

ATM망의 실시간 VBR 트래픽에 대한 MMPP 모델 적합성 검증 연구

정회원 정승국*, 이영훈**

A Study on the MMPP Model Verification for the Real-time VBR Traffic of ATM Network

Seung-Kook Cheong*, Young-Hun Lee** *Regular Members*

요 약

본 논문은 국내 ATM망을 대상으로 실시간 VBR 트래픽을 측정하고 그의 특성을 분석하여 기존의 연구에서 ATM VBR 특성이 2-상태 MMPP 모델 기반의 On-Off 특성을 갖는다는 이론의 적합성을 검증한 것으로 분석 결과 국내 ATM 망의 VBR 트래픽 특성은 2-상태 MMPP 모델을 따르지 않으며 On 구간의 도착율 (λ_1)은 협약 대역폭 주기 중심에서 0.93~0.96의 확률로 도착하는 거의 결정적(Deterministic) 특성을 가지고, On 구간에서 Off구간의 천이율 (T_1) 및 Off 구간에서 On구간의 천이율(T_2)은 마코브 체인의 특성을 따르지 않는 단순 랜덤 변수의 특성을 갖는 것으로 검증되었다. 따라서, 국내 ATM망의 VBR 특성은 MMPP 모델로 표현할 수 없으며 일반적인 On-Off 모델로 표현되어야 함을 확인하였다. 본 연구 결과는 실질적인 ATM망 서비스 회선 트래픽을 대상으로 측정, 분석, 검증한 것이므로 국내 ATM망에 적용하기 위한 모든 장치 및 네트워크 설계에 이 결과가 사용될 수 있으며 국내 ATM망에 적용된 트래픽 관리 기능을 사용하는 모든 ATM망의 트래픽 모델로 사용할 수 있다.

Key Words : MMPP Model; Markov Chain; ATM Traffic; On-Off Traffic Model.

ABSTRACT

This paper is to verify that 2-state MMPP Model conform to ATM VBR traffic characteristics by measuring and analyzing real-time VBR traffic in KT's ATM network. As a result, we validated the fact that real-time VBR traffic of ATM network cannot be apply to MMPP model and must be represented by previously general On-Off Model with characteristics as follows: arrival rate of On state (λ_1) is deterministic, arrival rate of Off state (λ_2) is zero, and two transition rate (T_1 , T_2) is only random variable. As research results are to handle real traffic, these results can be used to all ATM network traffic model with traffic management function such as KT's ATM network.

* 한국전자통신연구원 네트워크연구소 네트워크시험팀(skjeong@etri.re.kr),

** 한남대학교 정보통신멀티미디어공학부(yhlee@mail.hannam.ac.kr)

논문번호 : 030075-0220, 접수일자 : 2003년 2월 20일

I. 서론

ATM 기술은 협대역(Narrowband) 음성에서부터 광대역(Broadband) 비디오 트래픽에 이르기까지 다양한 분야를 다룰 수 있는 다양한 이점을 가지고 있기 때문에 사용자 측면의 서비스 뿐만 아니라 미래 전송 망 기술에도 영향을 미칠 것으로 기대되어왔으며 ATM 기술을 얻기 위해 몇 가지 극복해야 할 문제로 트래픽 제어 및 자원관리와 관련된 셀 트래픽에 관련된 사항이 고려되었다. ATM 망에서 트래픽 제어는 많은 연구활동을 불러일으킬 만큼 중요한 문제로서, 트래픽 제어 전략에 대한 기본 단계는 ATM 스위치의 성능 파라미터의 여러 가지 트래픽의 영향을 이해하는 것부터 시작된다. ATM 망은 음성, 데이터, 비디오를 포함한 다양한 트래픽 타입을 전송한다. 그러한 다양한 트래픽 타입에서 QoS를 보장하면서 실시간 통신이 가능한 음성과 비디오 소스에 의한 VBR의 특성에 대한 연구가 많이 이루어졌는데^[2-5], ATM의 VBR 트래픽은 주로 LAN에 의해 만들어지는 데이터 스트림의 전송을 위해 높은 속도 전송 수단으로 이용되고 있으며 여기서 사용 되는 모델은 On-Off 소스 모델로 나타낼 수 있다^[6]. 또한, MMPP(Markov Modulated Poisson Process) 모델은 On-Off 소스의 수를 가지는 시스템에 대한 대기 시간 분포를 정확하게 예측 해 줄 수 있는 것으로 알려졌다^[2,6].

