

# Frame Relay와 ATM 연동장치의 성능 연구

황유선\*, 이정규\*

\* 한양대학교 전자계산학과  
yshwang@cse.hanyang.ac.kr

## Performance Study of Frame relay and ATM Interworking Unit

You-Sun Hwang\*, Jung-Kyu Lee\*

\* Dept. of Computer Science, Hanyang University

### 요 약

본 논문에서는 프레임 릴레이(Frame Relay: FR) 망과 ATM(Asynchronous Transfer Mode) 망이 연동시 연동장치(InterWorking Unit: IWU)의 프레임에 대한 지연시간을 분석하였다. ATM과 FR 사이의 데이터 처리속도의 차이는 연동장치에서 큐현상을 야기시키므로, 프레임이 처리되기 위해서 기다리게 된다. 본 논문에서는 지연시간을 해석적으로 분석하여 이를 시뮬레이션을 통해 검증하였다. 그 결과 FR 연결된 수가 선형적으로 증가할수록 연동장치에서 프레임의 지연시간은 지수적으로 증가함을 알 수 있었다. 따라서, 이러한 분석 결과를 통해서 FR과 ATM 사이에 있는 연동장치를 구현할 때, 전송된 프레임을 처리할 timeout의 시간을 결정하여 프레임의 재전송 할 수 있는 시간을 결정하는데 도움이 될 것으로 사료된다.

### 1. 서론

프레임 릴레이(Frame Relay: FR)는 광역망 서비스에 매우 적합한 것으로 입증되었다. 따라서 프레임 릴레이는 데이터, 팩스, 화상 그리고 음성 등을 지원할 수 있는 광역망(Wide Area Network: WAN)에 적용 광대역 서비스를 제공하기 위하여 프레임 릴레이 액세스 장치와 가입자 맥내 장치로 구성된다.[1]

일반적으로 비동기 전달방식 (Asynchronous Transfer Mode: ATM)은 ATM 셀 릴레이 서비스와 프레임 릴레이 서비스 특성이 포함된 다양한 네트워크 서비스를 위한 백본 기술을 제공한다. ATM 서비스는 셀이라는 비교적 짧은 고정 길이의 패킷을 스위칭하여 제공되는 것으로 이러한 셀 스위칭은 가변 길이 패킷에 비해 고속 스위칭을 위한 스위치 구조의 최적화 및 셀 전달에 있어서 지연 변이를 줄이면서 다양한 QoS(Quality of Service)의 다중 서비스를 동시에 제공할 수 있다. ATM이 안정되고 비용이 효과적인 기술로 성숙되기에는 상당한 시간이 소요되므로 FR과 ATM 네트워크는 상당한 시간이 소요되므로 FR과 ATM 네트워크 서비스 상호 운용이 필요하다.[2,3]

따라서 본 논문에서는 프레임 릴레이 망과 ATM 망이 연동시 연동장치(InterWorking Unit: IWU)의 프

레이에 대한 지연시간을 분석하였다.

### 2. FR과 ATM 연동 구조

ITU-T I.555에서 정의한 FR과 ATM 연동 구조는 FR PVC(Permanent Virtual Connection)와 ATM PVC를 연동 하는 방식에는 망 연동(Network Interworking)과 서비스 연동(Service Interworking)으로 구분된다.

망 연동은 FR 사용장의 사용자 트래픽과 PVC 유지보수 트래픽을 ATM 망을 통해 투명하게 전달할 수 있게 하는 기능이다. 다시 말해 연동 기능이 ATM 망을 기간 망으로 두 개의 FR 망을 연결시키는 기능을 제공하는 것이다. ATM 망이 전송 설비 내에 위치하여 두 개의 FR 망을 연결하며 연동 기능은 ATM 망 스위치 또는 FR 망 스위치 내로 병합할 수도 있고, 외부에 독립적으로 존재할 수도 있다.

