

프레임 릴레이망과 ATM 망의 연동시 프레임 릴레이의 성능해석

정희원 정 중 수*, 천 성 권**, 남 택 용***, 정 태 수***

Performance Analysis of Frame Relay Traffic for the Interworking of Frame Relay and ATM

Joong-Soo Chung*, Sung-Kwen Cheon**, Taeg-Yong Nam***, Tae-Soo Chung***

Regular Members

요 약

프레임 릴레이망을 백본으로 한 LAN과 LAN 접속으로 형성되는 서비스가 PVC 형태로 제공되고 있다. 이는 향후 ATM 망을 백본으로 한 프레임 릴레이 인터페이스를 제공하기 위해, 다양한 서비스의 접속과 서비스 질을 만족하는 Frame Relay/ATM (FR/ATM) 연동장치가 필요하다.

본 논문에서는 FR/ATM 연동장치에서 프레임 릴레이 트래픽에 대한 성능분석의 모의 실험을 토큰 방식에 근거한 리킷 버킷 알고리즘으로 수행하였다. 다양한 트래픽을 발생시킨 컴퓨터 모의실험에서는 프레임 릴레이망으로부터 수신되는 프레임이 정상적으로 처리될 비율, 프레임이 정상적으로 처리되나 버려질수 있는 비율 및 충분하지 못한 토큰으로 인하여 프레임이 버려질수 있는 비율이 다양하게 제시되었다.

ABSTRACT

Frame relay (FR) service via an FR interface over a common asynchronous transfer mode (ATM) backbone network requires an FR-to-ATM interworking unit (IWU), the functionality of which directly impacts the engineering of the overall network in terms of capacity required, quality of service (QoS), and the interference among different types of services.

This paper presents performance analysis of frame relay traffic in IWU. Additionally frame relay traffic policing using leaky bucket algorithm in this traffic model is carried out through computer simulation. Three measurements, the percentage of frames accepted as committed, the percentage of frames that accepted but marked eligible for discard, and the percentage of frames accepted that are discarded because of insufficient number of credits, are simulated variously in this paper.

I. 서론

프레임 릴레이망을 백본으로 한 LAN과 LAN 접속으로 형성되는 기업통신망이 현재 활발히 전개되면서 인터넷을 통한 광고, 전자거래가 중요한 서비스로 진행되고 있다. 국내의 프레임 릴레이 서비스

현황을 살펴보면 KT, 데이콤, 일부기업등에서 프레임 릴레이 교환기를 수입하여 주고객인 기업에 서비스를 제공하고 있다. 이들은 사용자 요구에 의해 주로 LAN과 LAN에 접속된 라우터 등의 종단 시스템간 PVC(영구가상회선: Permanent Virtual Circuit) 접속을 통하여 다양한 서비스를 제공하면서 독자적

* 안동대학교 전자정보산업학부(jschung@anu.andong.ac.kr)

** 가톨릭상지대학 전산정보처리과

논문번호: 98497-1121, 접수일자: 1998년 11월 21일

*** ETRI 통신망구조연구실

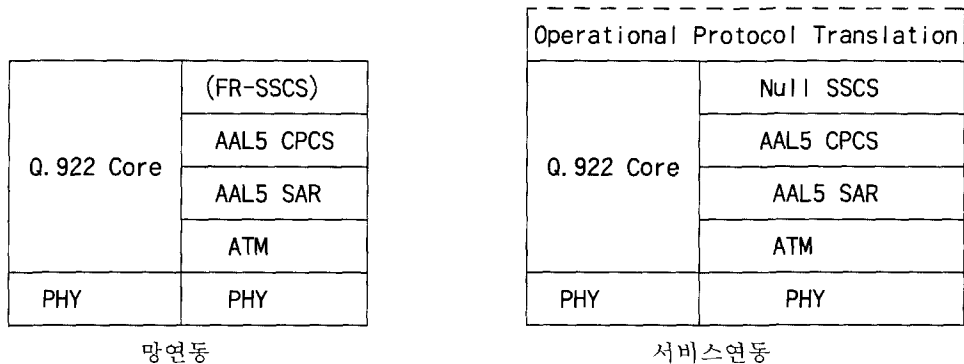


그림 1. FR/ATM 망연동과 서비스 연동의 프로토콜 스택

인 통신체계를 구축하고 있는 실정이다. 이와같이 사용자 요구로 PVC 등록시 프레임 릴레이망과 LAN을 연결하는 링크의 QoS(서비스 질: Quality of Service), 트래픽 파라미터는 수동적으로 설정된다. 현재 국내에서는 프레임 릴레이 교환기 개발은 전무하고 단지 그들을 수입하여 운용하는 수준이며 향후 ATM(비동기 전달모드: Asynchronous Transfer Mode) 망의 중요 서비스 연동이 될 프레임 릴레이 기술은 심도있게 연구되고 있다.