MMPP는 1960년에 처음으로 소개되었으며 Gilbert^[7]가 2-상태 마코브 체인 (Markov chain)을 통신 채널(Communication Channel)에 대한 에러(Error)를 모델링 하는데 사용 하였는데 에러율이 낮을 때, 통신 채널은 좋은 상태에 있고 에러율이 높을 때, 통신 채널은 나쁜 상태에 있다고 제안하였다. 이 모델에서, 나쁜 상태에서 각각의 유입은 클러스터를 불러 일으키거나 또는 에러의 폭주를 불러 일으키기도 한다. 또한, 좋은 상태에서 나쁜 상태로의 전송확률 또는 반대 경우는 클러스터의 특성에 따라 관찰 될 수 있는데, 2-상태 대신 다양한 계층적 상태를 사용하는데 이 확장모델이 제안되었다^[8,9].

트래픽 측정과 부하에 대한 특성 파악은 망 성능의 분석과 평가, 망의 설계 및 용량 계획과 비용 최적화를 위해 필수적이다. 망의 부하는 패킷 사이즈 분포, 패킷 처리량과 패킷 도착 시간 분포와 같은 망 사이즈와 성능에 영향을 주는 핵심 트래픽 파라

미터를 동일시 함으로써 특성화될 수 있다^[1].

따라서, 본 논문에서는 현재 국내에 구축되어 있는 ATM망의 실질적인 VBR 트래픽을 측정하여 지금까지 연구되어왔던 2-상태 마코브 체인의 On-Off 소스를 갖는 MMPP 모델이 적합한지를 검증하기 위하여 II장에서 MMPP 모델의 일반적인 사항과 검증을 위한 방법을 제시하고 III장에서 실질적인 데이터 측정 및 검증 결과를 제시하며 IV장에서 결론을 맺는다.

II. 일반적인 MMPP 모델

MMPP는 그림1.과 같이 도착율이 n 상태의 제 귀할 수 없는 연속시간 마코브 체인의 상태에 의존하는 이중 확률 포아송(Poisson) 프로세스로서 정의 된다. 마코브 체인이 i 상태에 있을 때, 도착 프로세스는 λ_i 로 포아송이다. 그러므로, n 상태 MMPP는 전송률 매트릭스에 의해 고려되고 변화 상태와 n 도착율 (λ_i)을 언급하게 된다. 이 2-상태 MMPP는 4개의 파라미터에 의해 특성을 가지게 되는데, 이 4개 파라미터는 마코브 체인의 두 전이율(q_{12}, q_{21})과 두 도착율(λ_1, λ_2)이다.

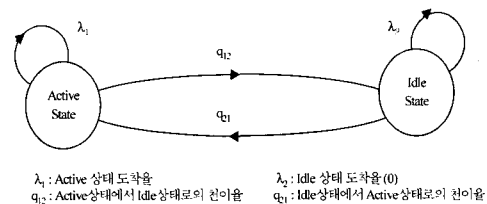


그림1. 2-상태 MMPP(Markov Modulated Poisson Process) 모델

MMPP의 다른 변화로 높은 패킷 도착율을 가지는 활성(Active) 상태와 낮은 패킷 도착율을 가지는 휴지(Idle) 상태를 설명할 수 있는데 On기간 동안 패킷은 확정적으로 도착하고 Off기간 동안 패킷이 도착하지 않는 On/Off 모델과 같은 MMPP 변형요인도 다를 수 있으며 이 모델은 ATM과 같은 셀 기반 네트워크에 있어서 VBR 트래픽을 특성화 하는데 사용되어지기도 한다^[1].

1980년대에 MMPP는 상대적으로 데이터 통합 서비스 망 부하의 특성화를 수행하는데 적절한 모델로써 널리 받아들여졌다. Heffes 와 Lucantoni^[3]는 MMPP를 음성 자원과 데이터 트래픽의 패킷 중첩(superposition) 현상에 대한 특성화를 수행하는데

MMPP를 사용했으며 다른 연구들^[8,10,11]에서도 2-상태 MMPP 모델을 ATM과 통합 서비스 망(Integrated Services Networks)의 트래픽 부하를 표현하는데 사용했다.

따라서, 현재 국내에서 구축되고 있는 ATM망의 VBR 트래픽 특성에 적합한지에 대한 검증을 위해서는 우선적으로 2-상태 MMPP 모델의 각 파라미터($\lambda_1, \lambda_2, q_{12}, q_{21}$) 특성에 대한 정의가 필요하며 다음과 같이 정의된다.

1) 두 전송율(q_{12}, q_{21})과 두 도착율(λ_1, λ_2)은 지수분포(Exponential Distribution) 특성을 따라야 한다. 단, ATM의 VBR 트래픽 특성은 On-Off 모델로 규정되고 Off구간에서는 셀이 도착하지 않으므로 $\lambda_2 = 0$ 이다.

