

Dynamic Client Buffer를 이용한 결합형 Video-on-Demand 서비스

조성민, 김용훈, 김태수, 박승권
한양대학교 전자통신컴퓨터공학과

Hybrid Video-on-Demand Service Using Dynamic Client Buffer

Joe, Seong-Min, Kim, Yong-Hoon, Kim, Tae-Soo, Park, Sung-Kwon
Hanyang University

E-mail : smjoe@korea.com, lovelygnsl@hanyang.ac.kr, tsfly@hanyang.ac.kr, sp2996@hanyang.ac.kr

요 약

VoD (Video-on-Demand) 서비스는 가입자가 원하는 콘텐츠를 실시간으로 전송하는 서비스의 형태이다. 오늘날은 방대한 양의 멀티미디어 데이터를 효율적으로 압축하고 보다 빠르게 전송할 수 있는 시스템의 발달이 가속화되고 있고 이는 VoD 서비스의 증가로도 이어지고 있다. 그러므로 가입자가 원하는 콘텐츠를 보다 효과적으로 제공할 수 있는 VoD 서비스의 방법을 찾는 것은 중요한 일이다. 본 논문에서는 기존의 NVoD (Near-VoD) 서비스 또는 TVoD (True-VoD) 서비스 만을 제공함으로써 생길 수 있는 단점을 없애고 장점만을 살릴 수 있는 방법을 제안하였다. 이는 기존의 가입자단에 Buffer를 제공하여 NVoD를 TVoD화 함으로서 가능하게 하였다. 또한, 본 논문에서 제안한 방법에 필요한 버퍼의 크기를 제시하고 전체적인 알고리즘을 제시하여 이를 구체화 하였다.

Key words : VoD, TVoD, NVoD, RVoD, Multicast, Unicast

1. 서론

디지털 신호처리 및 데이터 압축 기술의 발전과 더불어 광대역 전송 시스템의 발전은 주문형 비디오(VoD: Video-on-Demand)와 같은 실시간 서비스를 가능하게 하였다. VoD는 시청자가 대형의 비디오 서버에 저장되어 있는 비디오 프로그램을 선택하

여 네트워크를 통하여 시청이 가능한 시스템을 말한다. 비디오 프로그램은 동영상, 음성 등의 대용량 데이터의 집합체로써 압축 이후에도 많은 데이터를 전송해야 하므로, 이를 네트워크를 통해 전송할 경우 대단히 큰 채널 대역폭이 필요하다. 따라서 채널 대역폭을 확보하기 위해서 적지 않은

비용이 소요되므로 채널 대역폭의 효율적 활용이 필요하다.

비디오를 전송하는 방식에 따라 VoD는 실시간 주문형 비디오 (TVoD: True-VoD) [1]와 유사 주문형 비디오(NVoD: Near-VoD) [2, 3]로 크게 분류된다.

TVoD는 시청자가 원하는 시간에 원하는 프로그램을 선택하여 시청할 수 있는 방식으로 빨리 돌리기, 되돌리기, 정지, 다시보기 등의 VCR(Video Cassette Recorders)과 같은 기능을 제공하는 대화형 서비스이다. 위와 같은 대화형 서비스로서의 장점을 지니고 있지만, 가장 큰 단점으로 각 시청자가 비디오 서버에서부터 시청자단까지 전송채널을 점유하기 때문에 서비스의 제공에 많은 대역폭이 필요하고 따라서 많은 비용이 소요된다.

반면 NVoD는 대화형 서비스 기능과 시청자의 대기시간을 희생하는 대신, 하나의 비디오 프로그램을 여러 개의 방송채널을 통하여 순차적으로 반복하는 방식이다. 즉, NVoD는 하나의 비디오 채널을 이용하여 다수의 시청자들이 동시에 비디오를 시청할 수 있도록 하여 좁은 대역폭 사용으로 시스템 비용을 획기적으로 줄였다. NVoD는 TVoD에 비해 현저히 적은 채널을 필요로 하지만 많은 시청자들이 요청한 비디오를 즉시 볼 수 없다는 단점이 있다.