서비스 연동은 망 연동과는 달리 사용자 트래픽 및 PVC 유지보수 트래픽이 변환되어 전달되는데, IWU에서의 변환 기능 때문에 ATM 및 FR 단말은 각각 상대측 단말이 자신과 동일한 단말로 인식하고 통신할 수 있다. 서비스 연동은 FR PVC가 하나의 ATM PVC로 상호 연결이 이루어진다. 제어 평면에서는 FR PVC 유지보수 프로토콜과 ATM OAM 셀

간의 매핑으로 PVC 상태 변경을 전달한다. 사용자 평면에서는 FR 프레임 내의 헤더 정보와 ATM 셀 헤더의 매핑/변환이 필요하다. FR 프레임 헤더내의 DLCI(Data Link Connection Identifier), FECN(Forward Explicit Congestion Notification), DE(discard Eligibility)는 각각 ATM 셀 헤더내의 VPI/VCI, PTI(Payload Type Indicator), CLP(Cell Loss Priority)로 매핑/변환된다. 프레임 또는 셀 헤더 간의 변환 이외에도 사용자 페이로드 내의 헤더변환이 이루어질 수 있다. 페이로드 헤더 변환 여부에 따라 투명 전송하는 투명(Transparent) 모드와 변환이 수행되는 변환(Translation) 모드로 구분한다. FR과 ATM은 사용자의 상위 프로토콜을 전달하는 다중 프로토콜 캡슐화(Multiprotocol Encapsulation) 기능이 있는데, 각 프로토콜에 대해서 FR 캡슐화 해석이 다르므로 ATM TE에서는 사용자 트래픽이 FR 이라는 것을 인식시키는 기능이 필요하다.

퍼를 떠나 논리적으로 전송버퍼로 입력된다. 그러나, 이 프레임이 조립버퍼에서 전송버퍼로 입력되는 것은 논리적인 이동이며, 물리적으로 이동되는 것이 아니다.

IWU에 가입자는 무한 가입자이고, 각 가입자가 프레임을 보내므로, 조립버퍼에 입력되는 프레임 단위의 도착은 포아송 도착(Poisson arrival)으로 가정한다. 또한 조립 버퍼에서 각 프레임이 서비스되는 시간은 IWU에 프레임의 첫 셀이 도착해서부터 마지막 셀이 도착까지의 시간이 된다. 본 논문에서는 프레임의 길이 분포로서 지수분포(exponential distribution)로 가정하였다.

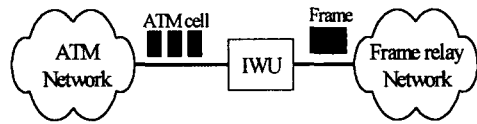


그림 3 ATM과 FR 연동

프레임의 조립이 끝난 뒤에는 ATM과 FR 간의 PDU 연동 처리가 필요하나 실제로 구현된 사례를 보면, 트래픽 파라미터를 변환하는 연동 처리 시간은 매우 짧으므로, 연동처리에 의한 버퍼가 점유되는 양은 전체 버퍼를 분석하는데 큰 영향을 미치지 못하므로, 본 논문에서는 분석을 간단하게 하기 위해 이 연동 처리를 무시한다. 그림 3에서는 본 논문에서 분석하려는 IWU를 나타낸 것이고, IWU를 자세히 모델링한 것이 그림 4이다.

IWU에 있는 조립버퍼에서 무한 가입자에서 프레임 발생시키므로 포아송으로 도착하여, 프레임이 처리되는 것을 지수분포 서비스 시간을 가진다고 가정하였다. 또한, 조립버퍼는 버퍼가 무한으로 존재함으로 가정하여 도착되는 프레임은 즉시 모두 서비스를 받을 수 있으므로, M/M/∞/N으로 모델링 할 수 있다. 여기서 N은 고객수로써 FR로 연결된 ATM의 총 연결수가 된다.

