모바일 VOD 환경에서 에너지 소비를 고려한 효율적인 패칭 기법

정의석*, 최창열*, 최황규*
*강원대학교 컴퓨터학부
e-mail: {eysuk99, cychoi, hkchoi}@kangwon.ac.kr

Power-Efficient Patching Scheme for Mobile VOD Environments

Ey Suk Jung*, Chang Yeol Choi*, Hwang Kyu Choi*
*Dept. of Computer Science & Engineering, Kangwon National University

요 약

무선 환경에서 모바일 기기의 전력소모를 줄이는 것은 매우 중요하다. 특히 VOD 서비스 시 지속적으로 WNIC를 사용하여 전력소모가 많은 것은 VOD 서비스에 큰 제약 조건이 되고 있다. 따라서 제안된 PSBC (Patching Scheme based Bursty Communication) 기법은 VOD 서비스 중 모바일 기기의 전력 소모량을 줄이고, 네트워크가 혼잡상태로 빠질 확률을 줄이기 위해 제안 되었다. 서버의 전송량을 줄이기 위해 패칭 기법을 이용하고, 클라이언트의 전력소모를 줄이기 위해 Bursty communication 기법을 활용하게 된다. 제안된 PSBC 기법은 일반적인 VOD 서비스에 비해 50~80%정도 증가된 sleep-mode로 동작함을 성능분석에서 보인다.

1. 서론

무선 네트워크가 발전함에 따라 우리는 많은 모바일 기기를 사용하며 살아가고 있다. 고속의 데이터 전송속도와 모바일 기기의 컴퓨팅 능력이 향상 될수록 사용자들은 더 많은 서비스를 요구하게 되고 현재 모바일 기기를 이용한 VOD 서비스는 사용자의 요구가 매우 높은 중요 서비스로 부각되고 있다. 하지만 모바일 기기를 통하여 원활한 VOD 서비스를 제공받기 위해서는 몇 가지 제약조건을 해결해야 한다. 1) 유선망에 비해 적은 대역폭, 2) 일반PC에 비해 적은 컴퓨팅 자원, 3) 제한적인 베터리 용량, 이렇게 3가지 주요한 문제를 해결해야만 QoS를 보장할 수 있는 VOD 서비스가 가능하다.

제한적인 배터리 문제가 VOD 서비스에서 문제가 되는 이유는 VOD 서비스가 연속적인 데이터의 흐름이라는 점이다. VOD 서비스는 요청 시점에서부터 요청이 끝나는 시점까지 지속적으로 데이터를 수신하게 된다. 모바일 기기에서 소모하는 배터리의 소모량의 15%정도를 무선 네트워크 카드에서 소모한다는 연구 결과가 있다. 이처럼 전력소모량이 많은 무선 네트워크 카드를 지속적으로 이용하게 된다면 서비스를 이용하는데 배터리 문제는 큰 문제로 작용하게 된다. 따라서 무선 네트워크 카드의 전력소모를 줄이기 위한 연구들이 많이 진행 되고 있다.

본 논문에서 제안된 PSBC 기법은 모바일 기기의 전력소모를 줄이기 위해 Bursty communication 기법[6]을 활용한다. 또한 서버의 전송량을 줄이기 위해 패칭 기법[1], [2]을 활용한다. 이렇게 두 기법을 혼합함으로써 전력소모를 줄이며 VOD 서비스를 가능하도록 하는 것이 PSBC 기법의 목적이다.

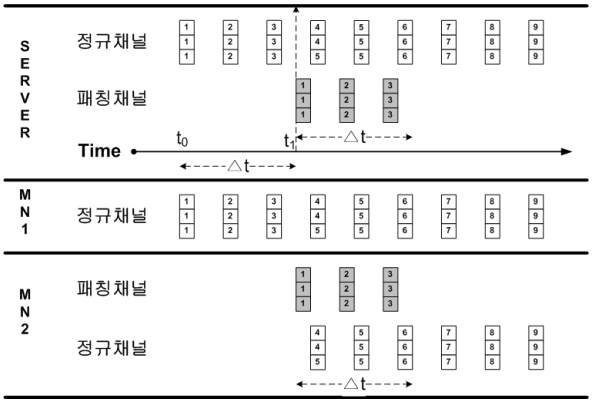
본 논문의 구성은 2장 PSBC 기법, 3장 성능평가 그리고 4장 결론 및 향후 연구과제로 구성되어 있다.