향후 고속통신을 제공하는 백본망은 기존의 프레임 릴레이망과 ATM 망이 공존할 추세이며 점진적으로 프레임 릴레이망은 사라질 것이다. 이때 ATM 망이 기존의 프레임 릴레이망을 백본으로 한 가입자 수용시 원활한 서비스 제공을 위해서는 프레임 릴레이망을 백본으로 채택한 기존의 가입자를 ATM 망에서 수용시 야기되는 문제점의 제시와 이의 해결은 매우 중요하다고 생각된다.

본 논문에서는 FR/ATM(Frame Relay/ATM) 연동시 프레임 릴레이 트래픽에 대한 성능분석의 모의 실험 결과 다양하게 제시하였다. 본 논문의 제2장에서는 프레임 릴레이망과 ATM 망의 연동기술에 관하여, 제3에서는 프레임 릴레이망과 ATM 망의 연동시 프레임 릴레이 트래픽의 제어기법에 관하여, 제4장과 5장에서는 FR/ATM 연동시 프레임 릴레이 트래픽의 성능분석에 대한 모의실험 및 그 결과와 결론을 제시하였다.

II. 프레임 릴레이망과 ATM 망의 연동기술

현재 사설 ATM 교환에서는 프레임 릴레이 연동

기능이 기본 사양인 것처럼 적용되고 있다. 최근에는 공중 ATM 교환기에서도 이를 적용하는 경우가 많다. 프레임 릴레이망이 논문에서는 프레임 릴레이 베어러 서비스 기술을 지원하는 시스템을 의미함의 백본이 ATM 망이나 프레임 릴레이망과 ATM 망의 혼합으로 변환시 고려되는 망변화의 구성은 현재 FR/ATM의 연동이 매우 중요하게 대두된다. 현재 프레임 릴레이망과 ATM 망의 연동기술에 관해서는 FRF (Frame Relay Forum)에서 제시한 PVC 서비스^[7,9]에 대한 프로토콜 스택을 그림 1과 권고하였다.

III. IWU에서 트래픽 처리기법

FR/ATM에서 IWU의 트래픽 처리로서는 프레임 릴레이망으로부터 수신되는 프레임의 폴리싱과 ATM 셀로 변환후 ATM 망으로 셀 전송전 트래픽의 정형화로 구성된다. 트래픽 폴리싱은 리킷버킷 알고리즘을 사용하여 해당 프레임의 DE 비트의 점검과 그 프레임의 ATM 셀변환후 CLP 비트로 맵핑으로 처리된다. ATM 셀 변환후에는 ATM망에 대해서 IWU는 ATM 사용자로 동작하여야 함으로 트래픽 정형화를 하여야 한다. 이때, 프레임을 ATM 셀로 변환시 변환률로 ATM 셀을 ATM 망으로 전송하면 순간적으로 높은 대역폭을 요구함으로써 ATM 망에서는 다른 컨텍션에 QoS 품질을 만족시키지 못할 수 있다. 따라서 IWU는 프레임 릴레이망으로부터 수신된 사용자의 트래픽 품질을 만족하면서, ATM 사용자로 동작하여야 함으로 트래픽 정형화를 하여야 한다.

IWU에서 트래픽 제어 기법은 프레임 모드 제어 기법과 셀 모드 제어 기법으로 분류된다. 프레임 모드 제어기법이란 프레임이 셀로 변환되기전, 즉 프레임 단위로 사용자 파라미터를 제어하여 ATM으로 넘겨주며, 셀 모드 제어기법이란 프레임을 셀로 변환한후, 즉 프레임 단위로 IWU는 수신한 즉시 ATM 셀로 변환 한후 셀 단위로 사용자 파라미터를 제어한다.