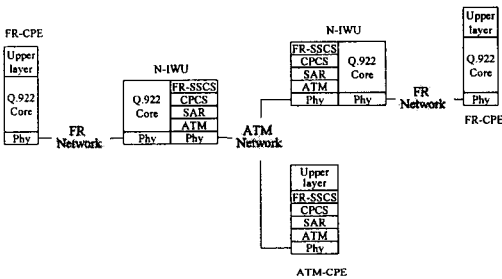


그림 1 네트워크 인터워킹

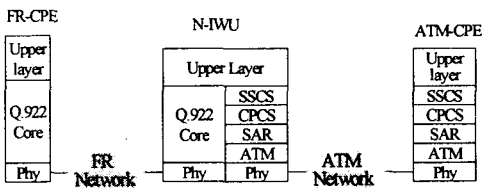


그림 2 서비스 인터워킹

그림 1은 망 연동시 프로토콜 스택을 나타내고, 그림 2는 서비스 연동시 프로토콜 스택을 나타낸다.[4,5,6,7]

### 3. IWU의 모델링

셀 수신 버퍼는 그림 4과 같이 ATM 망에서 들어오는 프레임 셀들을 논리적으로 프레임으로 재조립하는 “프레임 조립버퍼”와 조립버퍼에서 조립이 끝난 프레임을 다시 FR 망으로 전송하기까지 대기하는데 필요한 “프레임 전송버퍼”로 모델링 한다. 각 프레임은 그 프레임의 첫 셀이 도착할 때 PDU를 할당받고 마지막 셀이 도착하면 프레임으로 조립되어서 조립버

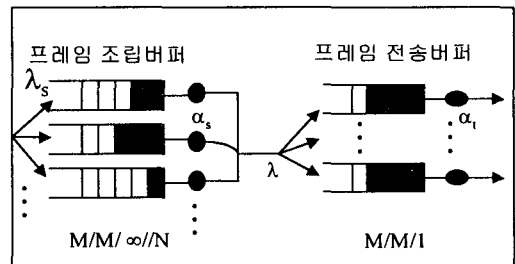


그림 4 FR 프레임 셀 수신 버퍼의 트래픽 모델링

아래의 식은 조립버퍼에 프레임 도착율과 서비스에 대한 값이다.

$$\lambda_k = \begin{cases} \lambda_s(X-k) & 0 \leq k \leq N \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\mu_k = k\alpha_s$$

평형 상태에서 조립버퍼 안의 프레임 버퍼 점유 확률분포는

$$P_k = \frac{\left(\frac{\lambda_s}{\alpha_s}\right)^k \cdot \binom{N}{k}}{\left(1 + \frac{\lambda_s}{\alpha_s}\right)^{-N}} \quad 0 \leq k \leq N$$

(1) 로 구해진다. 여기서,  
 $\binom{N}{k} = \frac{N!}{k!(N-k)!}$   
 이다.

한편, 조립버퍼에서 셀을 재조립하여 만든 프레임은 전송버퍼로 입력이 되는데, 이 프레임들은 FR 망으로 전송이 되기 위해 기다리는 프레임들이다. 따라서, 조립버퍼에서 전송버퍼로 물리적으로 이동되는 것은 없다. 즉, 논리적으로 조립버퍼에서 완성된 프레임들은 전송버퍼에 프레임 전체가 한번에 입력된다. 그리고 전송버퍼에서 service discipline을 FIFO(First In First Out)로 하기 때문에 프레임들은 먼저 들어온 것이 먼저 처리된다. IWU에서 FR 망으로 전송이 모두 끝나버린 프레임이 있던 버퍼는 한꺼번에 사용 해제가 되어 다른 프레임이 사용 가능해진다. 따라서, IWU안에서 각 프레임은 프레임의 길이에 상관없이 전송버퍼에서 완전히 전송되기 전까지는 일정량의 버퍼를 점유하고 있게 된다. 조립버퍼에 도착하는 프레임을 포아송 도착으로 가정하였으므로, Burke's theorem에 의해 조립버퍼에서 서비스를 받고 나온 프레임이 전송버퍼로 도착되는 것도 포아송 도착이다. 전송버퍼에서 프레임을 전송할때 걸리는 서비스 시간은 프레임 길이에 영향을 받는다. 앞서 프레임 길이를 지수 분포로 가정하였으므로 전송버퍼에서 서비스 시간은 지수 분포를 가진다. 따라서, T 개의 임의의 한 전송버퍼에 프레임의 평균 도착율은  $\lambda t$ 이고, 평균 전송율은  $\alpha t$ 라 하면, 전송버퍼는 M/M/1으로 분석한다.

