Sub-Sum Constraint Function 을 이용한 동적 실시간 VBR 트래픽 특성화

김 중 연, 정 재 일
한양대학교 전자통신전파공학과
전화 : 02-2282-4487 / 핸드폰 : 018-283-6050

Dynamic rt-VBR Traffic Characterization using Sub-Sum Constraint Function

Joong-Yeun Kim, Jae-Il Jung
Dept. of Electrical and Computer Engineering, Hanyang University
E-mail : jykim@mnlab.hanyang.ac.kr

Abstract

This paper studies a real-time VBR traffic characterization. There are two big approaches to determine traffic. One is a statistic approach and the other is a deterministic approach. This paper proposes a new constraint function, what we called "Sub-Sum Constraint Function" (SSCF). This function is mainly based on a deterministic approach and uses a statisctic approach. It predicts and calculates the next rate with a present information about the stream. SSCF captures the intuitive bounded by a rate lower than its peak rate and closer to its long-term average rate. This model makes a order of the constraint function much less than any other works (O(n)). It can also be mapped on a token bucket algorithm which consistes of r (token rate) and b (token depth). We use a concept, EB(effective bandwidth) for a utility of our function and comparing with other techniques such as CBR, average VBR. We simulated 21 multimedia sources for verifying the utility of our function.

I. 서론

Variable-bit-rate (VBR) video application 을 지원해주기 위한 Packet-switched network의 디자인은 어려운 일이다. 영상 VBR 연결은 상당히 많은 bandwidth를 필요로 하는 동시에 최소한의 quality-of-service (QoS), 예를 들어 bound delays, minimum throughput, bounded jitter 의 보장을 요구한다. 이 때문에 많은 high-quality video application은 worst-case QoS 를 보장해주는 결정적(deterministic) 서비스를 요구하고 있다.

결정적 서비스의 구현을 위해 가장 중요한 요소는 연결에서 트래픽을 구체화할 수 있는 트래픽 특성화이다. 결정적 서비스를 이용한 네트워크상에서의 트래픽 특성화는 admission control functions 과 policing mechanisms에서 사용된다. 연결 설정시, admission control function은 존재하는 다른 연결의 QoS를 보장하면서, 새로운 연결을 설정할 수 있는지에 대해 결정을 하며, 연결이 결정된 후에는 policing mechanisms 은 네트워크에 연결된 모든 connection들의 QoS를 보장한다. 결정적 서비스에 의한 트래픽 특성화는 정확하여만 한다. 만약 트래픽 특성화가 실제 트래픽보다 많은 트래픽을 규정하다면 admission control function 은 새로운 연결설정 시, 네트워크 자원을 과대평가하게 되며, 이는 곧 네트워크의 효율을 낮추게 된다. 실시간에서의 정교한 강제함수는 결국 복잡한 policing mechanism을 필요로 하게 된다. 트래픽 특성화의 선택은 결국 정교한 admission control과 policing mechanism을 구현하기 위해 요구되는 간소함의 사이의 tradeoff 이다. 트래픽 특성화 함수는 token bucket mechanism에 매핑되어 사용할 수 있다. token bucket 은 효율적으로 구현될 수 있으며, VBR 영상을 정확히 특성화시킬 수 있다.

본 논문에서는 두 가지 기본적인 영상 특성화에 대하여 연구하였다. 첫 째로 영상 트래픽을 정확히 특성화를 하기 위해 얼마나 많은 양의 정보가 필요로 하는가에 대한 것으로 이를 위해 Sub-Sum Constraint Function을 제안하였으며, 정보의 양을 변화시켜가면서, Sub-Sum Constraint Function의 정확도를 측정하였다. 두 번째로 이 함수를 이용하여, token bucket의 token rate(r)과 bucket depth (b)에 매핑하였다.

본 논문의 구성을 보면, II장에서는 VBR 트래픽 특성화를 위한 관련 연구들에 대해 설명하였으며 III장에는 Sub-Sum Constraint Function Algorithm 방식을 설명하고, IV에서는 시뮬레이션 결과를 통한 성능 평가를 한다. 마지막으로 V장에서는 결과 및 향후 연구 방향을 제시한다.