프레임 모드 제어기법이란 프레임이 셀로 변환되기전, 즉 프레임 단위로 트래픽 파라미터를 제어한다. 프레임 릴레이망과 IWU 간의 트래픽 파라미터는 AR(Access Rate), CIR(Committed Information Rate), Bc(Committed Burst Size), Be(Excess Burst Size)등이며, PVC 접속의 경우 이들은 등록시 설정되며, SVC 접속의 경우 이들은 호처리를 수행하면서 서로간의 협의나 이미 설정된 디폴트 값으로 설정된다.

프레임 릴레이 트래픽에 대하여 GCRA(General Cell Rate Algorithm)에 대한 두 개의 리킷 버킷을 사용하였으며, 즉, GCRA(Tc, Bc)의 CIR 모니터링이고 GCRA(Te, Be)의 EIR 모니터링이다. 트래픽 폴리싱 기법은 다음과 같이 DE 비트가 설정된 프레임과 그렇지 않은 프레임 수신시 처리과정을 나열하였다.

- (1) DE = 0인 프레임이 시간 t에 도착한 경우
 (t - Tc, t)동안 전송한 정보량이 Bc(비트수)보다 적으면 이 프레임을 그대로 전송하고, Bc보다 크고 Bc + Be 보다 적으면 이 프레임을 DE 비트를 셋하여 전송한다. 또 Bc + Be 보다 크면 이 프레임을 폐기한다.
- (2) DE = 1인 프레임이 시간 t에 도착한 경우
 (t - Tc, t)동안 전송한 정보량이 Bc보다 크고 Bc + Be 보다 적으면 이 프레임을 그대로 전송하고, Bc + Be 보다 크면 이 프레임을 폐기한다.

FR/ATM IWU의 트래픽 제어를 위한 트래픽 처리는 트래픽 파라미터 변환기 (traffic parameter mapper)와 프레임 릴레이와 ATM 측의 traffic policer 및/혹은 traffic shaper로 구성된다.

트래픽 파라미터 변환기는 호 설정이후의 데이터 전달상태에서 ATM-CLP 비트와 FR-DE 비트와의 맵핑 관계, ATM-EFCSI비트와 FR-FECN/BECN 비트와의 맵핑 관계를 정립하게 된다. 프레임 릴레이 측의 traffic policer는 프레임 릴레이로부터 수신되는 트래픽이 호 설정시 약속된 규칙대로 입력되는지를 CIR, Bc, Be, 측정시간 T로부터 점검한다. 이

들 중에서 프레임 릴레이망의 호출시 CIR, Bc, Be, maximum frame size를 IWU에 요청한다. 이 요구를 수신한 IWU는 측정구간 Tc(Bc/CIR)를 결정한다. 이렇게 계산된 Tc는 버스트 크기가 크거나, CIR이 작은 연결에 대하여 큰 측정구간을 가지게 된다. 즉, 버스트 값이 크면 Tc는 큰 값을 갖는다. 이 의미는 burstiness가 클수록 정확한 평균값을 구하려면 긴 측정시간구간이 필요함을 의미한다. 계산된 Tc 값을 이용하여, CIR를 초과하거나 EIR를 초과하는 프레임에 대하여 트래픽 폴리싱을 수행한다. 트래픽 shaper의 기능은 전송되는 트래픽이 망의 폴리싱으로 가기전에 협약된 전송속도에 준하도록 버퍼링등을 수행하여 버스티한 트래픽의 발생을 막아준다.

IV. 모의 실험 과정 및 결과

본 모의 실험의 환경은 이산 사건 모의 실험 패키지인 CSIM 언어를 이용하여 구현되었으며, 실험은 SunOS Release 5.5 운영체제하의 SUN SPARC에서 수행되었다.

1. 모의 실험 모델 및 파라미터

모의 실험 모델은 그림 2와 같이 IWU와 하나의 송신 노드(Sender), 두 개의 토큰 발생기, 그리고 ATM 망으로 구성하였다. IWU는 처리 순서를 기다리는 프레임들을 저장할 수 있는 하나의 큐(QFrame)를 가지는 것으로 구성하였으며, 두개의 토큰 발생기는 각각 토큰 풀 QBc와 QBe를 가지는 것으로 가정하였다. IWU의 QFrame의 최대 길이는 51개로 하고, 토큰 발생기의 토큰 풀의 크기는 QBc를 34개, QBe를 17개로 가정하였다.