지금까지 NVoD의 성능개선을 위해 많은 연구가 진행되어 왔으며, 이 연구는 크게 피라미드(Pyramid) 방식 [2, 4]과 하모닉(Harmonic) 방식 [5, 6]으로 분류된다. 이 두 가지 방식은 비디오 데이터의 분할과 시청자단의 저장장치를 이용한 방식이다. 피라미드 방식은 데이터의 크기가 증가하도록 분할하고 분할된 데이터를 동일한 대역폭을 가진 채널들을 이용하여 전송하는 방식이다. 하모닉 방식은 데이터의 크기가 동일하도록 분할하고 분할된 데이터를 전송할 때 채널의 대역폭을 감소시키는 방식이다. 이 방식들은 데이터의 분할을 이용하여 채널대역폭의 효율을 높이거나 혹은 시청자의 대기시간을 줄였으나 시스템의 복잡성을 매

우 증가시키는 원인이 되었다.

그래서 최근에는 NVoD와 TVoD의 장점을 결합을 통하여 TVoD를 구현하면서 고적적인 방식에 비해 대역폭의 효율을 높이는 방식들이 제안되었다. 그 중 하나인 Double-Rate batching [7]방식은 NVoD와 TVoD를 결합한 방식으로, 해당 비디오가 이미 NVoD로 서비스 되고 있을 경우 사용할 수 있다. 사용자의 비디오 시청 요구가 있을 경우 우선 시스템은 TVoD를 이용하여 서비스한다. 이때 사용하는 TVoD는 NVoD에서의 비디오 전송속도보다 2배 빠른 속도로 비디오를 전송한다. 따라서 TVoD의 비디오 데이터는 일정 시간이 흐른 후에 앞서 NVoD에서 서비스되었던 비디오 데이터와 일치하게 되며 이때 TVoD는 해제되고 시청자는 NVoD를 이용하여 계속해서 비디오를 시청하게 된다. [7] 이 방식을 이용하면 고전적인 TVoD 방식에 비해서 매우 많은 대역폭을 줄일 수 있다.

본 논문에서는 가입자단에 버퍼를 사용하여 NVoD를 TVoD 형태로 사용하는 방법에 대하여 제안한다. NVoD의 경우 일정한 시간의 간격으로 비디오를 전송하게 된다. 이 일정한 시간 동안의 비디오 데이터를 가입자단에서 미리 전송 받아 저장한다. 가입자가 서비스를 선택함과 동시에 미리 저장된 비디오 데이터를 시청하고 버퍼에서는 일정시간 이후의 데이터를 저장을 시작한다. 이와 같은 방법을 사용하면 NVoD를 TVoD 형태로 사용이 가능하며 대역폭은 NVoD와 동일하게 사용할 수 있다.

본 논문의 구성은 2장에선 NVoD의 기본개념과 NVoD를 TVoD 혹은 RVoD 형태로 전환하는 방식에 대해 알아보고 3장에서 결론을 맺는 것으로 하겠다.

