fiber-to-the-Home (FTTH) 등이 동시에 연결되어 동작할 수 있음을 의미한다. 따라서 ATM-PON 시스템은 하나의 플랫폼에서 FTTx를 통합하여 궁극적인 가입자망의 형태인 FTTH까지 지원하므로 차세대 가입자 액세스 방식으로서 중요한 의미를 지닌다.

PON에는 다양한 액세스 방식이 적용될 수 있지

만, 현재 기술로는 Time Division Multiple Access (TDMA) 방식이 가장 구현이 용이하고 가격적 측면에서 유리한 것으로 알려져 있다[1]. PON에 TDMA 방식이 적용될 때, Synchronous Transfer Mode (STM) 방식과 ATM 방식을 고려할 수 있다. STM 방식이 적용된 사례로서 영국의 British 텔레콤의 Telephone over PON (TPON)과 독일의 Bundespost의 Optical Access Line (OPAL)을 예로 들 수 있다[2]. 전자는 PON 상에 전화 및 Integrated Service Digital Network (ISDN) 서비스를 제공하며, 후자는 전화 및 ISDN 외에 38 채널의 텔레비전 서비스를 제공한다. ATM 방식이 적용된 사례로는 유럽의 RACE-II 프로젝트의 하나인 Broadband Access Facility (BAF)과 일본 Nippon Telephone and Telegraph (NTT)의 ATM Passive Double Star (PDS)를 예로 들 수 있다 [3]. 이와 같이 초기에 PON에 관한 연구는 주로 유럽이 주도해 오고 있었으나, 지금은 일본과 미국이 공동개발을 재휴할 정도로 세계적인 추세를 보이고 있다. 유럽의 규격과 상당한 차이를 보이고 있는 ITU-T의 G.983.1은 망 사업자를 중심으로 구성된 Full Service Access Network (FSAN)이 주도하여 규격을 착수하였고, 제조업자가 상당부분 기여를 하였다[4].

ATM PON이 동작하기 위해서는 핵심적인 두 가지 프로토콜이 뒷받침되어야 하는데, 하나는 ranging 프로토콜이고 다른 하나는 MAC 프로토콜이다. 이것들은 ATM의 하부계층에서 돌아가는 프로토콜로서 전송수령계층의 기능에 속한다. 전자는 여러 대의 장치가 상향으로 셀을 전송할 때, 매체가 공유되는 구간에서 충돌을 방지하기 위하여 각기 다른 위치에 있는 장치들을 가상적으로 동일한 위치에 배치하는 기능을 수행하는 프로토콜이다. 후자는 다수의 장치가 요구하는 다양한 대역폭을 동적으로 할당하는데 관련된 프로토콜이다. 유럽의 RACE-II의 BAF 프로젝트에서는 일찍이 ATM PON을 연구하여 시험제품을 선보였으며[2][5][6], 그 규격은 ITU-T의 G.983.1과는 판이하게 다르다. 특히 ranging에 있어서 유럽은 아날로그와 디지털 기법을 동시에 사용하는 반면, G.983.1은 대역내 완전 디지털 기법이라 할 수 있다[7]. 그리고 유럽

에서는 그 동안 다양한 MAC 프로토콜을 제안하였으나[5][6][8][9], G.983.1에는 MAC 프로토콜이 아직 추후 연구과제로 남아있다.

본 논문에서는 G.983.1을 기반으로 하는 ATM-PON의 Ranging 프로토콜에 대해서 연구한다. G.983.1 기반의 Ranging 프로토콜의 문제점은 ranging 셀이 도착하는 시간구간, 즉 윈도우가 너무 길다는 것이다. 이로 인하여 이미 서비스 중에 있는 가입자의 서비스 품질의 저하를 야기한다. 따라서 본 논문에서는 ranging 과정에서 윈도우의 길이를 줄일 수 있는 방법을 제안한다. 논문의 구성은 2장에서 G.983.1의 ranging 방법에 대하여 간략히 기술한다. 3장에서는 ranging 절차에 있어서 광케이블의 길이를 어떤 오차범위로 알고 있을 때, 윈도우의 길이를 축소할 수 있는 방안을 제시하고 제안한 알고리즘의 적용범위에 대하여 설명하며, 4장에서는 결론을 맺는다.

