



셀 프로세싱 방법에는 메시지 모드와 스트림(Streaming) 모드가 있다. 메시지 모드는 프레임의 모든 셀을 다시 조립한 뒤에 FR 망으로 옮긴다. 스트림 모드는 프레임이 R개의 셀로 되었을 때, IWU는 트렁크(trunk)가 비었으면 FR 망으로 부분적으로 받은 셀을 옮긴다. PDU에 도착한 셀을 버퍼에 저장하기 위해서 버퍼 크기를 결정하는 방법에는 두 가지가 있다. 하나는 PDU의 최대값으로 한번에 저장하는 방법(그림 1)과 최대 PDU를 부분적으로 저장하는 방법(그림 2)이다[5].

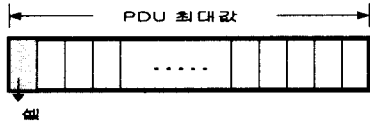


그림 1 메시지모드의 셀 조립 버퍼구조

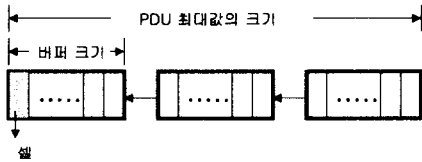


그림 2 스트림 모드의 셀 조립 버퍼 구조

3. IWU의 모델링

본 논문에서는 FR과 ATM 연동장치에서 셀 프로세싱 방법을 사용하여 메시지 모드의 셀 조립 버퍼를 모델링하여 해석적으로 분석하였다.

IWU의 셀 수신 버퍼는 그림 3과 같이 ATM 망에서 들어오는 프레임 셀들을 논리적인 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 조립버퍼를 떠나 논리적으로 전송버퍼로 입력된다. 그러나, 이 프레임이 조립버퍼에서 전송버퍼로 입력되는 것은 논리적인 이동이며, 물리적으로 이동되는 것이 아니다.

IWU의 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 지수분포로 가정하였다.

프레임의 조립이 끝난 뒤에는 ATM과 FR 간의 PDU 연동 처리가 필요하나, 버퍼가 점유되는 양은 전체 버퍼

를 분석하는데 큰 영향을 미치지 못하므로, 본 논문에서는 분석을 간단하게 하기위해 이 연동 처리를 무시한다.

IWU에 있는 조립버퍼에서는 무한 가입자에서 프레임을 발생시키므로 포아송으로 도착하여, 프레임이 처리되는 것을 지수분포 서비스 시간을 가진다고 가정하였다. 또한, 조립버퍼는 버퍼가 무한히 존재함을 가정하여 도착되는 프레임은 모두 서비스를 즉시 받을 수 있으므로, M/M/∞/N으로 모델링할 수 있다. 여기서 N은 고객수로서 FR로 연결된 ATM의 총 연결수가 된다.

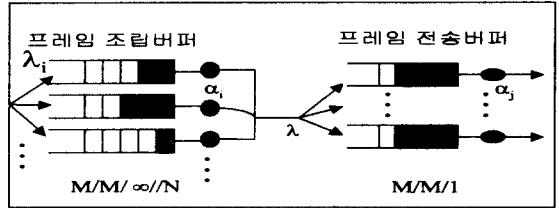


그림 3 FR 프레임 셀 수신 버퍼의 모델링

아래의 식은 조립버퍼에 프레임 도착율과 서비스에 대한 값이다.

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

$$\mu_k = k\alpha_i$$

평형 상태에서 조립버퍼 안의 프레임 버퍼 점유 확률 분포는 다음과 같다.

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

여기서,

$$\binom{N}{k} = \frac{N!}{k!(N-k)!}$$

이다.

한편, 조립버퍼에 도착하는 프레임을 포아송 도착으로 가정하였으므로, Burke's theorem에 의해 조립버퍼에서 서비스를 받고 나온 프레임이 전송버퍼로 도착되는 것도 포아송 도착이다. 전송버퍼에서 프레임을 전송하는데 걸리는 서비스 시간은 프레임 길이에 영향을 받는다. 앞서 프레임 길이를 지수 분포로 가정하였으므로 전송버퍼에서 서비스 시간은 지수 분포를 가진다. 따라서, B 개의 임의의 한 전송버퍼에 프레임의 평균 도착율은 λ<sub>i</sub>이고, 평균 전송율은 α<sub>j</sub>라 하면, 전송버퍼는 M/M/1으로 분석한다.