2. PSBC 기법

2.1 서버 전송량

그림 1는 제안된 PSBC 기법의 동작을 나타낸다. 일반적인 패칭 기법처럼 정규채널을 공유하여 서버의 전송량을 줄이는 것은 동일하지만, 데이터를 모아서 한 번에 전송한다는 점이 다르다. 패칭 기법을 적용했을 때 서버의 데이터 전송량을 얼마나 줄일 수 있는지 예를 통해보자. 그림 1에서 시간 t0에 MN1로부터 첫 번째 요청이 들어오면 이때 정규채널을 생성하여 서비스를 시작한다. 그리고 시간 t1 에 MN2의 요청이 들어오면, 서버는 이미 정규채널을 생성하였기 때문에 정규채널을 MN2가 함께 사용한다. 하지만 이미 정규채널을 통해 서비스된 Δt 만큼의 데이터는 패칭 채널을 새롭게 생성하여 서비스한다.

일반적인 Bursty communication과 PSBC 기법에서 두 모바일 기기의 요청에 대해 비교해보자. 그림 1에서 볼 수 있듯이 제안된 PSBC기법은 두 MN의 요청에 대해 R Mbyte + (Δt * bit-rate) 만큼의 데이터를 전송한다. 반면, 일반적인 Bursty communication 기법은 두 MN의 요청에 대해 2R Mbyte를 전송한다. 비디오 길이를 60분으로 가정하고 bit-rate를 1.5Mbps라고 가정했을 때, 일반적인 Bursty communication에서 서버는 2*((60*60*1.5)/8) =



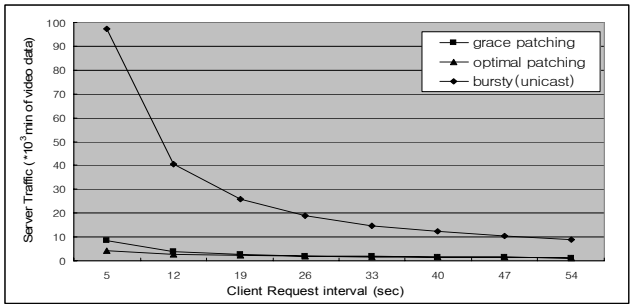
(그림 1. PSBC 기법의 동작)

1350 MByte를 전송한다. 반면 PSBC 기법은 두 번째 클라이언트의 요청 시점에 따라 전송량이 달라지지만 평균적으로 742MByte (675 + ((6*60*1.5)/8))를 전송한다.

수식적인 비교에서 봤을 때 서버의 전송량은 약 50% 감소하였다. 네트워크의 사용량이 증가할수록 네트워크가 혼잡상태로 빠질 확률은 증가하게 된다. PSBC기법은 이처럼 네트워크의 사용량을 줄이게 됨으로써 네트워크의 혼잡상태의 확률을 줄이고 있다.

$$\text{서버대역폭}_{Greedy} = \frac{D_{[0,|v|]}}{|v| + \frac{1}{\lambda}} \times b \qquad (1)$$

식 (1)은 서버의 전송량을 구하기 위해 사용된다. 식 (1)은 Optimal 패칭 기법[1]에서 사용된 식을 그대로 사용하였다.