II. 관련연구

지금까지 많은 트래픽 특성화에 관련된 연구가 제안되어왔다. 그러한 연구들은 크게 두 가지 상반된 접근방식으로 구분된다. 첫 번째는 통계적인 접근방식(statistical approach)으로 사전에 소스가 통계적으로 어떤 부류에 속한 것인지 대한 정보를 사용한다. 통계적 접근방식은 잠재적으론 높은 네트워크 효율성을 갖지만, 각기 다른 성격을 지닌 영상트래픽의 burstiness와 timely correlation에 적합하지 못하며, 구현자체가 복잡하다는 단점을 가지고 있다. 결정적으로 확률적 보장만을 해준다는 것이다. 두 번째로 결정적 서비스 방식(deterministic approach)는 무손실 서비스를 위한 것이며 확률적인 면보다는 한정된 k개의 프레임 정보를 모니터링해서 그것으로부터 유추되는 트래픽 강제함수를 구한 뒤 그 유형을 반복하여 상한 경계치를 구해 특성화시키는 방법이다. 여타의 다른 방식보다 망 공유성을 가지나, order가 높아 복잡도를 유발하는 문제점을 가지고 있다.

Knightly와 Zhang이 제시한 Deterministic Binding Interval Dependent (D-BIND) 트래픽 모델은 n-segment linear function 을 만드는 rate-interval 쌍 $\{(R_j, I_j) \mid 1<j<n\}$ 의 합으로 비디오 트래픽을 특성화시킨다. D-BIND 모델은 정확히 VBR 비디오 트래픽을 특성화시킬 수 있으나, 파라미터 선택의 문제에 대해 언급하지 않았다. 또한 그 복잡도가 $O(n^2)$ 이다. Dallas E. Wrege와 Jorg Liebeherr는 D-BIND 모델을 변형시켜 강제함수를 구했지만 복잡도는 O(kn)으로 여전히 높다.

본 논문에서는 Sub-Sum Constraint Function을 이용하여 결정적 방식의 문제점인 복잡도를 O(n)으로 낮추며, 실제 영상소스에 가깝게 강제함수를 만들 후 token bucket 알고리즘에 매핑하는 연구를 하였다.

III. Sub-Sum Constraint Function

기존의 결정적 방식은 수십에서 수 백 프레임의 정보를 가지고 그것을 이용하여, 강제함수를 생성하므로 인해, delay가 발생할 수밖에 없었다. 이 문제점을 보완하기 위하여, 결정적 방식에 통계적 방식을 도입함으로써, 이를 보완한 것이 Sub-Sum Constraint Function (이하 SSCF로 명시) 방식이다.

SSCF은 peak-rate로 전송을 시작해서, 일정량의 영상소스를 분석하여, 네트워크 망 자원을 보다 더 절약할 수 있도록 token bucket depth를 늘리면서, 반면에 token bucket rate를 낮추어 가는 방식이다. Tspec의 변경 시점을 판단하기 위해서 모든 프레임 부분 합을 이용하여 SSCF을 통해 얻어진 곡선을 따라 그 변화에 알맞게 token bucket의 rate(r)과 depth (b)를 매핑시킨다.

SSCF는 두 가지 특징을 가지고 있다. 하나는 초기 peak-rate으로 Tspec을 기술해 주기 때문에 연결 요청자가 트래픽 특성화를 할 때 요구되는 시간 비용이 없다는 점이다. 두 번째 특징은 Tspec을 전송 중에 망 자원 사용 효율을 높이는 방식으로 바꾸며, 이를 위해 실 영상축적함수에 근접하는 SSCF에 따라 token bucket에 매핑한다. 전자는 지연에 민감한 트래픽의 경우 선호되는 특성이고, 후자의 경우는 네트워크 망 사용 효율을 높일 수 있다는 것이다. 트래픽 변화의 경향은 적어도 수십에서 수백 개의 프레임 정보가 있어야 한다. 반드시 프레임 단위가 아니더라도 상위레벨에서 네트워크 레벨로 넘겨지는 단위의 데이터들도 마찬가지라 할 수 있다.

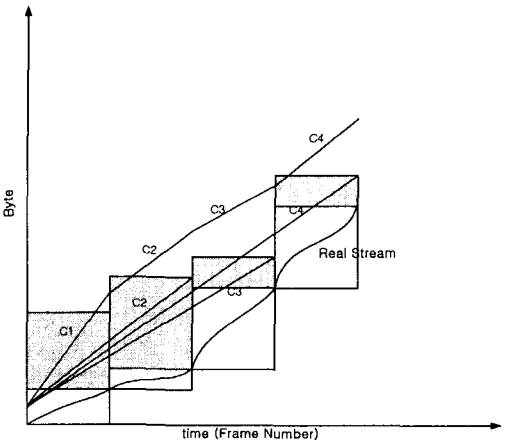

그림 1 (SSCF)