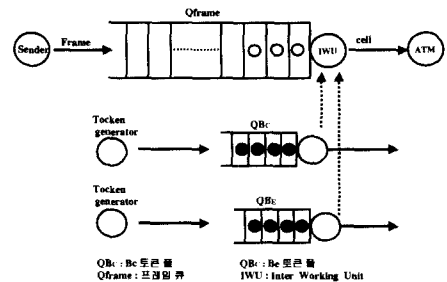


그림 2. 모의 실험 모델

토큰의 발생 주기는, Bc 토큰 발생기가 초당 34

개의 토큰을 발생하고, Be 토큰 발생기가 초당 17개의 토큰을 발생시키는 것으로 하였다.

송신 노드에서 전송한 프레임은 IWU를 통과하면 ATM 셀로 변환되어 ATM망으로 투입되고, 이때 ATM망으로의 투입은 제한 없이 투입 가능한 것으로 가정하였다.

IWU에서 프레임을 ATM 셀로 변환 시,

- ① QBc의 토큰을 먼저 확인한다.
- ② 토큰이 있으면, 프레임을 ATM 셀로 변환하여 처리한다.
- ③ QBc의 토큰이 없으면, QBe의 토큰을 확인한다.
- ④ QBe의 토큰이 있으면, 프레임을 ATM 셀로 변환하여 처리한다.
- ⑤ QBe의 토큰이 없으면, 다시 ①번부터 ④번까지의 과정을 반복한다.

송신 노드에서 IWU까지의 거리에 대한 전파지연 시간은 무시하였으며, 전체 모의 실험 시간은 1분으로 하였다.

2. 모의 실험 결과 분석

본 절에서는 모의 실험한 결과를 송신 노드의 프레임 발생 주기의 변화에 따른 프레임의 발생 건수, 프레임 손실 건수, 프레임 큐의 대기 건수, Bc 토큰의 발생 건수, Bc 토큰의 손실 건수, Bc 토큰의 사용 건수, Be 토큰의 발생 건수, Be 토큰의 손실 건수, Be 토큰의 사용 건수 등을 분석한다.

2.1. 프레임의 발생 및 처리율 변화

표 1은 다음과 같은 가정하에서 9회의 모의 실험을 한 결과를 나타낸 것이다.

- 하나의 프레임을 처리하는 시간 : 0.01초
- 버스티 기간 : 0.1초에서 0.2초까지 변화
- 침묵 기간 : 0.01초에서 0.05초까지 변화
- 프레임 발생 주기 : 0.01초에서 0.05초까지 변화시킴
- 버스티 기간과 침묵 기간이 교대로 발생
- Bc 토큰 발생 주기 : 초당 34개 발생
- Be 토큰 발생 주기 : 초당 17개 발생

위의 가정 하에서 전송 노드의 프레임 발생 주기가 10에서 20사이의 난수로 결정될 때까지는, 프레임의 손실이 발생하나, 전송률이 감소함에 따라 프레임의 손실률이 줄어들고, 토큰은 손실이 없이 전부 사용되고 있음을 알 수 있다. 전송률이 더욱 감소하여 10에서 25사이가 되면, Bc 토큰은 손실이 없으나 Be 토큰은 손실이 생긴다. 전송률이 더욱

감소하여 10에서 45사이가 되면 Bc 토큰도 손실이 생기게 되고 Be 토큰의 손실률은 최대가 된다.

그림 3은 프레임의 발생 주기를 변화시키며 모의 실험한 결과를 그래프로 나타낸 것이다. 표 1에서와 마찬가지로의 결과를 직접 그래프로 확인할 수 있다. 여기서, 프레임의 손실이 없이 Bc 토큰을 대부분 사용하면서 Be 토큰을 사용하는 프레임의 발생률 구간은 최대값이 25에서 40까지의 구간임을 알 수 있다.