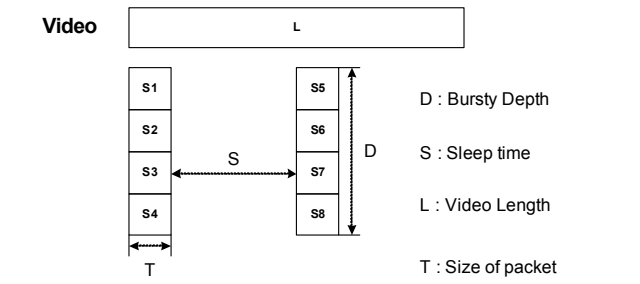


(그림 2. PSBC기법과 일반 bursty기법의 대역폭 비교)

그림 2의 y축은 클라이언트의 요청에 따른 서버의 데이터 전송량, 즉, 서버의 트래픽을 의미한다. x축은 클라이언트의 요청간격을 의미한다. 즉, 정해진 시간 동안 몇 명의 클라이언트가 요청하는지를 의미한다. 그림 3에서 서비스 요청이 가장 빈번한 경우를 비교했을 때 (x = 5), 일반적은 Bursty communication 기법은 총 90 * 60 / 5 개의 채널을 생성하게 된다. 또한 각각의 채널을 통해 데이터를 전송하게 된다. 따라서 총 97200분 분량의 데이터를 전송하게 된다. 반면, 그레이스 패칭 기법과 옵티멀 패칭 기법은 정규채널을 이용하여 채널을 공유하게 된다. 또한 요청일 빈번할수록 패칭 기법의 효율은 증가하게 되어 있다. 그림 2에서 볼 수 있듯이 10배 이상의 서버 전송량 감소를 얻게 된다.

2.2 클라이언트 전력이득

본 절에서는 제안된 기법을 사용했을 때 얻게 되는 전력 이득에 대해 설명한다.



(그림 3. Sleep Time을 구하기 위한 파라미터)

Bursty communicatio는 앞서 설명한 것과 같이 무선 네트워크 카드를 sleep-mode로 동작하는 시간을 증가시킴으로써 전력소모를 줄이게 된다.

그림 3은 sleep-time을 구하기 위한 파라미터를 나타내고 있다. 비디오의 길이 L을 T 사이즈의 여러 개의 세그먼트로 나누고 순간적으로 데이터를 모아서 전송한다. 즉, D는 한번의 bursty 구간에서 몇 개의 세그먼트를 전송할 것인지를 결정한다. S는 전송 후에 무선 네트워크 카드가 sleep-mode로 동작하는 시간을 의미한다. 예를 들어, T가 비디오 1분의 길이이고 D = 5 라면, 한번의 bursty 구간에서 5분의데이터를 전송 받고 이것을 재생하는 5분 동안 WNIC는 sleep-mode로 동작할 수 있다. 하지만 모든 패킷을 소모하기 전에 다시 패킷을 전송받아야 하기 때문에 식 (2)를 만족하는 sleep-time을 가지게 된다.

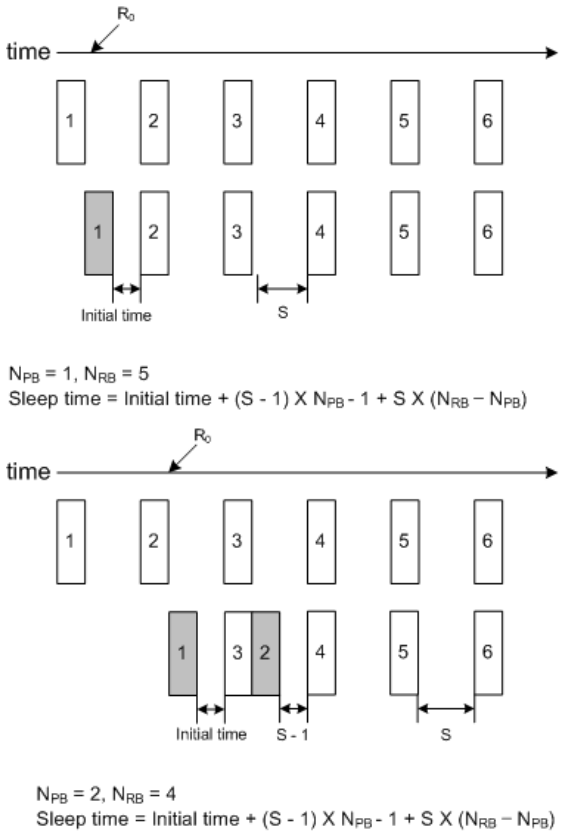
$$SleepTime_{Best} = (D \times T) - T \qquad (2)$$