평형 상태에서 전송버퍼에 프레임 버퍼 점유 확률 분포는

$$P_k = \left(1 - \frac{\lambda_t}{\alpha_t}\right) \left(\frac{\lambda_t}{\alpha_t}\right)^k \quad k \geq 0$$

(2) 으로 구해진다.  
 여기서, IWU에서 프레임이 처리되는데 지연되는 시간을 분석하기 위해서 Probability Generating Function의 성질을 사용한다.

우선 조립버퍼를 M/M/∞/N으로 모델링 할 경우,

Probability Generating Function을 구하면,

$$P_s(z) = \left(1 + \frac{\lambda_s}{\alpha_s}\right)^{-N} \cdot \left(1 + \frac{\lambda_s}{\alpha_s} z\right)^N \quad (3)$$

와 같이 유도된다.

전송버퍼를 M/M/1으로 모델링 할 경우, Probability Generating Function을 구하면,

$$P_t(z) = \sum_{i=0}^{\infty} z^i \cdot P_i$$

$$= \frac{1 - \frac{\lambda_t}{\alpha_t}}{1 - \frac{\lambda_t}{\alpha_t} \cdot z}$$

(4)

로 나타내어진다.

그림 4와 같이 조립버퍼의 입력 트래픽을 포아송 분포로 가정하여 M/M/∞/1 모델링 하였으므로, Burke's theorem에 의해 전송버퍼로 입력 트래픽도 포아송 분포가 된다. 각 조립버퍼와 각 전송버퍼는 서로 독립적이므로 총 버퍼는 이러한 버퍼의 합으로 나타낼 수 있다. 총 버퍼에 대한 Probability Generating Function은 각 Probability Generating Function의 곱으로 나타낸다.

총 프레임에 대한 Probability Generating Function은

$$P(z) = [P_s(z)][P_t(z)]^T \quad (5)$$

$$= \frac{\left(1 - \frac{\lambda_t}{\alpha_t}\right)^T}{\left(1 - \frac{\lambda_t}{\alpha_t} \cdot z\right)^T} \cdot \left(1 + \frac{\lambda_s}{\alpha_s}\right)^{-N} \cdot \left(1 + \frac{\lambda_s}{\alpha_s} \cdot z\right)^N$$

와 같이 유도된다.

IWU에 지연시간을 구하기 위해 IWU에 있는 평균 버퍼 점유량(E(N))을 구하기 위해, Probability Generating Function의 성질을 보면,

$$E(N) = P^{(1)}(1) \quad (6)$$

의 관계를 가진다.

그러므로,  $\rho_s = \frac{\lambda_s}{\alpha_s}$ 라 하고,  $\rho_t = \frac{\lambda_t}{\alpha_t}$ 라 하면,

$$E(N) = \frac{N\rho_s}{(1+\rho_s)} + \frac{T\rho_t}{(1-\rho_t)}$$

(7)

이 된다.

Little's formula를 사용하여 지연시간을 구하면,  $\rho_s < 1$ ,  $\rho_t < 1$  이므로,  $\lambda = \lambda_s = \lambda_t$

$$E(W) = \frac{N\rho_s}{\lambda(1+\rho_s)} + \frac{T\rho_t}{\lambda(1-\rho_t)} \quad (8)$$

이 된다.

#### 4. 분석 결과 및 고찰

본 장에서는 앞장에서 수학적으로 유도한 식에 의한 결과를 시뮬레이션 결과를 비교하였다. ATM 망에서 프레임이 IWU에 들어와서 FR 망으로 나가기까지 걸리는 지연시간은 조립버퍼에서의 프레임 도착율과

전송버퍼에서의 전송률에 의해 영향을 받는다. 즉, 연동장치에서 들어온 프레임들의 평균 지연시간은 조립버퍼의 평균 프레임 수와 전송 버퍼의 평균 프레임 수를 더한 값에 프레임 도착율로 나눈 값이다. 지연시간이 생기는 이유는 프레임이 셀로 나뉘어져서 IWU에 다중화 되어 도착하게 되고, 셀들이 프레임으로 조립되고 난 뒤에 FR 망의 전송되기 위해 프레임들이 기다리기 때문이다.