II. G.983.1의 TC 계층과 Ranging 프로토콜

ATM PON의 기본적인 망 구조는 그림 1에 보이는 것과 같이 크게 3가지 기능블록으로 구성되어 있는데, Optical Line Termination (OLT), Optical Distribution Network (ODN), Optical Network Unit (ONU)이 그것이다. OLT는 국사에 설치되는 장치로서 ATM 교환기와 같은 서비스 노드와의 접속 (Service Node Interface, SNI)과 PON과의 접속을 가지고 있다. ONU는 가입자 인접지역이나 댁내에 설치되며 PON과의 접속 및 사용자와의 접속 (User Network Interface, UNI)을 가진다. 특히 댁내에 설치되는 ONU를 Optical Network Termination (ONT)라고 한다. 한 대의 OLT에 20 Km 반경 내에 있는 최대 64 대의 ONU/ONT가 일 대 다의 형태로 연결된다. 따라서, OLT에서 가입자 측으로 전달되는 (하향) 광 신호는 스플리터에서 분기되어

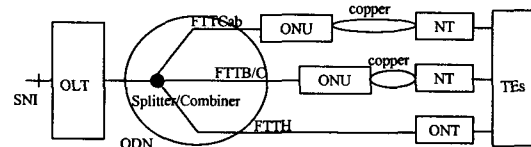


그림 1. ATM PON의 망 구조

Fig. 1. Network Architecture for an ATM PON.

각 ONU에 전달되고, 다수의 ONU에서 망 측으로 전달되는 (상향) 광 신호는 결합기 (combiner)에서 합쳐져서, OLT에 전달된다. 이와 같이 OLT와 ONU사이의 전달수단을 광 분배망 (ODN)이라 하며, 이것이 수동소자로 구성되기 때문에 PON이라고 한다.

OLT에서 ONU로 향하는 하향신호의 흐름은 단순히 방송으로 전달되는 반면에, ONU들이 OLT로 전달하는 상향신호는 다중 액세스 방식 (multiple access)을 채택하여야 한다. 왜냐하면, ONU들은 결합기와 OLT 사이의 한 가닥의 광케이블을 공유하기 때문이다. G.983.1에서는 ATM 셀을 이용한 시분할 방식을 적용하기 위하여 그림 2에 주어진 바와 같이 상 하향이 서로 다른 독특한 프레임 구조를 가지게 된다. 하향신호는 155.52 Mb/s와 622.08 Mb/s의 두 가지 접속이 제공되나, 상향신호는 155.52 Mb/s 만이 제공된다. 그림에서는 상 하향이 대칭인 경우를 보여주고 있다. 하향 프레임에서의 ATM 셀은 일반적인 셀과 동일한 길이와 구조를 갖고 있으나, 상향 프레임은 셀 전달에 3 바이트의 오버헤드가 있다. 이것은 결합기에서 다중화될 때 동기가 다소 어긋나도 인접한 셀 사이에 충돌이 발생하지 않도록 하기 위한 4 비트 이상의 보호시간 (guard time)과 비트, 바이트, 셀 동기를 제공하기 위한 것이다.

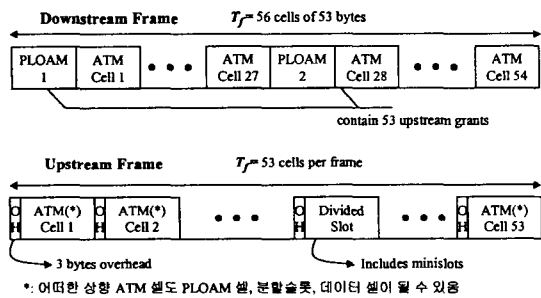


그림 2. 대칭구조의 PON의 프레임 형식
Fig. 2. Frame format for symmetric PON.