2. 본론

I. NVoD의 기본 개념

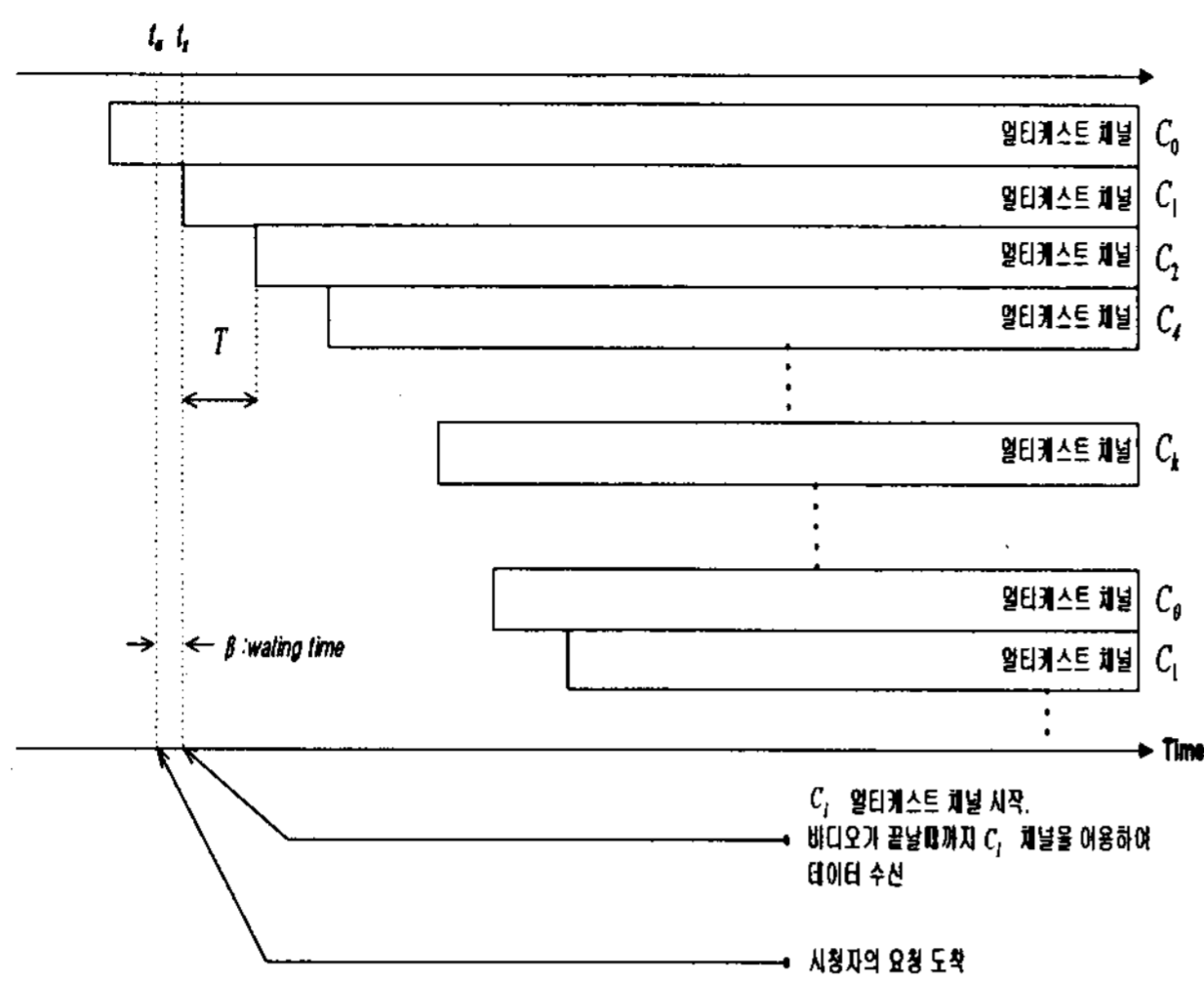


그림 1. NVoD의 데이터 전송

Staggered Broadcasting [1]은 현재 널리 사용되고 있으며, 일반적으로 알려진 NVoD 방식이다. 이 방식에서는 비디오 프로그램을 일정한 주기(T)를 가지고 반복적으로 전송하여 다수의 가입자가 동시에 비디오를 시청할 수 있도록 하는 방식이다. 즉, 시청자가 비디오 시청을 요구한 시간 t_0 로부터 가장 빠른 시간 내의 다음 멀티캐스트 채널이 시작 되는 시간 t_1 까지의 시간인 β 이후에 비디오 시청을 시작 할 수 있다. 모든 시청자는 비디오 프로그램이 전송이 시작되는 시간까지 기다린 이후에 시청을 할 수 있는 단점이 존재 한다. 예를 들어 멀티미디어 데이터의 전송을 위해 $k+1$ 개 멀티캐스트($C_0, C_1, C_2, \dots, C_k$) 채널이 할당되어 있고, 멀티미디어 데이터가 m 분 상영시간의 비디오 데이터인 경우, 멀티미디어 데이터는 각 채널로 각각 T(즉, m/k 분)씩 간격을 두어 전송될 수 있다. 즉, 10개의 채널에 대해 90분 상영 시간을 가지는 비디오 데이터를 전송하고자 할 때, T를 10분으로 지정함으로 각 채널로 10분씩의 간격으로 멀티미디어 비디오 데이터를 전송할 수 있고, 시청자는 평균 5분의 기다리는 시간 필요하다는 단점이 존재한다.

II. RVoD 또는 TVoD 로 변환

일반적으로 인기 있는 비디오의 경우 매우 많은 가입자가 동시에 시청을 요구할 수 있으므로 기존의 TVoD로 서비스하기에는 엄청난 대역폭이 필요하다. 따라서 일반적으로 인기 있는 비디오는 NVoD로 서비스하는 것이 대역폭 측면에서 매우 효율적이다.