위 그림은 영상소스의 누적그래프와 그 위를 지나는 SSCF을 나타낸다. 위 그림에서와 같이 기울기의 변화 시점은 매 부분 합 (Sub-Sum : 이하 SS로 명시함)마다 해주며, 그 변화량은 그 다음 부분 합까지 연속적으로 최대 프레임이 들어온다는 가정 하에 기존의 누적프레임의 정보에 합하여, 변화량을 결정한다. 즉 회색사각형은 다음 Sub-Sum구간동안 연속적으로 최대 프레임이 들어왔을 경우를 나타내며, Real stream은 실제 영상소스를 나타낸다. 모든 기울기(즉 속도)의 시작점을 b_1으로 함으로써, 거시적인 관점에서 속도를 전체 평균속도보다 항상 높게 고정할 수 있다. 또한, 빠르게 초기의 peak rate를 평균 속도에 접근시킴으로써, 연결 시 낭비되었던 망 자원을 줄여주며, 다중 연결 시, 보다 많은 연결을 가능하게 한다. 이를 식으로 나타내면 아래와 같다

$$C_j = \frac{\sum_{j=1}^{i-1} S_j + Peakrate * T - b_1}{t_j} \quad (1)$$

$$b_j = (C_{j-1} - C_j) * t_j * \alpha + b_{j-1} \quad (2)$$

$$SSCF_j = C_j * t + b_j \quad (3)$$

$j \geq 2$

C(j) : jth current rate

S(j) : jth total byte of frames

T : interval of S(j)
I : interframe time
b_j : token depth
α : adjustment constant
t_j : total time until j

속도 변화량은 식 (1)로 표현되며, 각각의 서로 다른 직선을 이어주기 위한 b값은 식 (2)에 의해 도출된다. SSCF은 초기 peak-rate로 전송을 시작하기 때문에 처음 ss일 때 실제 프레임 정보보다 높은 그래프를 그리나, 거시적으로 보았을 경우 평균속도로 낮추어 가는 것을 실험결과를 통해 알 수 있다. 또한 위 강제함수에서 나온 부분선형의 값은 곧 token bucket의 rate와, b값은 token bucket의 depth로 매핑된다. 식 (3)은 식 (1)과 (2)에서 나온 C_j와 b_j로 만들어진 SSCF 함수이다.

IV. 실험결과

본 논문의 시뮬레이션을 위해 UC Berkeley MPEG-I software encoder에 의해 코딩된 여러 영상소스 (TV sports, news, movie etc)를[3] 사용하였다. 모든 영상소스는 아래와 같이 코딩되었다.

. 각 프레임은 하나의 슬라이스로 되어있다.
. GOP pattern : IBBPBBPBBPBB (12 fames). Quantizer scales :10(I), 14(P), 18(B)
. 각 시퀀스당 프레임수 : 40,000(약 30분 가량의 영상)

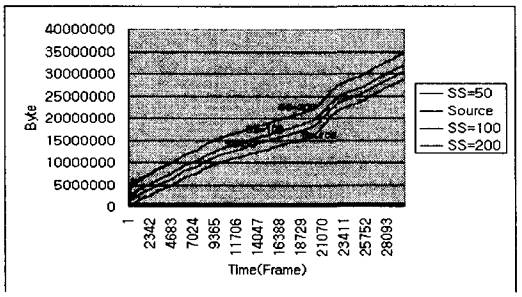

그림 2 (SSCF - 양들의 침묵)

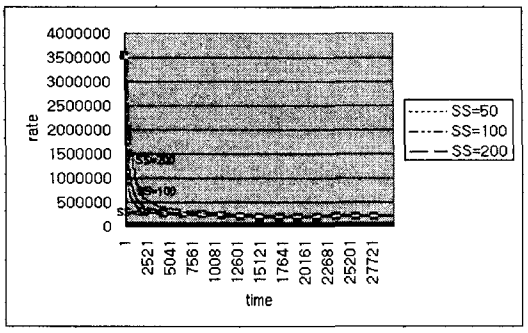

그림 3 (token rate - 양들의 침묵)