상향으로 53 개의 타임슬롯 (56 바이트 셀)에 시분할 다중화가 적용될 수 있도록 중요한 역할을 하는 것이 하향 프레임에 있는 2 개의 PLOAM 셀

이다. PLOAM 셀은 크게 승인 영역과 메시지 영역으로 나뉘어 진다. 메시지 영역은 전송수령계층의 기능을 수행하기 위하여 OLT가 ONU에게 전달하는 메시지를 담고 있다. 시분할 다중화와 관련된 승인필드 영역은 상향 프레임의 몇 번째 타임슬롯을 어떤 ONU가 사용할 것인지를 표시한다. 첫 번째 PLOAM 셀에는 27 개의 승인 표시하고, 두 번째 것에는 26 개의 승인을 표시하여 도합 53 개 (상향 한 프레임의 타임슬롯 수)의 타임슬롯에 대한 사용 허락을 표시한다. 하향신호는 방송되므로 모든 ONU가 PLOAM 셀을 수신할 수 있게되고, 승인필드를 읽어보면, ONU들은 자신이 몇 번째 타임슬롯에 대한 사용을 허가 받았는지 알 수 있다. ONU는 허가 받은 타임슬롯에 데이터 셀을 전송함으로써 시분할 다중화가 이루어진다. OLT가 셀 승인을 적절하게 분배하기 위해서는 ONU의 큐 길이 정보를 알아야 하는데, 그 정보는 그림에서 보는 것과 같이 상향 프레임의 분할슬롯 (divided slot)을 통해 전달된다. 하나의 분할슬롯은 다수의 미니슬롯 (minislot)을 포함하며, 이 미니슬롯은 ONU 한 대의 큐 길이 정보를 담고 있다.

PLOAM 셀을 이용하여 시분할 다중화를 보장하기 위해서는 사전에 셀 전송시점에 관한 동기작업이 이루어져야 한다. 즉, ONU 각자가 서로 다른 타임슬롯을 사용한다 할지라도, 각각의 ONU와 OLT 사이의 거리가 서로 다르기 때문에 매체가 공유되는 구간에서 다른 ONU가 보내는 셀과의 충돌이 발생할 수 있다. 바로 이 문제를 해결하기 위하여, ONU가 활성화되어 본격적으로 셀 교환이 일어나기 전에, OLT가 논리적인 거리를 측정하고, 모든 ONU를 가상적으로 동일한 거리에 배치시키는 일련의 절차를 수행하는데, 이것을 ranging이라 한다. 즉, 가까운 거리에 있는 ONU는 상향 셀 전송에 대한 승인을 받은 후, 좀 지연을 두고 셀을 전송하게 하고, 멀리 있는 ONU는 승인을 받은 후 곧 바로 셀을 전송하게 하여 논리적으로 동일한 거리에 있는 것처럼 보이게 하는 것이다. 이렇게 하여 매체가 공유되는 구간에서 충돌을 피할 수 있다. 이와 같이 거리에 관계없이 모든 ONU에게 일정하게 적용되도록 하는 지연을 등화 왕복지연 (equalized round trip delay), T_{eqd} 라고 정의한다. 또

한 이 지연을 일정하게 하기 위해서는 각각의 ONU가 승인을 받은 직후 실제로 셀을 보내기 직전까지 대기하는 시간이 OLT와 떨어진 거리에 따라 다르게 할당되어야 하는데, 이 지연을 등화지연(equalized delay), T_d 라고 정의한다. 궁극적으로 ranging 목표는 OLT가 ONU에게 PLOAM 셀의 메시지 필드를 통하여 ONU에게 이 T_d 값을 전달해주는 것이다.

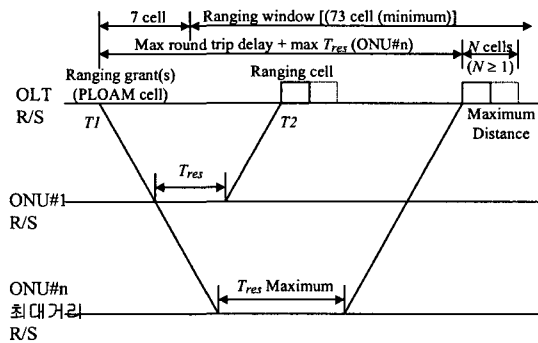


그림 3. Ranging 윈도우와 위상관계
Fig. 3. Ranging window and phase relation.