표 1. 트래픽 폴리싱 결과

Frame					Bc 토큰			Be 토큰		
MIN	MAX	발생 건수	손실 건수	QUE 건수	발생 건수	손실 건수	사용 건수	발생 건수	손실 건수	사용 건수
10	10	4997	1950	47	2000	0	2000	1000	0	1000
10	15	3984	938	46	2000	0	2000	1000	0	1000
10	20	3308	262	46	2000	0	2000	1000	0	1000
10	25	2853	0	0	2000	0	1996	1000	126	857
10	30	2480	0	0	2000	0	1998	1000	501	482
10	35	2229	0	0	2000	0	1995	1000	749	234
10	40	2034	0	0	2000	0	1993	1000	942	41
10	45	1800	0	0	2000	166	1800	1000	983	0
10	50	1668	0	0	2000	299	1668	1000	983	0

ONE FRAME PROCESS TIME = 10 SIMULATION
TIME(0.01SEC), ON구간 = 100~200, OFF구간 = 10~50

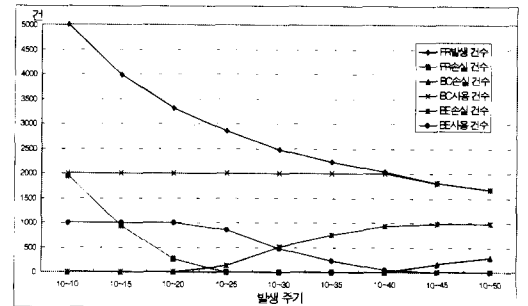


그림 3. 토큰 사용 현황

2.2 프레임의 발생 및 토큰 사용률 변화

표 2는 다음과 같은 가정 하에서 22회의 모의 실험을 한 결과를 나타낸 것이다.

- 하나의 프레임을 처리하는 시간 : 0.01초
- 프레임 발생 주기 : 0.001초에서 0.05초까지 변화시킴
- Bc 토큰 발생 주기 : 초당 34개 발생
- Be 토큰 발생 주기 : 초당 17개 발생
- 버스티 기간 : 59초에서 1분까지 변화
- 침묵 기간 : 0.001초에서 0.02초까지 변화
- 모의 실험 전체 기간을 버스티 구간으로 가정

하기 위하여, 침묵 기간을 무시할 수 있는 1 msec에서 2 msec 이내의 값으로 설정

위의 가정 하에서 전송 노드의 프레임 발생 주기가 10에서 50사이의 난수로 결정될 때까지는, 프레임의 손실이 발생하지 않고 Bc 토큰의 사용건수가 대체로 일정한 수준을 유지하고 있으며, Be 토큰의 사용 건수는 점차 감소하고 있다. 여기서, 프레임 전송 주기가 10에서 50인 경우를 표 1과 표 2의 경우를 비교하며, 표 1에서의 프레임 발생 건수가 적은 것을 알 수 있다. 이는 표 1의 내용은 버스티 기간과 침묵 기간이 교대로 발생한다고 가정한 결과이고, 표 2의 내용은 침묵기간이 없다고 가정한 결과이기 때문이다.

전송률이 감소하여 프레임 발생 주기가 11에서 50사이의 난수로 결정되면, Bc 토큰의 사용 건수는 영에 가까워지며, 손실 건수는 Be 토큰 발생 건수에서 Be 토큰 풀의 크기를 뺀 숫자만큼 손실이 발생하고 있다.

전송률이 더욱 감소하여 13에서 50사이가 되면, Bc 토큰의 손실은 계속 감소하고, 발생하는 모든 Be 토큰은 Be 토큰 풀에 저장된 개수만큼을 제외하고 모든 토큰은 손실이 된다.

표 2. 침묵 기간을 무시한 토큰사용 현황

Frame					BC 토큰			BE 토큰		
MIN R	MAX R	발생 건수	손실 건수	QUE 건수	발생 건수	손실 건수	사용 건수	발생 건수	손실 건수	사용 건수
1	50	2324	0	0	2000	0	1976	1000	635	348
2	50	2282	0	0	2000	0	1975	1000	676	307
3	50	2240	0	0	2000	0	1977	1000	720	263
4	50	2198	0	0	2000	0	1978	1000	763	220
5	50	2160	0	0	2000	0	1977	1000	800	183
6	50	2118	0	0	2000	0	1976	1000	841	142
7	50	2080	0	0	2000	0	1974	1000	877	106
8	50	2047	0	0	2000	0	1977	1000	913	70
9	50	2010	0	0	2000	0	1975	1000	948	35
10	50	1979	0	0	2000	0	1967	1000	971	12
11	50	1946	0	0	2000	24	1942	1000	979	4
12	50	1913	0	0	2000	54	1912	1000	982	1
13	50	1881	0	0	2000	85	1881	1000	983	0
14	50	1853	0	0	2000	113	1853	1000	983	0
15	50	1824	0	0	2000	142	1824	1000	983	0
20	50	1694	0	0	2000	272	1694	1000	983	0
25	50	1580	0	0	2000	386	1580	1000	983	0
30	50	1483	0	0	2000	483	1483	1000	983	0
35	50	1395	0	0	2000	571	1395	1000	983	0
40	50	1317	0	0	2000	649	1317	1000	983	0
45	50	1248	0	0	2000	718	1248	1000	983	0
50	50	1186	0	0	2000	780	1186	1000	983	0