그림 2-3은 강제함수와 token bucket rate(C_j)의 변화를 나타낸다. sub-sum(이하 SS으로 명시)을 50, 100, 200 으로 변화시켜가면서, 구한 강제함수를 실험을 통해보면, 부분 합을 적게 잡아줄수록, 실 그래프에 가까워지는 것을 볼 수 있다. 또한 rate의 변화는 부분합의 단위가 클수록 그 변화가 적으면서 평균속도에 천천히 접근해감을 알 수 있다. 이 외에 21개의 서로 다른 소스에 적용해 본 결과 모든 소스에 SSCF가 적용 가능함을 알 수 있었다. 단 SSCF은 초기 peak rate로 전송을 시작하기 때문에 처음 SS를 만날 때, 실제 함수와의 격차가 커지며, 이는 SSCF의 정확도에 영향을 끼친다. 이를 줄여주기 위해 b값을 구할 때 조정상수 (α:0.13)를 사용함으로써, 초기에 큰 격차를 줄이며, 거시적 관점에서 강제함수를 본다면, 그림 2와 같이 실제함수에 근접하며 나아가는 것을 볼 수 있다.

VBR로 기술된 트래픽에서 평균 속도 r값만으로는 실제 소모되는 망 자원을 확실히 기술할 수 없어 EB 개념[8]이 쓰인다. 간단한 계산을 위해 Lucent의 CAC[9]에 적용된 EB 계산식(손실 없이 다중화 시 EB 계산식)[8]을 사용하여 CBR, average VBR(이하 aVBR로 명시), SSCF에 의한 VBR(이하 ssVBR로 명시)의 망 자원 예약 량을 비교하여 SSCF의 효율성을 측정하였다. peak rate로 서비스할 때와 비교하여 SSCF방식의 망 자원 절약능력을 측정하기 위해서는 SSCF방식이 rate(C_j)를 변경시키는 시점에 대한 적분치 비교를 이용한다. 전체 프레임은 40,000개이고, B/C 값(B:스위치 입력큐의 길이, C:스위치 처리 능력)을 5가지로 나누어 측정한 결과는 표 1과 같다.

VBR과 ssVBR의 자원 예약 량을 비교하기 위해 아래와 같은 두 가지 전송 서비스 경우를 고려한다.

- CBR : peak rate 전송, b=peak rate/I
-aVBR : 전송속도 r은 전체 트래픽의 평균 속도 값을 갖고, b값은 그 r값에 대한 최적 속도를 갖는 VBR 서비스

Source \ B/C		0.005	0.01	0.05	0.1	0.5
m_tv	CBR	1257	1257	1257	1257	1257
	ssVBR	1254 1256 1253	1252 1254 1252	1235 1245 1245	1214 1232 1236	1068 1143 1169
	aVBR	1256	1256	1253	1249	1217
news	CBR	949	949	949	949	949
	ssVBR	948 948 946	946 947 945.6	932 936 940	916 930 933	802 862 883
	aVBR	948.6	948	942	935	879
race	CBR	1012	1012	1012	1012	1012
	ssVBR	1010 1011 1009	1009 1010 1008	996 1003 1003	980 994 996	873 926 946
	aVBR	1011	1011	1005	998	947

<표1 B/C 값과 SS값 (순서대로 100, 200, 300)에 대한 망 자원 예약 량 [MB]>

그림 4, 5은 표 1에 의한, race와 m_tv의 EB값을 그래프로 나타낸 것이다. 위 그림과 같이 SSCF를 이용한 VBR방식은 기존의 CBR과 Average VBR 방식에 비해 망 자원이 절약됨을 알 수 있다.

표 2는 Sub-Sum 단위 별 loss rate를 나타낸 것이다. 이 표를 보면 SS를 10-70 사이의 값으로 결정하였을

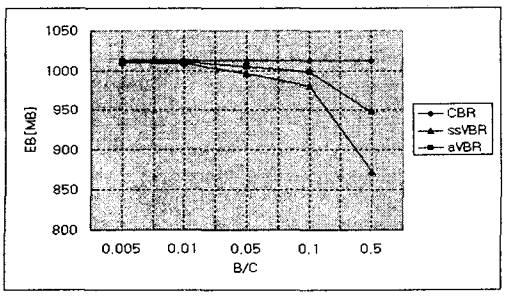

그림 4 (m_tv 소스의 EB값 비교)

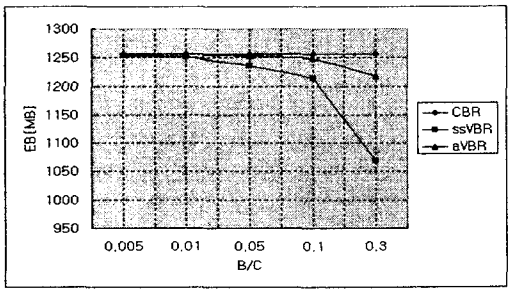

그림 5 (race 소스의 EB값 비교)