OLT가 ranging을 시도하는 경우는 다음 두 가지 상황에 의해서 이다. 새로운 ONU가 설치되는 것을 운용자가 알고 있음으로서, 운영자 명령에 의해 시도되는 경우와 OLT가 주기적으로 활성화하고자 하는 ONU가 있는지를 점검하는 경우이다. 그림 3은 ranging을 통해 등화지연을 측정을 시도하는 과정을 보여준다. OLT는 하향 PLOAM 셀을 통하여 승인필드 중의 한곳에 ranging grant라고 하는 특수한 승인을 코딩하여 내려보낸다. 그림은 승인필드에 첫 번째 필드에 ranging grant가 있는 경우이다. PLOAM 셀은 전파지연, T_{pd} 이후에 활성화하고자 하는 ONU에 도착할 것이다. 이 PLOAM 셀을 수신하고 ranging grant를 인식한 ONU는, 즉시 응답 셀을 상향으로 전달해야 한다[7]. ONU에 PLOAM 셀이 도착한 직후 응답 셀을 보내기 전까지 처리되는 시간을 ONU 응답시간을, T_{res} 라 정의하며 통상적으로 7 ~ 9 셀의 지연 (155.52 Mb/s 속도에서 56 바이트 길이의 셀)을 가지는 것으로 간주한다[7]. 그리고 나서 다시 전파지연을 겪은 후에 응답 셀이

OLT에 도착하게 된다. 그래서 0 Km 떨어진 ONU가 $T_{res} = 7$ 셀의 응답시간을 가질 때, OLT에서 PLOAM 셀이 출발한 직후 응답 셀은 7 셀 시간이 지난 후에 도착하게 되며 이것이 가장 빨리 응답 셀이 도착하는 경우이다. 규격 상의 최대 거리인 20 Km 떨어진 ONU가 $T_{res} = 9$ 셀의 응답시간을 가질 때, 약 78.43 셀 시간 ($2T_{pd} + 9 \text{ cell time}$)이 지난 후에 응답 셀의 첫 번째 비트가 도착하게 되며 이것이 가장 늦게 응답 셀이 도착하는 경우이다. 응답 셀이 점유하는 한 셀 시간을 고려하면, 결국 응답 셀은 7 ~ 79.43 셀 시간의 범위에 도착하게 된다. 이처럼 OLT에 응답 셀이 도착할 수 있는 시간의 범위를 윈도우 (window)라고 하며, 윈도우의 길이는 약 73 ($79.43 - 7 = 72.43$) 셀 시간이 된다. 그림과 같은 경우에, OLT는 PLOAM 셀이 출발한 시점을 T_1 이라 하고 응답 셀이 도착한 시점을 T_2 라고 정의할 때, 특정 ONU에게 할당하는 등화지연을 다음과 같이 산출한다.

$$T_d = T_{eqd} - (T_2 - T_1) \dots\dots\dots (1)$$

여기서 T_{eqd} 는 OLT 운용자가 설정할 수 있는 값으로 73 셀 타임 이상의 길이를 가져야 한다. 이렇게 결정된 등화지연을 PLOAM 셀을 이용하여 ONU에게 통보한다. 이 후에 ONU는 셀 전송에 대한 승인을 받으면, 지정된 타임슬롯에서 T_d 가 경과한 후 상향으로 셀을 송출한다. 이렇게 하면 모든 ONU의 동기화가 이루어지고 충돌이 일어나지 않는다.

이 프로토콜에서 중요한 이슈는 윈도우의 길이를 최소화하는 것이다. OLT는 윈도우가 열리는 동안 ranging하고자 하는 ONU의 응답 셀의 정확한 도착 시점을 예측할 수 없기 때문에, 이미 서비스 중에 있는 ONU들이 보내는 데이터 셀과 충돌이 발생할 수 있다. 따라서 OLT는 이 기간 (73 셀) 동안 이미 활성화된 ONU들이 셀을 상향으로 보내는 것을 금지해야 한다. 이를 위하여 OLT는 PLOAM 셀의 승인필드에 ranging grant를 표기하기 직전의 73 개 승인필드를 무할당 승인 (unassigned grant)으로 채워야 한다. 이렇게 함으로써 윈도우 내에는 오직 ranging 응답 셀만이 상향으로 전달될 수 있다. 따라서 이미 서비스 중에 있는 ONU는 서비스 품질