식 (2)은 각 구간에서 얻을 수 있는 최고의 sleep-time을 의미한다. 예를 들어, 10개의 bursty 구간이 있다면, 9번의 bursty구간에서 식 (2)과 같은 sleep-time 이득을 가질 수 있다.

제안된 기법에서는 패칭 기법을 적용하였다. 이렇게 패칭 기법을 적용하면 동시에 패칭 채널과 정규 채널을 통해 동시에 데이터를 전송 받는 경우가 생긴다. 따라서 전력이득에도 차이가 생긴다.

그림 4는 패칭 기법을 적용했을 때, 전체 sleep-time을 구하기 위한 예를 보여준다. 식 (3)에서 사용되는 N_{PB}는 패칭 채널을 통해 전송되는 횟수를 의미한다. N_{RB}는 정규 채널을 통해 전송되는 횟수를 의미한다.

$$SleepTime = Init + ((S-1) \times N_{PB} - 1) + S(N_{RB} - N_{PB}) \qquad (3)$$



(그림 4. Sleep Time 을 구하기 위한 예)

식 (3)를 통하여 얻을 수 있는 모바일 기기의 전력이득은 3장에서 상세히 설명한다. 다양한 D값의 변화에 따른 전력이득의 차이와 전송기법의 차이에 따라 다양한 변화를 확인할 수 있다.

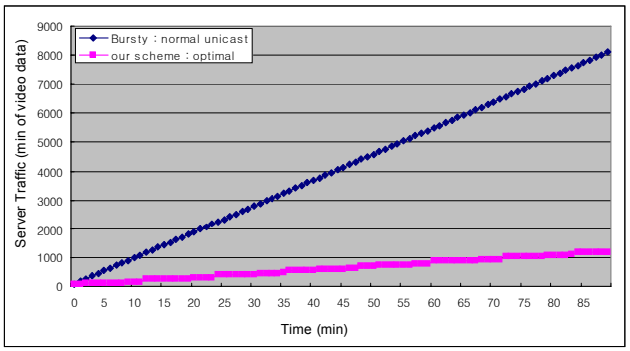
3. 성능평가

<표 1> 성능평가에 사용하는 파라미터

Parameter	Default	Variation
Video length (min)	90	30 ~ 90
Mean client request interval (sec)	60	5 ~ 60
Normal playback rate b (Kbps)	19	N/A
Packet Size T (min of video)	1	N/A
Bursty depth D	5	5 ~ 10

3.1 서버 대역폭

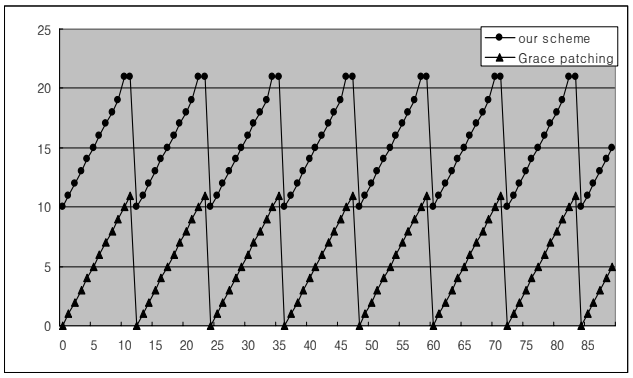
그림 5는 클라이언트가 1분 간격으로 요청했을 때, 서버의 대역폭 요구량을 나타낸다. Bursty communication의 경우 클라이언트의 수에 비례하게 증가하는 반면, Optimal 패칭 기법을 적용한 제안된 기법은 8배 이상의 대역폭 이득을 보여주고 있다. 즉, 서버에서 전송하는 양이 8배만큼 감소하게 되고, 네트워크에서 소화해야할 데이터양도 그만큼 감소하게 된다. 따라서 일반적인 Bursty communication 기법을 사용하는 경우보다 혼잡상태를 일으킬 확률이 감소된다. 즉, 제안된 PSBC 기법은 Bursty communication 기법의 최대 단점인 혼잡상태 유발을 줄이게 된다.