2) 도착율(λ_1, λ_2)이 지수 분포 특성이 아니고 결정적(Deterministic) 특성을 따른다면 MMDP(Markov Modulated Deterministic Process)로 규정할 수 있으며 다른 분포 특성을 따른다면 MMGP(Markov Modulated General Process)로 정의할 수 있다.

3) 두 천이율(q_{12}, q_{21})이 지수분포 특성을 갖지 않는다면 MMPP 모델로 규정할 수 없으며 마코비안(Markovian) 특성을 따르지 않는다.

따라서, MMPP 모델을 ATM망의 VBR 트래픽 특성에 적합한지에 대한 검증을 위해서는 두 전송율(q_{12}, q_{21})과 두 도착율(λ_1, λ_2)의 분포 검증이 필요한데 검증 시 트래픽 양의 비율에 따라 변화할 수 있는 부분이 고려되어야 한다. 검증을 위한 MMPP모델의 4개 파라미터와 ATM VBR On-Off 특성 간의 파라미터 관계는 표1.과 같이 나타낼 수 있다.

표1. MMPP모델과 ATM VBR트래픽 On-Off 모델간의 파라미터 관계

구 분	MMPP	ATM VBR Traffic
On구간의 도착율(λ_1)	λ_1	셀 도착율
Off구간의 도착율(λ_2)	λ_2	0
On구간에서 Off구간으로의 천이율 (T_1)	q_{12}	MBS분포
Off구간에서 On구간으로의 천이율 (T_2)	q_{21}	Off구간의 길이 분포

III. ATM망 VBR트래픽 측정 및 검증

3.1. 트래픽 측정

트래픽 특성 분석을 위해서는 트래픽 측정이 가장 기본이 되는데 현실적으로 서비스되고 있는 회선을 대상으로 트래픽을 측정하고 분석하기는 어려운 실정으로 서비스 회선에 대해 영향을 미치지 않는 상태에서 언제나 어디서 트래픽을 측정하고 분석하는 방법이 제안되었으며 실질적인 환경이 구축되었다^[12-14]. 트래픽 측정은 기존 연구에서 구축된 환경(KT의 ATM망(초고속국가망))을 이용하였으며 ATM망의 트래픽 관리 기능 및 특성 조건은 다음과 같다.

1) ATM망은 초기 망이므로 서비스의 안정성을 위하여 UPC 기능은 Off 상태에서 운용하고 있다(UPC에 의한 셀 손실은 없음).

2) 트래픽 셰이핑 기능은 ATM망 내의 모든 스위치에 적용되어 있다.

3) VBR 트래픽 처리를 위하여 각 ATM스위치는 입출력 버퍼를 채택하고 있는 구조이다.

4) 수용된 실질적인 서비스는 AAL 5의 VBR 서비스이다.

5) 서비스되고 있는 물리적인 인터페이스는 STM-1(155.520Mbps), DS3(44.768Mbps), DS1E (2.048Mbps)이다.

트래픽 측정 구간은 가입자에서 유입되는 점(point)과 가입자 노드(Access Node)에서 중계 노드(Core Node)로 유입되는 점의 가상 회선(Virtual Channel Connection)을 대상으로 4개의 가상 회선을 선정하고 00시부터 20시까지 시간별로 50분씩 측정하여 표본을 추출하였다. 추출된 표본이 전체 모 집단의 특성을 대표할 수 있어야 하는데, 그림2.의 측정 시간대 특성을 살펴보면 00시부터 08시까지는 트래픽 양이 적으며 09시부터 20시까지는 트래픽 양이 상대적으로 많은 특성을 갖고 있으므로 00시부터 08시까지의 데이터는 일반적으로 트래픽 양이 적은 경우의 특성을 대표할 수 있으며, 09시부터 20시까지의 데이터는 트래픽 양이 많은 경우의 특성을 대표할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 특성이 잘 나타나고 있는 가상 회선(VPI=112, VCI=64, NBW=7439, FBW=353207.5, T_N=48)의 1일 데이터를 표본으로

측정하였는데, 1개의 셀 간격을 기준으로 다음 셀이 출현할 때까지의 간격을 숫자로 표현하고 표현된 숫자에서 매 시간 5000개의 데이터를 표본으로 추출하였다.