ONE FRAME PROCESS TIME = 10 SIMULATION
TIME(0.01SEC), ON구간 = 59000~60000, OFF구간 = 1~2

이후 전송률이 14에서 50까지 감소하면, Bc 토큰

도 손실이 계속적으로 증가하고, Be 토큰의 손실률은 최대가 된다.

이는 프레임 발생 속도가 Bc 토큰의 발생 속도에 못 미치기 때문이다. 그리고 침묵 기간이 없으면 프레임 발생 건수와 토큰의 사용 건수는 증가하나, 상대적으로 토큰의 손실 건수는 줄어들어도 알 수 있다.

2.3 Bc 토큰 발생 주기 및 처리율 변화

표 3과 그림 4는 Bc 토큰의 발생 주기를 15 msec에서 30 msec의 값으로 변화시키며, 다음과 같은 가정하에서 7회의 모의 실험을 한 결과를 나타낸 것이다.

- 하나의 프레임을 처리하는 시간 : 0.01초
- 프레임 발생 주기 : 0.01 ~ 0.022초로 고정
- Be 토큰 발생 주기 : 초당 17개 발생
- 버스티 기간 : 0.1초에서 0.2초까지 변화
- 침묵 기간 : 0.01초에서 0.05초까지 변화

표 3에서 살펴보면, 프레임 발생 건수(3118건)와 Be 토큰의 발생 건수(1000건)는 변화가 없으나, Bc 토큰의 발생 주기가 점차 길어짐에 따라 Bc 토큰의 발생 건수는 점차 줄어들고 있다(4000건→2000건).

표 3. Bc 토큰 발생 주기 및 처리 현황

Bc rate	Frame		Bc 토큰			Be 토큰		
	발생 건수	손실 건수	발생 건수	손실 건수	사용 건수	발생 건수	손실 건수	사용 건수
15	3118	0	4000	848	3118	1000	983	0
19	3118	0	3157	10	3113	1000	978	5
20	3118	0	3000	0	2994	1000	859	124
25	3118	0	2400	0	2396	1000	262	722
27	3118	0	2222	0	2219	1000	84	899
29	3118	0	2068	0	2068	1000	0	1000
30	3118	73	2000	0	2000	1000	0	1000

Frame rate = 10~22, Be rate =60, Bc rate =변화

Bc 토큰의 발생 주기가 15 msec인 경우는 프레임의 발생 주기보다 Bc 토큰의 발생 주기가 빠르기 때문에 발생한 프레임의 전체 개수(3118건)에 해당하는 Bc 토큰이 사용되고 있고, 848개의 Bc 토큰은 손실되었으며, 나머지는 Bc 토큰 풀에 저장되어 있음을 알 수 있다. 또한 Be 토큰의 사용은 전혀 없으며 Be 토큰 풀에 저장된 개수(17건)를 제외한 모든 개수는 손실됨을 알 수 있다.

마찬가지로, Bc 토큰의 발생 주기가 점차 길어짐에 따라 Bc 토큰의 사용 건수와 손실 건수는 감소하고, Be 토큰의 사용 건수는 증가하나 손실 건수는 줄어들고 있음을 알 수 있다.

Bc 토큰의 발생 주기가 30 msec인 경우, Bc 토큰

큰과 Be 토큰의 발생 개수의 합(3000건)이 프레임의 발생 개수(3118건)보다 적으므로 프레임의 손실이 발생하는 것도 알 수 있다. 이때, 3118개의 프레임이 발생하나 Bc 토큰의 사용 개수(2000건)와 Be 토큰의 사용 개수(1000건)을 합하여도 3118이 되지 않는 것은 모의 실험이 끝나는 시점에 프레임 큐에 프레임이 대기하고 있는 개수(45개) 때문이다.