(그림 5. Bursty 기법과 PSBC 기법의 서버 대여폭 비교)

3.2 클라이언트 버퍼 요구량

제안된 PSBC 기법은 클라이언트의 버퍼를 이용하여 서버의 대역폭 요구량을 줄이고, 모바일 기기의 전력소모를 줄인다. bursty communication은 일반적으로 depth에 비례하는 버퍼 요구량을 보인다. 한번의 bursty 구간에 많은 양의 데이터를 전송 받고 그것을 재생하는 동안 무선 네트워크 카드의 전력소모를 줄이는 기법이기 때문이다. 패칭 기법은 패칭 채널을 통해 패칭 스트림을 받으면서, 동시에 정규채널을 통해 정규 스트림을 받아야 한다. 즉, 최소 패칭 스트림의 길이만큼의 버퍼량을 요구하게 된다.



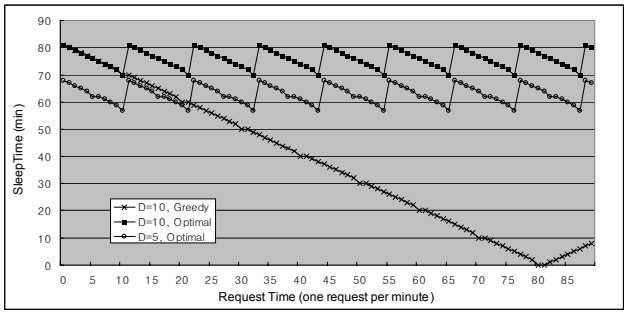
(그림 6. PSBC 기법과 Grace 패칭 기법의 버퍼요구량)

PSBC 기법은 많은양의 데이터를 버퍼에 보관하게 된다. 따라서 일반적인 패칭기법보다 많은 양의 버퍼를 필요로 한다. 수직적으로 계산해봤을 때, PSBC기법은 비디오 길이의 30%정도에 해당하는 버퍼 길이를 요구한다. 하지만 이러한 버퍼요구량을 그동안 제안된 많은 기법들과 비교해 봤을 때, Skyscraper[7] 비디오의 10%, Pyramid[3] 비디오의 75%, pagoda[8] 비디오의 45%, harmonic[9] 비디오의 40%인 점을 비교한다면 실제적용이 가능한 수준의 버퍼요구량이라고 볼 수 있다.

3.3 클라이언트 전력소모량

PSBC의 최대 목적은 모바일 기기의 전력 소모를 줄이는데 있다. 제안된 기법에서 얻게 되는 전력이득은 bursty depth, D값에 의해 결정된다. 802.11b의 무선네트워크 환경에서 클라이언트가 사용할 수 있는 대역폭은 최대

11Mbps이다. 비디오가 MPEG-4, bit-rate 19Kbps 라고 가정했을 때, 성능평가에 사용된 packet size, T값은 비디오 1분의 길이이다. 즉, 60*19.2K = 1140K 이다. 즉, 최대 D는 10값을 가질 수 있다. 따라서 무선 네트워크 카드의 최대 Sleep Time은 10 - 1 = 9 min 이 된다.