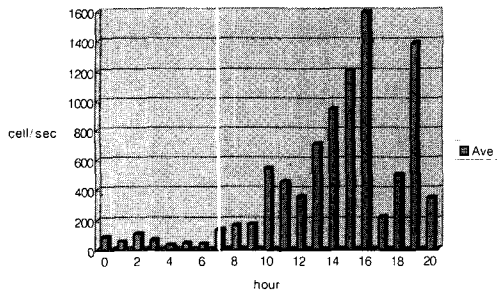


그림2. VPI=112, VCI=64회선의 측정 시간대별 트래픽 변화

3.2. 검증

ATM VBR 트래픽은 그림3.과 같이 On구간과 Off구간이 반복되는 형태이며 On구간에서는 셀 발생주기(협약 대역폭 셀 발생 주기) T_N 만큼의 간격으로 셀이 발생하는 모델이다. T_N 은 식(1)과 같이 구할 수 있으며 MBS(Maximum Burst Size)는 On 구간에서 가장 많이 측정된 셀 발생 개수로 정의된다.^[13]

$$T_N = \frac{FBW}{NBW} \quad (1)$$

여기서 FBW(Full Bandwidth)는 물리적 회선의 총 대역폭이며 NBW(Negotiation Bandwidth)는 가입자와 망 사업자간에 협약된 대역폭이다.

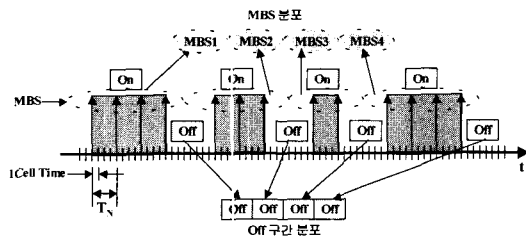


그림 3. ATM망에서의 VBR 트래픽 발생 개념

이 모델로부터 II장에서 논의했던 일반적인 MMPP 모델에 대한 검증을 위하여 표1.에서 정의했던 파라미터(λ_1, T_1, T_2)에 대한 분포 검증을 수행하였다.

3.2.1. ATM VBR 트래픽의 λ_1 검증

λ_1 은 그림3.의 On 구간에 해당하는 셀 간 도착 시간에 대한 분포로 CDV(Cell Delay Variation)가 없는 경우 셀 발생 간격을 가지는 이론적인 모델(I-Model)과 CDV에 의해 셀 발생 간격이 변동되는 실질적인 모델(R-Model)로 구분할 수 있다.

I-Model은 T_N 주기 중심에서만 셀이 출현하는 결정적(Deterministic) 특징을 가지며 그의 확률 분포는 식(2)와 같이 표현할 수 있다.

$$f(x) = \begin{cases} p(x)=1, & X=x \quad (x = n \times T_N, n=1,2,3,\dots) \\ 0 & , \text{ elsewhere} \end{cases} \quad (2)$$

R-Model은 실질적인 ATM망에서의 동작 특성으로 나타나는 모델로써 CDV에 의해 셀이 T_N 을 중심으로 $(T_N - (T_N - 1))$ 부터 $(2T_N - 1)$ 까지 출현할 확률을 가질 수 있으므로 I-Model의 결정적 특징을 검증 없이 적용할 수 없다. 따라서, 본 연구에서는 R-Model 중심의 분포 검증을 수행하였다.

3.1.항의 측정 환경 및 대상 회선에 대해 On구간의 특성을 분석한 결과는 표2.와 같고 시간대별 비교 분석 그래프는 그림4.와 같다. 표2 데이터는 측정된 각 On구간에서 각 셀 시간에 출현한 횟수를 대상으로 백분율을 구하여 각 셀 시간 출현 확률을 나타낸 것으로 표2.에서 보는 바와 같이 On구간의 셀은 $T_N=48$ 기준으로 ± 5 셀 간격 범위 내에서 모든 셀이 출현하며 그림4에서 보는 바와 같이 On구간의 셀 간격별 출현 확률은 최빈시(00~08시), 최빈시(09~20시)의 시간대와 관계 없이 거의 동일한 특성을 갖는 것으로 판명되었다.

표2.에서 $T_N \pm 1$ 셀 간격($T_N=48 \pm 1$)의 확률을 구하면 0.93 ~ 0.96의 높은 출현 확률이 있음을 알 수 있다. 이 데이터는 T_N 의 계산식에서 항상 정수로 나누어지지 않으므로(선정된 회선의 정확한 계산 값은 $T_N=47.48$ 임) 적어도 ± 1 셀 간격의 허용 오차가 존재한다고 간주할 수 있으므로 분포 검증에 매우 유용한 데이터로 사용될 수 있다.