본 논문에서는 대기행렬이론을 사용한 지연시간에 대한 수학적 분석을 중심으로 하여, 이러한 결과를 시뮬레이션을 통해 검증하였으며, 결과적으로 수학적 분석과 시뮬레이션과의 오차가 크게 줄어들었음을 확인할 수 있다.

그림 5는 FR 망으로 연결된 가입자수와 연동장치에서 프레임이 지연되는 평균 시간의 관계를 그래프로 표현한 것이다.

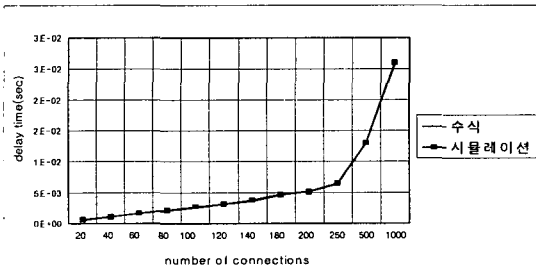


그림 5 FR 연결된 가입자수와 평균 지연시간

그림 6은 가입자수와 조립버퍼의 처리율이 변함에 따라 지연시간이 지수적으로 증가함을 보인다.

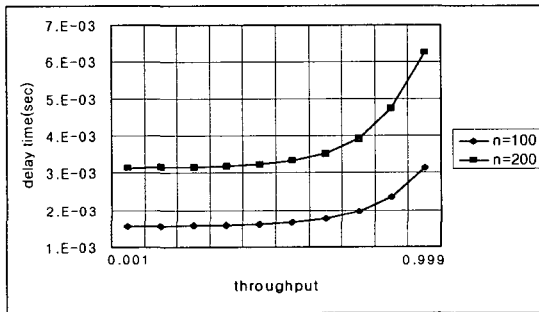


그림 6  $\rho_a$ 의 변화에 따른 지연 시간( $\rho_b = 0.6$ )

### 5. 결론

본 논문에서는 ATM 망과 FR 망과 연동할 때 필요한 IWU에서 ATM 망으로부터 프레임 셀들을 수신하여 연동처리를 한 다음에 FR 망으로 전송되는 프레임이 지연되는 시간을 분석하였다.

본 논문에서는 IWU에서 성능 요인으로 작용하는 셀 프로세싱 방법을 수학적으로 분석하여 이를 시뮬레이션을 통해 검증하였다. 결과로서, ATM 망으로부

터 FR 망쪽으로 연동처리에서 다중화 FR 연결된 수와 각 버퍼의 처리율 등의 향으로 평균 고객수와 프레임 지연시간을 유도하였다. 따라서, FR 연결된 수와 프레임 지연시간의 관계를 수학적으로 분석하였다. FR 연결된 수가 증가할 수록 연동장치에서 프레임의 지연시간도 증가함을 알 수 있었다. 따라서 이러한 분석 결과를 통해서 FR과 ATM 사이에 있는 연동장치를 구현할 때, 전송된 프레임을 처리할 timeout의 시간을 결정하여 프레임을 재전송 할 수 있는 시간을 결정할 수 있을 것으로 사료된다.

### 6. 참고 문헌

- [1]P. Smith, "Frame Relay: principles and applications," Addison-Welsey, 1993.
- [2]R. Pretty and M. orin, "Frame relay interworking with asynchronous transfer mode," Proc. IEEE Globecom, Houston, Texas, pp.1854-1860, Dec.1993.
- [3]S. Dixit and S. Elby, "Frame relay and ATM interworking," IEEE communication Magazine, pp.64-82, June 1996.
- [4]ITU-T Draft Recommendation I.555, "Frame relaying bearer service interworking," 1993.
- [5]Frame Relay Forum, "FRF.8: Frame relay / ATM PVC service interworking implementation agreement," April 1995.
- [6]Frame Relay Forum, "FRF.5: Frame relay / ATM PVC network interworking implementation agreement," Dec. 1994.
- [7]Bih-Hwang LEEE and Sheng-Wang YU, "A Performance Study on Frame Relay and ATM Interworking Unit and Its Applications: Connectionless Data Service and VPN," IEICE Trans. Commun. Vol. E80-B, No.6 June 1997.