의 저하를 초래할 수 있다. 특히, 상향 채널용량을 많이 점유하고 있는 ONU 일수록 크게 영향을 받는다. 예를 들어 전체 용량의 1/3을 사용하는 ONU를 가정하면 24 (73/3)개의 셀을 전송하지 못하고 대기 큐에 쌓아두고 있어야 한다. 이 트래픽이 회선 에플레이션 서비스에 해당한다면 서비스 품질에 매우 나쁜 영향을 초래할 수 있을 것이다. 더욱이, G.983.1에 의하면 등화지연은 2회 연속 측정이 성공 시에 유효한 것으로 간주하기 때문에 사정은 더 악화될 소지가 있다.

이미 서비스 중에 있는 ONU에게 서비스 품질의 저하를 막기 위해서는 가급적 윈도우 길이를 줄여야 한다. G.983.1에서도 이를 위하여 ONU 거리 분포를 알고 있는 경우 윈도우 길이를 줄이는 방안을 제시하고 있다. 본 논문에서는 ranging에 참여할 ONU와 OLT 사이의 거리를 어떤 오차의 범위로 알고 있을 때 윈도우의 길이를 최소화하는 방법을 다음 절에서 제안하고자 한다.

III. 윈도우 길이를 최소화하는 Ranging 알고리즘

상향 프레임의 전송속도를 R bits/s이라고 할 때, 한 비트의 지연을 절대적인 시간으로 산출하면 $1/R$ 초이다. G.983.1에서는 OLT가 PLOAM 셀 (정확히는 ranging_time 메시지)을 이용하여 ONU에게 측정된 등화지연 값을 상향 프레임의 속도를 기준으로 비트 수로 환산하여 이진수로 코딩된 값을 전달한다. 따라서, 지금부터 기술하는 모든 시간의 단위는 상향 프레임의 전송속도를 기준으로 하여 비트 단위로 환산하기로 한다. 아래와 같이 사용기호를 정의하며, 위 첨자 i 는 i 번째 ONU에 관한 파라미터임을 의미한다.

- D^i : i 번째 ONU와 OLT 사이의 광케이블의 거리
- v : 광케이블에서의 신호의 전파속도 (약 $2c/3$, c 는 빛의 속도)
- T_{pd}^i : i 번째 ONU까지의 전파지연
- T_e^i : ranging될 i 번째 ONU에 제공하는 사전 할당 지연 값

G.983.1 규격에 따르면 광케이블을 통한 빛의 진행 속도는 진공에 2/3으로 간주하여 20 Km 거리의 왕복전파지연을 200 μ s로 간주한다. 따라서 20 Km 떨어진 ONU의 전파지연을 T_{pd}^{max} 라고 할 때, 최대 왕복전파지연은 $2T_{pd}^{max} = 31,104$ 비트 (69 셀 + 192 비트)이다. 전송한 바와 같이 T_{res}^i 는 3136 ~ 4032 비트 (7~9 셀) 정도로 2 셀 정도의 변이를 허용한다. 그래서 T_d^i 의 최대 값은 32,000 비트 ($2T_{pd}^{max} + 2$ 셀 변이) 이상이 될 수 있다. 결국, 등화 왕복지연은 $2T_{pd}^{max} + 9$ 셀보다 커야 하므로 $T_{eqd} \geq 35,136$ [bits]가 성립한다. 이 값을 조정하면 OLT의 가상적 기준점에서 상향 프레임과 하향 프레임의 시작점을 정렬할 수 있다. 즉, T_{eqd} 는 적어도 프레임 길이의 1.5배 가까운 값을 가지므로 상 하향 프레임을 정렬하고자 한다면 프레임 길이에 대하여 2 이상의 정수 배로 선택해야 한다. 등화 왕복지연이 크면, 액세스망을 통과하는데 지연이 증가하기 때문에, 2 배수를 선택하는 것이 합리적이다.