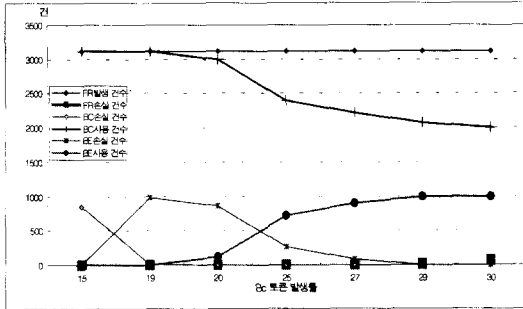


그림 4. 프레임 처리 결과

V. 결 론

PVC 서비스를 수행하고 있는 프레임 릴레이망의 백본은 ATM 망과 연동될 추세이다. 이와 같이 고속 이기종 통신망 접속인 FR/ATM 연동환경에서 트래픽 제어기법은 매우 중요하다.

본 논문에서는 FR/ATM 연동장치에서 프레임 릴레이 트래픽에 대한 성능분석의 모의 실험을 토큰 방식에 근거한 리킷 버킷 알고리즘으로 수행한 결과, 프레임 릴레이망으로부터 수신되는 프레임이 정상적으로 처리될 비율, 프레임이 정상적으로 처리되거나 버려질수 있는 비율 및 충분하지 못한 토큰으로 인하여 프레임이 버려질수 있는 비율이 토큰 발생률과의 관계성을 가지고 다양하게 제시되었다.

향후 이 기법을 토대로 프레임 릴레이 망을 통하여 입력되는 다수의 호를 가정하여 한 개의 ATM 링크로 접속되는 트래픽 분석의 결과를 점검할 필요가 있다.

참 고 문 헌

- [1] The ATM Forum Technical Committee, ATM UNI Spec. Ver3.1(4.0), 1994
- [2] ITU-T Recommendation I.233 Frame Relay Bearer Services, 1993.
- [3] The Frame Relay Forum Technical Committee, UNI Implementation Agreement, FRF.1, 1992

- [4] The Frame Relay Forum Technical Committee, NNI Implementation Agreement, FRF.2, 1992
- [5] The Frame Relay Forum Technical Committee, Multiprotocol Interconnection over Frame Relay Implementation Agreement, FRF.3, 1992
- [6] The Frame Relay Forum Technical Committee, UNI SVC Implementation Agreement, FRF.4, 1996
- [7] The Frame Relay Forum Technical Committee, Frame Relay/ATM PVC Network Interworking Implementation Agreement, FRF.5, 1996
- [8] The Frame Relay Forum Technical Committee, Frame Relay Service Customer Network Management Implementation Agreement, FRF.6, 1994
- [9] The Frame Relay Forum Technical Committee, Frame Relay/ATM PVC Service Interworking Implementation Agreement, FRF.8, 1996
- [10] The ATM Forum Technical Committee, Frame based UNI Spec. Ver. 2.0, 1996
- [11] ITU-T Recommendation I.370, Congestion Management for ISDN Frame Relaying Bearer Service, 1993
- [12] ITU-T Recommendation I.371, Traffic Control and Congestion Control in B-ISDN, 1993
- [13] ITU-T Recommendation Q.2931, B-ISDN DSS2 UNI Layer3 Specification for Basic Call/Connection Management, 1995
- [14] The ATM Forum Technical Committee, B-ICI Spec. Ver. 1.0(2.0), 1994
- [15] ITU-T Recommendation Q.933, ISDN DSS No.1 Signalling Spec. for Frame Relay Service, 1995
- [16] The ATM Forum Technical Committee, Traffic Management Spec. Ver. 4.0, 1994

정 중 수(Joong-Soo Chung)

정희원

1981년 2월 : 영남대학교 전자공학과 (학사)

1983년 2월 : 연세대학교 전자공학과 (석사)

1993년 8월 : 연세대학교 전자공학과 (박사)

1983년 3월 ~ 1994년 2월 : ETRI 연구원, 선임연구원