표2. On구간(TN=48)의 시간대별 셀 출현 확률

λ_i	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
00	0.00347	0.00658	0.00705	0.01283	0.17242	0.72998	0.03461	0.00357	0.00489	0.00272	0.00268
01	0.00159	0.00649	0.00432	0.01536	0.17502	0.74926	0.02571	0.00232	0.00481	0.00379	0.00329
02	0.00235	0.00293	0.00466	0.01443	0.17814	0.75454	0.02616	0.00454	0.00598	0.00307	0.00265
03	0.00398	0.00337	0.00231	0.01050	0.18439	0.74783	0.02821	0.00486	0.00246	0.00190	0.00041
04	0.00570	0.00431	0.00354	0.01507	0.18206	0.75051	0.01958	0.00378	0.00420	0.00451	0.00231
05	0.00567	0.00634	0.00353	0.01168	0.17820	0.74977	0.02304	0.00588	0.00410	0.00648	0.00603
06	0.00407	0.00665	0.00482	0.01218	0.18523	0.74033	0.02619	0.00402	0.00379	0.00807	0.00619
07	0.00501	0.00424	0.00721	0.01074	0.18120	0.74506	0.02875	0.00512	0.00213	0.00243	0.00829
08	0.00309	0.00528	0.00465	0.01349	0.15844	0.74544	0.06272	0.00955	0.00441	0.00392	0.01083
09	0.00387	0.00417	0.00421	0.01340	0.15001	0.74574	0.05411	0.00981	0.00504	0.00291	0.00969
10	0.00511	0.00603	0.00970	0.01296	0.13513	0.62032	0.16117	0.01809	0.00633	0.00976	0.00561
12	0.00454	0.00334	0.00526	0.01168	0.16225	0.77763	0.01897	0.00418	0.00320	0.00347	0.00543
13	0.00321	0.00654	0.00527	0.01228	0.18118	0.74421	0.02828	0.00459	0.00500	0.00255	0.00792
14	0.00632	0.00757	0.01284	0.01470	0.19546	0.68119	0.05944	0.00552	0.00780	0.00727	0.00367
15	0.00444	0.00558	0.00443	0.01291	0.15309	0.76513	0.03289	0.00490	0.00368	0.00425	0.00780
16	0.00630	0.00789	0.00822	0.01261	0.19284	0.67053	0.07489	0.00655	0.00792	0.00794	0.00463
17	0.00284	0.00659	0.00417	0.01204	0.19019	0.72215	0.03494	0.00725	0.00694	0.00515	0.00786
18	0.00481	0.00563	0.00711	0.01037	0.20030	0.71066	0.03820	0.00524	0.00606	0.00386	0.00793
19	0.00576	0.00793	0.00736	0.01352	0.19628	0.66337	0.07817	0.00969	0.00752	0.00719	0.00365
20	0.00277	0.00621	0.00466	0.01520	0.20084	0.60086	0.05778	0.00790	0.00415	0.00394	0.00581

따라서, ATM VBR 트래픽의 On구간 도착율(λ_i)은 지수 분포(Exponential Distribution)를 따르지 않으며 그림5.에서 보는 바와 같이 T_N 주기에서 0.93 ~ 0.96의 높은 확률로 셀이 출현하는 결정적(Deterministic) 특성을 갖는다고 할 수 있으며(식2)의 확률 밀도 함수를 적용할 수 있다.

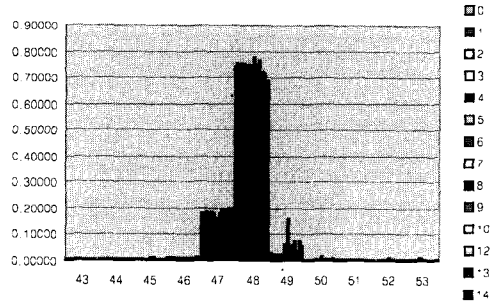


그림4. 측정된 VBR 트래픽 On 구간의 시간대별 분포도

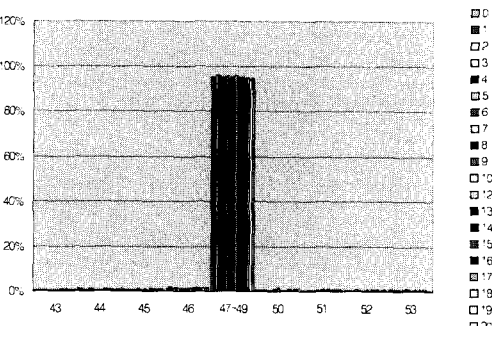


그림5. ($T_N \pm 1$)구간의 확률을 통합한 VBR 트래픽 On 구간의 시간대별 분포도

3.2.2. ATM VBR 트래픽의 T_1, T_2 검증

ATM망의 VBR 트래픽의 MBS길이 분포(T_1) 및 Off구간의 길이 분포(T_2)에 대한 검증은 비모수 통계 분석^[15]을 이용하였다.

비모수 통계 분석은 분포의 모양에 대한 가정 없이 가설 검정하는 방법으로 그의 이점은 자료를 명목척도나 예비 연구자료를 수집할 경우 등과 같이 표본의 크기가 매우 작은 경우에 유용한 방법이다. 또한 모수적인 방법에 대한 적용이 용이하고 이해가 쉬우므로 신속한 검정을 할 수 있다. 비모수 통계 분석 방법에서는 적합도 검정, 무작위성 검정, 변수간 분포의 동질성 검정, 집단간 분포의 동질성 검정, 변수간의 상관관계 분석 등이 있다.