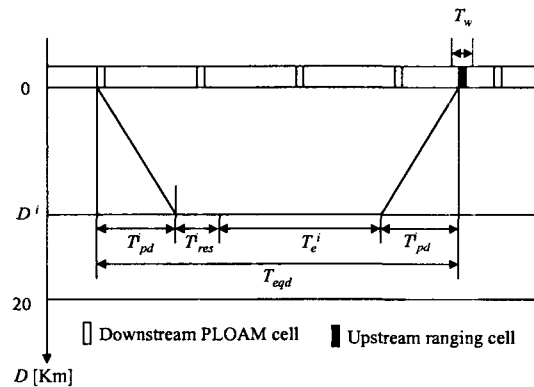


그림 4. ONU의 위치를 앞으로써 감소된 윈도우의 크기

Fig. 4. Reduced window size with some knowledge about ONU location.

이와 같이 운용자의 방침에 따라 T_{eqd} 가 결정된 상태에서, i 번째 ONU가 배치되고자 할 때 D^i 를 알고 있다고 가정하자. 그림 4를 참고하면 T_e^i 를 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$T_e^i = T_{eqd} - 2T_{pd}^i - T_{res}^i \dots\dots\dots (2)$$

이 식에서 왕복 전파지연은 $T_{pd}^i = D^iR/v$ 로 얻어진다. 따라서 $v = 2c/3$ 으로 할 때, 상기 식은 다음과 같이 된다.

$$T_e^i = T_{eqd} - 3D^iR/c - T_{res}^i \dots\dots\dots (3)$$

여기서 만약 응답시간에 변이 (즉, 오차)가 없고 OLT와 ONU 사이의 거리가 정확하다면, 윈도우의 길이를 1 셀이 되게 할 수 있다. 그러나 ONU의 응답시간은 3136 ~ 4032 비트로 두 셀의 변이를 허용하고 있다. G.983.1에서는 이것을 위치의 애매 모호성에 의한 변이라고 기술하고 있다. 최대 거리가 20 Km인 ATM-PON에서 ONU 설치 시 광케이블 길이에 대하여 오차 $\pm 5\%$ 를 허용한다면, 약 1 Km의 변이를 가지게 된다. 이것은 실제 광케이블의 포설 시에 발생할 수 있는 오차를 충분히 여유 있게 고려한 값이라 할 수 있다.

한 셀이 점유하는 물리적 거리를 산출해 보면, 상향 프레임의 속도 $R = 155.52 \text{ Mbits/s}$ 일 때, 절대적인 시간으로 $568/(155.52 \times 10^6)$ 초에 해당하고 물리적인 거리는 약 0.576 Km에 해당한다. 따라서 배치될 ONU에 제공하는 사전 할당지연에 모든 변이를 고려하여 4 셀의 오차를 제공한다면 전체적으로 1.152 Km의 오차를 허용하는 것이 되므로 충분히 타당한 값이라 할 수 있다. 그렇다면 윈도우의 길이를 5셀로 제한할 수 있다. 이것은 위치정보를 모를 때 윈도우의 길이 73 셀에 비하여 7%도 안 되는 값으로 현재 서비스 중인 ONU의 서비스 품질에 나쁜 영향을 미치지 않을 것이다.

이상을 일반화하여 윈도우의 길이를 산출해 보자. 윈도우의 길이를 T_w 로 표기하기로 한다. 광케이블의 길이에 대한 오차가 ΔD^i 내의 값으로 주어질 때 윈도우의 길이를 셀 단위로 다음과 같이 산출할 수 있다.

$$T_w = 3 + 2[\Delta D^iR/(448v)] \dots\dots\dots (4)$$

여기서 $[x]$ 는 x 이상의 최소의 정수를 의미한다. 이 식의 첫 번째 항은 ONU 응답시간의 변이에 의한 것이고, 둘째 항은 광케이블의 거리에 대한 오

차에 의해 증가하는 윈도우의 길이이다. 만약 $R = 155.52 \text{ Mbits/s}$, $v = 2c/3$ 인 경우에 윈도우 길이는 $T_w = 3 + 2[\Delta D^i / 0.576]$ 으로 결정할 수 있다.