SS / Loss(%)	10	30	50	70	100	200
asterix	43	24.2	23.7	0	0	0
movie 1	0	0	0	0	0	0
m_tv	13.2	0.6	0	0	0	0
news	0	0	0	0	0	0
race	0	0	0	0	0	0
atp	0	0	0	0	0	0
kino	0	0	0	0	0	0
fuss	0	0	0	0	0	0
Mr.bean	0	0	0	0	0	0
mtv	35.6	0.06	0	0	0	0
super bowl	47.2	0.58	0	0	0	0
simpsons	0	0	0	0	0	0
talkshow	0	0	0	0	0	0
term	0	0	0	0	0	0
video	0	0	0	0	0	0
soccer	29.3	5.2	0	0	0	0

<표 2 Sub-Sum 단위별 Loss rate(%)>

경우 부분적으로 loss가 일어나는 것을 볼 수 있다. 이와 함께 SS의 크기가 증가함에 따라 loss 또한 현저히 줄어드는 것을 볼 수 있다. 즉 10-70 사이의 프레임 정보는 SSCF를 결정하기에는 부족한 양임을 알 수 있다. 이는 SSCF 자체가 속도 결정 시 통계적 방식에 기반을 둔 확률적인 접근을 함에 기인한다. 즉 다음 SS 까지의 최대 프레임 정보를 가정하고 계산하는 중 부족한 프레임 정보로 인하여, 충분치 못한 buffer를 할당함으로써 loss가 발생한다.

이러한 실험 결과 여타 다른 방식의 CBR과 VBR보다 SSCF가 망 자원을 절약할 수 있으며, SSCF를 만족시키기 위해서는 최소 70프레임이상의 정보가 필요하다는 것을 알 수 있다. 또한 SSCF는 여타 소스에 비해 news 및 토크쇼와 같은 소스에 잘 적용된다.

V. 결론

지금까지 VBR 트래픽 특성화에 관해 나온 많은 결정적 방식의 가장 큰 문제는 계산 오더가 높고, 강제함수를 만들기 위해서는 특정 값으로 정할 수 없는 많은 프레임 정보가 선행되어 필요하다는 문제점을 가지고 있었다. 본 논문에서는 그런 단점을 보완하고자, peak rate로 전송을 시작하므로써, 정교한 admission control function을 간단히 하여 연결시간을 단축시킨다. 처음 SS를 만날 때, 그 전까지의 프레임 정보를 가지고, rate를 변경시키는 시도를 하였다. 그 결과 모든 영상 소스에 특정 프레임 정보 (100프레임 이상)만 가지고 적용이 가능하다는 것을 실험을 통해 알 수 있었다. 또한 SS 단위를 줄임으로써, 실제 프레임 함수에 근접할 수 있지만, Loss가 생기며 자주 rate를 변화시켜야 하는 단점이 동시에 생긴다.

앞으로의 연구방향은 강제함수를 통한 token bucket에 매핑시 buffer에서의 서스펜스 현상을 줄여주며, SS값과 상관없이 적용될 수 있는 강제함수의 연구가 필요하다.

VI. 참고문헌

[1] Dallas E. Wrege, Jorg Liebeherr Video Traffic Characterization for Multimedia Network with a Deterministic Service"

[2] Edward W. Knightly, Hui Zhang "Traffic Characterization and Switch Utilization using a Deterministic Bounding Interval Dependent Traffic Model"

[3] O. Rose "Statistical properties of MPEG video traffic and their impact on traffic modeling in ATM systems"

[4] Puqi Perry Tang, Tsung-Yuan Charles Tai "Network Traffic Characterization using Token Bucket Model"

[5] Edward W. Knightly "H-BIND : A New Approach to Providing Statistical Performance Guarantees to VBR Traffic"

[6] Hui Zhang, Domenico Ferrari "Improving Utilization for Deterministic Service In Multimedia Communication"

[7] W. Melody Moh, Neela Jorapur "Advanced Traffic Policing Mechanisms for VBR Traffic over ATM Networks"

[8] A.Elwalid and D.Mitra, "Effective bandwidth of general Markovian traffic sources and admission control of high speed networks", IEEE/ACM trans. On networking, vol. 1, no.3, pp.329-343, June 1993

[9] Dapeng and H. Jonathan Chao, Effective Bandwidth Allocation and Call Admission Control For VBR Service Using UPC Parameter", Proc. IEEE INFOCOM 99, Vol 3