(그림 7. PSBC기법의 SleepTime 이득)

그림 7은 Depth에 따른 전력이득을 보여준다. D = 10인 경우, 최대 81 min에서 최소 70 min의 시간 동안 무선 네트워크 카드를 sleep-mode로 동작시킨다. Depth 값을 5로 설정하게 되면 무선 네트워크 카드는 D=10인 경우보다 자주 active-mode 상태로 동작하게 되고 그만큼 전력소모량이 줄어들게 된다. 이 경우 최대 68 min에서 최소 57 min의 시간 동안 무선 네트워크 카드를 sleep-mode로 동작시킨다. 일반적이 VOD 서비스가 무선 네트워크 카드를 지속적으로 active-mode로 동작시키는 것과 달리 제안된 기법은 sleep-mode로 동작하는 시간을 최소 50%~ 80% 증가시킨다.

4. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서 제안한 PSBC 기법은 VOD 서버의 대역폭을 안정시킨 상태에서 모바일 기기의 전력소모량을 줄일 수 있는 기법이다. 즉, 서버의 전송량을 줄이기 위해 패칭 기법을 이용하고, 클라이언트의 전력소모를 줄이기 위해 bursty communication 기법을 활용하였다.

성능평가에서 PSBC 기법은 일반적인 VOD 서비스에 비해 50~80% 정도 증가된 sleep-mode로 동작함을 보였다. 이는 패킷을 전송할 때 발생하는 전송지연시간, 무선 네트워크 카드의 mode 변경 지연시간 등은 고려되지 않은 결과이다. 성능 실험에서 이와 같은 내용이 반영될 수 없는 이유는 전송지연시간의 경우 네트워크의 특징에 따라 달라지기 때문이다. 또한 무선 네트워크 카드의 mode 변경 지연시간 또한 기기의 특성에 따라 매우 다양하다. 따라서 제안된 기법이 실제 시스템에 적용될 때 고려해야 되어야 할 사항들이다. 또한 PSBC 기법은 기존의 패칭 기법의 비해 평균적으로 2배의 버퍼 요구량을 갖는다. 하지만 메모리와 베터리의 비용차이, 기술적인 문제, 모바일 기기의 제약조건(무게, 크기)을 생각해본다면, 메모리 공간을 활용하여 배터리 소모를 줄일 수 있는 방법이 더욱 효율적일 것이다.

참고 문헌

[1] K.A. Hua, Y. Cai, and S. Sheu. : Patching: A multicast technique for true video-on-Demand services, ACM Mutimedia'98, pp.191 - 200, Bristol, UK, 1998.

[2] Y. Cai, K. A. Hua, and K. Vu : Optimizing patching performance.In Proc. of SPIE's Conf. on Multimedia Computing and Networking (MMCN'99), pages 204 - 216, San Jose, CA, USA, January 1999.

[3] S. Viswanathan and T. Imielinski. : Metropolitan area video-ondemand service using pyramid broadcasting. ACM multimedia systems Journal, 4(4):179-208, August 1996.

[4] L. Juhn and L. Tseng. : Fast data broadcasting and receiving scheme for popular video service. IEEE transaction on Consumer Electronics, 48(1):41-48, 2002.

[5] G. Anastasi, M. Conti, E. Gregori, A. Passarella, L. Pelusi, : Power-Aware Multimedia Streaming Protocol for MobileUsers. roceedings of the IEEE International Conference on Pervasive Services (ICPS 2005), Santorini (Greece), July 11-14, 2005.

[6] J. Korhonen and Y. Wang. Power-Efficient Streaming for Mobile Terminals, International Workshop on Network and Operating System Support for Digital Audio and Video , 2005.

[7] K.A. Hua, Y. Cai, and S. Sheu, Skyscraper Brodcasting: A new Broadcasting Scheme for Metropolitan Video-On-Demand Systems, In Proc. of the ACM SIGCOMM'97,pages 89-100,Cannes, France, September 1997.

[8] J.F.Paris, S.W.Carter, and D.D.E.Long. A hybrid broadcating protocol for video on demand. In ACM/SPIE Conference on Multimedia Computing and Networking, 1999.

[9] L. Juhn and L.Tseng. Harmonic broadcasting for video-on-demand service. IEEE Transactions on Broadcasting, 44(1):100-105, 1998.