본 논문에서는 단일표본 콜모고로프-스미르노프(Kolmogorov-Smirnov) 검정을 택하였는데 이 방법은 주어진 어떤 표본 분포가 이론적으로 기대되는 분포(단일분포, 정규분포, 포아송분포, 지수분포)와 일치하는지의 여부를 검정할 때 이용된다. 이 분포의 검증은 SPSS V10.0 통계 처리 도구를 이용하여 실시하였으며 본 논문에서는 지수 분포 함수의 검증에 중요성을 두었으므로 표3., 표4.에 각각 T_1, T_2 에 대한 검증 결과를 나타내었다.

검증 결과 근사 유의 확률이 적어도 0.05 이상이여야 하나 검증된 모든 데이터가 거의 0 에 가까우므로 모든 분포에 대한 귀무가설은 기각된다. 따라서, T_1, T_2 는 지수 분포를 따르지 않는 것으로 확인되었으며 표로 나타내지 않은 다른 분포(포아송, 단일 분포, 정규 분포) 형태도 근사 유의 확률이 모두 0 으로 따르지 않는 것으로 확인되었다.

표3. T_1 의 단일표본 콜모고로프-스미르노프 검증(지수)

시간	N	Exponential Mean	Most Extreme Absolute	Differences Positive	Differences Negative	Kolmogorov-Smirnov Z	유의성 확률
00	1129	4.7511	.300	.300	-.262	10.072	.000
01	1217	4.4059	.307	.307	-.261	10.721	.000
02	968	5.5403	.339	.339	-.304	10.551	.000
03	1610	3.3311	.355	.241	-.355	14.250	.000
04	1745	3.0734	.362	.220	-.362	15.123	.000
05	1243	4.3113	.326	.326	-.275	11.511	.000
06	1318	4.0690	.290	.286	-.290	10.516	.000
07	1406	3.8151	.318	.259	-.318	11.911	.000
08	762	7.0930	.236	.236	-.170	6.507	.000
09	1480	3.6277	.329	.198	-.329	12.665	.000
10	182	29.4286	.356	.166	-.356	4.797	.000
12	1779	3.0152	.356	.270	-.356	14.997	.000
13	959	5.6121	.331	.331	-.199	10.266	.000
14	287	18.6372	.262	.162	-.262	4.437	.000
15	1033	5.2081	.339	.339	-.207	10.880	.000
16	147	36.5578	.481	.514	-.146	5.828	.000
17	677	7.8818	.356	.356	-.146	12.250	.000
18	466	11.5172	.330	.330	-.162	7.129	.000
19	180	29.8444	.490	.181	-.490	6.567	.000
20	287	18.6376	.283	.266	-.283	4.788	.000

표4. T₂의 단일표본 콜모고로프-스미르노프 검정 (지수)

시간	N	Exponential Mean	Most Extreme Absolute	Differences Positive	Differences Negative	Kolmogorov-Smirnov Z	신사유의 확률
00	1127	37656.7	06.	065	-019	2.168	000
01	1216	37186.5	05.	058	-015	2.014	001
02	967	40028.0	08.	086	-032	2.689	000
03	1609	31934.6	05.	055	-019	2.213	000
04	1744	33452.8	05.	056	-023	2.339	000
05	1242	37242.9	08.	089	-028	3.129	000
06	1317	40944.5	07.	075	-023	2.721	000
07	1405	26916.6	03.	036	-011	1.350	052
08	761	19281.0	15.	152	-037	4.206	000
09	1480	16677.6	11.	117	-028	4.508	000
10	181	2131.9	314.	314	-148	4.224	000
12	1779	12326.7	223.	223	-044	9.389	000
13	958	27692.2	107.	107	-021	3.322	000
14	286	8984.3	356.	356	-041	6.024	000
15	1033	2384.9	100.	100	-030	3.206	000
16	146	2101.4	514.	514	-237	6.211	000
17	676	25190.2	167.	167	-033	4.335	000
18	465	27873.4	202.	202	-037	4.358	000
19	179	2441.1	583.	583	-145	7.802	000
20	287	12274.7	411.	411	-054	6.954	000

- (a) 00시~07시 분포도, (b) 10시 분포도
- (c) 14시 분포도, (d) 16시 분포도
- (e) 19시 분포도, (f) 20시 분포도