이와 같은 원리를 적용하여 ranging 절차를 다음과 같이 요약할 수 있다. ATM-PON에서 배치절차는 먼저 Upstream_overhead 메시지를 3회 전송하고 Serial_number_mask 메시지를 보낸다. 그리고 나서 열린 윈도우에서 이미 활동 중인 ONU가 셀을 보내지 못하도록 무할당승인을 보내고 배치승인을 보낸다. 아래의 절차는 임의의 j 번째 PLOAM 셀의 첫 번째 승인필드에 배치승인을 보낸다는 가정 하에 동작하는 방식이다.

- Step 1: (3)과 (4) 식으로부터 사전 할당 등화 지연과 거리의 오차범위에 따라 윈도우 길이를 결정한다.
- Step 2: Upstream_overhead 메시지의 사전 할당 등화지연 필드에 T_e^i 값을 코딩하여 3회 전송한다.
- Step 3: 절차에 따라 Serial_number_mask 메시지를 보낸다.
- Step 4: $j - 1$ 번째 PLOAM 셀의 마지막 ($T_w - 1)/2$ 개의 승인필드를 무할당 승인을 채운다. 그리고 j 번째 PLOAM 셀의 첫 번째 승인필드를 ranging 승인으로 채우며, 이어서 ($T_w - 1)/2$ 개의 승인필드를 무할당 승인으로 채운다.
- Step 5: j 번째 PLOAM 셀이 하향으로 출발한 시간을 $T1$ 이라고 하자. $T1$ 직후 $[T_{eqd} - (T_w - 1)/2, T_{eqd} + (T_w - 1)/2 + 1]$ 의 시간 범위에 배치응답 셀이 도착하게 될 것이다. 배치응답 셀이 상향으로 도착하는 시점을 $T2$ 라고 한다.
- Step 6: 다음 (5) 식을 통하여 해당 ONU에 대한 등화지연을 계산하고, ranging_time 메시지를 통하여 ONU에게 통보한다.

$$T_d^i = T_{eqd} - (T2 - T1) + T_e^i \dots\dots\dots (5)$$

지금까지 제안된 알고리즘은 배치되고자 하는 ONU와 OLT 사이의 광케이블의 거리를 아는 경우로 다음과 같이 적용할 수 있다. 먼저, 실제로 가장 많이 접할 수 있는 상황으로 여러 대의 ONU는 이미 설치되어 서비스 중에 있고, 새로운 ONU를 현

장기술자가 설치하고자 하는 경우로서 G.983.1의 시나리오 1 (새로운 ONU가 연결된다는 것을 알고 있는 망 운용자가 배치과정을 시작하는 것)에 포함된다. 즉, 이것은 OLT 관리 운영자의 의지로 현재 설치될 ONU에 대한 배치과정을 수행해야 할 단계이다. 사실상 새로운 ONU를 설치하는 경우에는 거의 적용할 수 있다. 다음으로, G.983.1의 시나리오 2에서 (즉, OLT가 주기적으로 새로운 ONU가 설치되었는지 검사하는 경우) 배치과정을 수행하는 경우이다. 이 경우는 크게 두 가지로 분류하여 적용할 수 있다. 첫째는, OLT에 문제가 생겨 전체를 다시 ranging하는 경우 (이를테면, shutdown 후에 다시 파워가 켜지는 경우)이다. 이 때 OLT는 이미 ONU에 대한 일련번호와 위치정보를 모두 가지고 있다. 여기서 위치정보란 각 ONU에 할당된 등화지연 T_d 를 의미한다. 따라서 OLT는 거리정보에 따라 한 대씩 배치과정에 참여시킬 수 있다. 둘째는 특정 ONU에 문제가 생겨 (경보 발생) 다시 ranging할 때, OLT가 이미 특정 ONU의 거리정보 (T_d)를 알고 있는 경우이다.