평형 상태에서 전송버퍼에 프레임 버퍼 점유 확률 분포는 다음과 같다.

$$P_k = \left(1 - \frac{\lambda_j}{\alpha_j}\right) \left(\frac{\lambda_j}{\alpha_j}\right)^k \quad k \geq 0 \quad (2)$$

여기서, IWU에서 프레임이 처리되는데 지연되는 시

간을 분석하기 위해서 p.g.f (Probability Generating Function)의 성질을 사용한다.

우선 조립버퍼를 M/M/∞/N으로 모델링 할 경우, p.g.f을 구하면,

$$P_i(z) = \left(1 + \frac{\lambda_i}{\alpha_i}\right)^{-N} \cdot \left(1 + \frac{\lambda_i}{\alpha_i} z\right)^N \quad (3)$$

위와 같이 유도된다.

전송버퍼를 M/M/1으로 모델링 할 경우, p.g.f을 구하면, 다음처럼 나타낼 수 있다.

$$P_j(z) = \frac{1 - \frac{\lambda_j}{\alpha_j}}{1 - \frac{\lambda_j}{\alpha_j} \cdot z} \quad (4)$$

각 조립버퍼와 각 전송버퍼는 서로 독립적이므로 총 버퍼는 이러한 버퍼의 합으로 나타낼 수 있다. 총 버퍼에 대한 p.g.f은 각 p.g.f의 곱으로 나타낸다.

총 프레임에 대한 p.g.f은 다음과 같이 유도된다.

$$P(z) = [P_i(z)]^B [P_j(z)]^B \quad (5)$$

$$= \frac{\left(1 - \frac{\lambda_i}{\alpha_i}\right)^B \cdot \left(1 + \frac{\lambda_i}{\alpha_i}\right)^{-N} \cdot \left(1 + \frac{\lambda_i}{\alpha_i} \cdot z\right)^N}{\left(1 - \frac{\lambda_j}{\alpha_j} \cdot z\right)^B}$$

IWU에 지연시간을 구하기 위해 IWU에 있는 평균 버퍼 점유량(E(N))을 구하기 위해, p.g.f의 성질을 이용한다. 그러므로,  $\rho_i = \frac{\lambda_i}{\alpha_i}$  라 하고,  $\rho_j = \frac{\lambda_j}{\alpha_j}$  라 하자. E(N)을 구한 후, Little's formula를 사용하여 지연시간을 구하면,  $\rho_i < 1$ ,  $\rho_j < 1$ 이고,  $\lambda = \lambda_i = \lambda_j$  이므로, 다음의 결과가 나온다.

$$E(W) = \frac{N\rho_i}{\lambda(1 + \rho_i)} + \frac{B\rho_j}{\lambda(1 - \rho_j)} \quad (6)$$

#### 4. 분석 결과 및 고찰

본 장에서는 앞장에서 수학적으로 유도한 식의 결과를 시뮬레이션의 결과와 비교하였다. ATM 망에서 프레임이 IWU에 들어와서 FR 망으로 나가기까지 걸리는 지연시간은 조립버퍼에서의 프레임 도착율과 전송버퍼에서의 전송률에 의해 영향을 받는다. 대기행렬이론을 사용하여 지연시간을 수학적으로 분석하였으며, 이러한 결과를 시뮬레이션을 통해 검증하였다. 그 결과 수학적 분석과 시뮬레이션과의 차이는 크게 없었음을 확인할 수 있었다.

그림 4는 FR 망으로 연결된 가입자수와 연동장치에서 프레임이 지연되는 평균 시간의 관계를 그래프로 표현한 것이다.

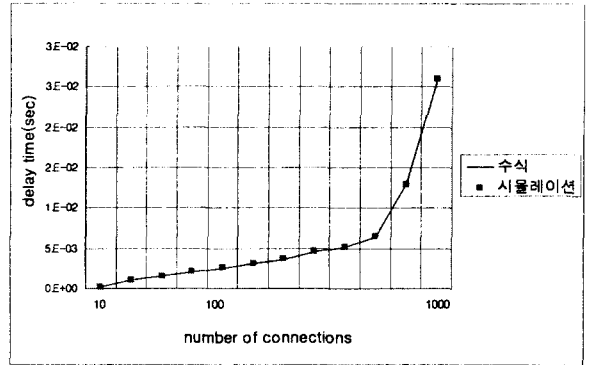


그림 4 FR 연결된 가입자수와 평균 지연시간

#### 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. FR 연결된 수가 증가할수록 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-Wesley, 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] Bih-Hwang LEE 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.