그림6. T₁의 시간대별 분포도

표5. T₂의 시간대별 분포 평균, 표준편차, 최소, 최대 값

시간	평균		표준편차		최소		최대	
	평균	표준편차	최소	최대	최소	표준편차	최대	
0	37657	107ms	42097	119ms	95	0.26ms	236340	0.67s
1	37187	105ms	40313	114ms	96	0.27ms	236530	0.67s
2	40028	113ms	42055	119ms	101	0.28ms	228831	0.65s
3	31935	90ms	34055	96ms	96	0.27ms	222398	0.63s
4	33454	95ms	33744	101ms	98	0.27ms	234318	0.66s
5	37243	105ms	41128	116ms	97	0.27ms	232410	0.66s
6	40945	116ms	42995	122ms	100	0.28ms	236456	0.67s
7	26917	76ms	28701	81ms	96	0.27ms	236586	0.67s
8	19281	55ms	26293	74ms	99	0.28ms	225944	0.64s
9	16678	47ms	22079	63ms	95	0.26ms	194148	0.55s
10	2132	6ms	3687	10ms	95	0.26ms	28873	0.08s
12	12327	35ms	16260	46ms	95	0.26ms	133474	0.38s
13	27692	78ms	33547	95ms	97	0.27ms	236136	0.69s
14	8984	25ms	19009	54ms	98	0.27ms	206222	0.58s
15	23895	68ms	26733	76ms	95	0.26ms	194486	0.55s
16	2101	6ms	6227	18ms	163	0.46ms	41278	0.12s
17	25190	71ms	33046	94ms	108	0.30ms	232133	0.66s
18	27873	79ms	38431	0.1s	97	0.27ms	225737	0.64s
19	2441	7ms	9686	27ms	95	0.26ms	107226	0.30s
20	12275	35ms	23878	68ms	193	0.54ms	229505	0.65s

따라서, T₁, T₂는 지금까지 알려진 어떠한 분포 형태도 따르지 않는 단순 랜덤 변수로 규정할 수 밖에 없는데, T₁과 T₂는 트래픽 양에 따라 규칙적인 특성이 나타나는 특징이 있음을 발견하였다.

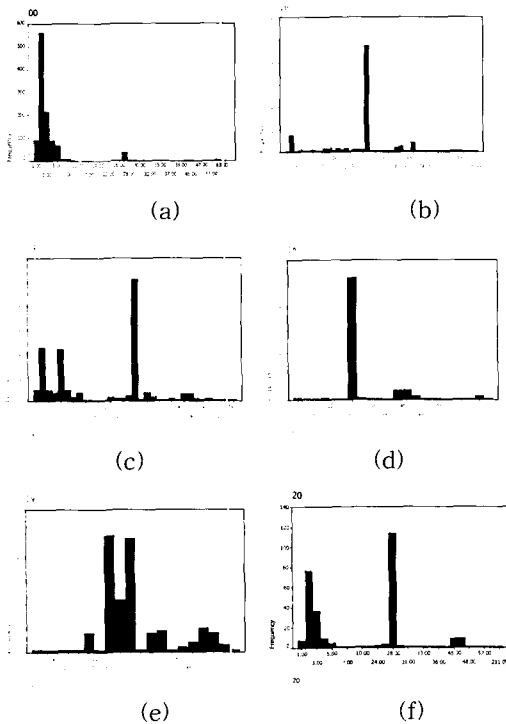
T₁의 경우 그림6.과 같이 트래픽 양이 적을 경우 평균 2 셀 간격(64Byte Packet 통신 예상)으로 가장 많이 발생되며 트래픽 양이 많은 10, 14, 19 시에서는 평균 28개의 셀 (1024Byte Packet 통신 예상)이 가장 많이 출현하는 특성을 갖는 것으로 확인되었다.

T₂의 경우 표5.에서 보는 바와 같이 T₁의 경우와 비슷하게 트래픽 양이 많은 10, 16, 19시에서는 평균 6ms, 14시에는 평균 25ms, 트래픽 양이 적은 00시부터 06시까지는 경우는 평균 0.1s(약 100ms) 간격을 가지는 특징이 있으며 트래픽 양의 많고 적음에 관계없이 최소 값은 약 26ms 정도, 최대 값은 최번시 약 0.67s, 최번시 약 0.1s ~ 0.3s의 시간을 가지고 발생하는 것으로 확인되었다. 또한 표준편차는 평균값에 근사한 형태로 나타나는 특징을 갖는 것으로 분석되었다.

위의 결과로 알 수 있는 일반적인 사항은 T₁은 트래픽 양이 적을 경우 평균이 적고 트래픽 양이 많으면 평균이 커지는 관계가 있으며 T₂는 트래픽 양이 적을 경우 평균이 커지고 트래픽 양이 많을수록 평균이 작아지는 역 관계가 있음을 확인하였다.