V. 결 론

지금까지 본 논문에서는 차세대 가입자망의 요구사항을 조사하고, ATM PON이 이러한 요구를 충족할 수 있는 하나의 대안임을 살펴보았다. ATM PON이 동작하기 위해서는 ranging과 MAC 프로토콜이 필수적으로 구현되어야 하며, 그 중에서도 ranging은 다중 액세스를 지원하는 수단으로 ATM PON에서 가장 선행적으로 구현되어야 할 프로토콜이다. 기존의 프로토콜은 ranging을 수행할 때 최대 73 셀 기간 동안 모든 ONU에 대한 상향의 셀 서비스가 중단된다. 본 연구에서는 기존의 ranging 프로토콜에 비해 서비스가 중단되는 기간(윈도우)이 7%에 지나지 않는 알고리즘을 제안하였다. 따라서 제안한 알고리즘은 서비스 중에 있는 ONU의 서비스 품질이 저하되는 문제점을 해결할 수 있다.

향후 ranging외에 연구되어야 할 사항으로서, 각각의 ONU에게 동적으로 대역폭을 할당해 주는 MAC 프로토콜이 제안되어야 하고[10], 서비스 노

드와의 연동문제, 그리고 상향 트래픽이 하향 트래픽 (PLOAM 셀)의 절대적인 영향을 받음으로 해서 발생하는 유지보수문제 등이 있을 수 있다. 이와 같은 사항들이 먼저 해결되어야 ATM PON이 차세대 액세스망의 기능을 수행할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 정 해 외, "최적 ATM PON 구성을 위한 프로토콜 연구," 한국통신 가입자망연구소 중간연구보고서, 1999. 8.
- [2] U. Killat, *Access to B-ISDN via PONs: ATM Communication in Practice*, Wiley, 1996.
- [3] 정 해, "ATM PON 동향과 프로토콜," 제 3차 ATM-KIG Workshop, 1999. 10.
- [4] FSAN Issue 3, "FSAN Services Access Network Requirements Specification," Aug. 1998.
- [5] B. Miah and L. Cuthbert, "An Economic ATM Passive Optical Networks," *IEEE Commun. Mag.*, pp. 62-68, March 1997.
- [6] F. Panken, J. M. Barcelo, B. Miah, and S. Winstanley, "Investigation on Delay and CDV in an ATM-Based Optical Access Network," in *Proc. ATM'98 Workshop*, March 1998.
- [7] ITU-T Recommendation G.983.1, "Broadband Optical Access Systems Based on Passive Optical Networks (PON)," Geneva, Oct. 1998.
- [8] J. D. Angelopoulos, I. S. Venieris, and E. N. Protonotarios, "A Transparent MAC Method for Bandwidth Sharing and CDV Control at the ATM Layer of Passive Optical Networks," *Journal of Lightwave Technology*, vol. 14. no. 12, Dec. 1996.
- [9] J. D. Angelopoulos, G. C. Boukis, I. S. Venieris, "Delay Priorities Enhance Utilization of the ATM PON Access Systems," *Computer Commun.*, vol. 20. pp. 937-949, Dec. 1997.
- [10] 정 해, 김 진희, 권 순철, "G.983.1 기반의

ATM PON에서 MAC을 위한 승인요청 프로토콜에 관한 연구," 한국해양정보통신학회 제 4권, 제 1호, 2000. 4.

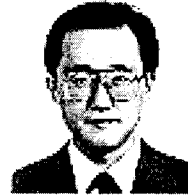


정 해(Hae Chung)
1987년 한양대학교 전자통신 공학과(학사)
1991년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(석사)
1996년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(박사)

1996년~1998년 엘지정보통신 선임연구원
1998년~현재 금오공과대학교 전임강사
*관심분야 : 가입자 액세스망, ATM망, 트래픽 제어, 통신 프로토콜



김 진 희(Jin-Hee Kim)
1987년 경북대 전자공학과(학사)
1991년 경북대 전자공학과(석사)
1991년~현재 한국통신 연구 개발본부
*관심분야 : 가입자망기술, ATM



권 순 철(Sun-Chul Kwun)
1983년 고려대 전자공학과(학사)
1985년 서울대 전자공학과(석사)
1990년 미국 Texas A&M Univ. (Ph. D.)

1985년~1986년 해태전자 특수 개발부
1991년~현재 한국통신 가입자망연구소 책임연구원, 연구기획팀장
*관심분야 : 가입자망기술