IV. 결론

본 논문은 국내 ATM 망을 대상으로 실시간 VBR 트래픽을 측정하고 그의 특성을 분석하여 기존의 연구에서 ATM VBR 특성이 2-상태 MMPP 모델 기반의 On-Off 특성을 갖는다는 적합성을 검증한 것으로 분석 결과 국내 ATM망의 VBR 트래



픽 특성은 2-상태 MMPP 모델을 따르지 않으며 다음과 같은 특성을 갖는 일반적인 On-Off 모델을 표현되어야 한다는 결론을 얻었다.

- 1) On구간 도착율(λ_1)은 Deterministic이다.
- 2) Off 구간의 도착율(λ_2)는 "0"이다.
- 3) On구간에서 Off구간의 천이율(T_1)는 단순 랜덤 변수이다.
- 4) Off구간에서 On구간의 천이율(T_2)은 단순 랜덤 변수이다.
- 5) T_1 의 평균 길이는 트래픽 양에 비례하며 T_2 의 평균 길이는 트래픽 양에 반비례하는 역 관계가 존재한다.

따라서, 본 연구의 결과는 실질적인 ATM망 서비스 회선에서 측정된 트래픽을 대상으로 분석 검증한 것이므로 국내 ATM망에 적용하기 위한 모든 장치 및 네트워크의 설계에 이 결과가 사용될 수 있을 것이며 향후 연구 분야로는 본 분석 및 검증 결과 기반의 ATM망 VBR 트래픽 발생 방법 및 보다 정확한 On-Off 모델 확립을 위한 두 천이율(T_1, T_2)에 대한 새로운 분포 모델 연구 등이 필요하다.

참 고 문 헌

[1] K. M. Khalil, "A Real-time Algorithm for Burstiness Analysis of Network Traffic," *ICC92*, IEEE 1992.

[2] P.T. Brady, "A Statistical Analysis of On-Off Patterns in 16 Conversations," *The Bell System Technical Journal*, Vol.47, No.1, pp.73-91, January 1968.

[3] H. Heffes and D.M. Lucantoni, "A Markov Modulated Characterization of Packetized Voice and Data Traffic and Related Statistical Multiplexer Performances," *IEEE Journal on Selected Areas in Communication*, Vol. 4, No.6, pp.856-868, September 1986

[4] J.N. Daigle and J.D. Langford, "Models for Analysis of Packet Voice Communications Systems," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 4, No. 6, pp. 847-855, September 1986.

[5] P. Sen, B. Maglaris, N.-E. Rikli and D. Anastassiou, "Models for Packet Switching of Variable-Bit-Rate Video

Sources," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 7, No. 5, pp. 865-869, June 1989.

[6] A. Baiocci, N.B. Melazzi, M. Listanti, A. Roveri and R. Winkler, "Loss Performance Analysis of an ATM Multiplexer Loaded with High-Speed ON-OFF Sources," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 9, No. 3, pp. 388-393, April 1991.

[7] E. Gilbert, "Capacity of a Burst-noise Channel," *Bell System Technical Journal*, Vol. 39, pp. 1253-1265, 1961.

[8] S. Li and J.W. Mark, "Traffic Characterization for Integrated Services Networks," *IEEE Transactions on Communications Systems*, pp. 1231-1248, Aug. 1990.

[9] B. Mandelbrot, "Self-Similar Error Clusters in Communication Systems and the concept of Conditional Stationarity," *IEEE Transaction of Communications Technology*, Vol. 13, pp. 71-90, March 1965.

[10] R. Gusella, "A Characterization of the Variability of Packet Arrival Processes in Workstation Networks," Ph. D. dissertation, University of California, Berkeley, 1990.

[11] H. Yamada and S. Sumita, "A Traffic Measurement Method and its Application for Cell Loss Probability Estimation in ATM Network," *IEEE Transactions on Communications*, pp. 315-324, April 1991.

[12] 정승국, 이영훈, "ATM계층의 트래픽 측정 및 분석 도구 설계," *한국OA 학회논문지 ISSN 1229-9332*, Vol. 6, No. 4, pp. 131-137, Dec. 2001.

[13] 정승국, 이경호, 이영훈, "ATM망에서의 트래픽 측정 및 분석 방안 연구," *한국통신학회 하계종합학술대회 논문집*, July 2002.

[14] 정승국, 이영훈, "ATM망의 서비스 회선에 대한 실시간 트래픽 모니터링 시스템 설계," *한국OA 학회논문지 ISSN 1229-9332*, Vol. 7, No. 3, pp. 115-121, Sep. 2002

[15] 김병서, 김계수, "사회과학 통계분석," 고려정보산업, pp. 399-429, 1999.