본 논문에서는 기존의 NVoD 방식과 같은 대역폭을 이용하여 RVoD 또는 TVoD 서비스를 제공하기 위하여 NVoD와 가입자 장비의 저장장치를 사용하는 방식을 채택 하였다. 특히, 제안한 방식은 가입자의 선호도가 높은 비디오 프로그램을 전송하기에 적합한 방식이다.

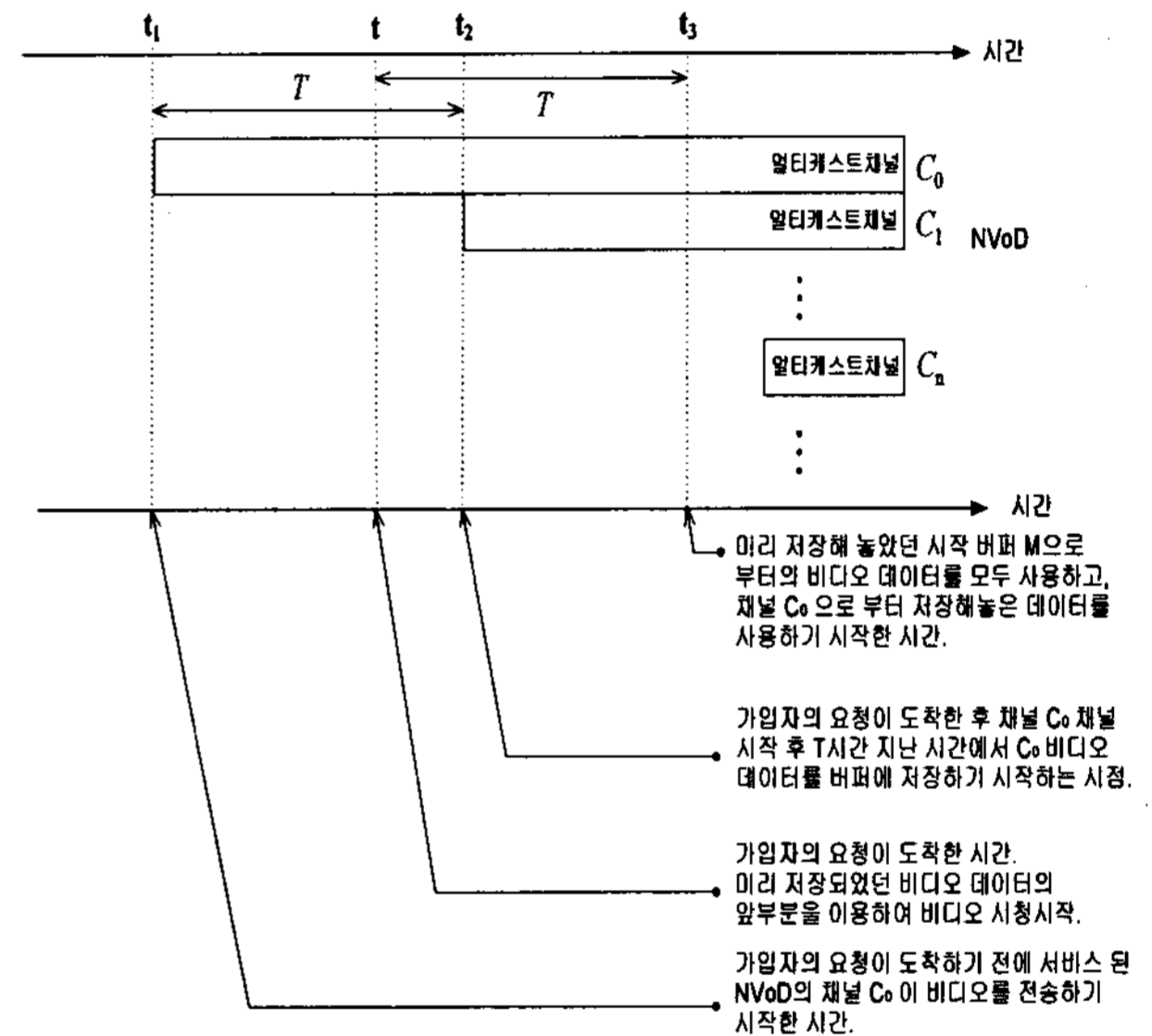


그림 2. Buffer를 이용한 데이터 전송

제안하는 방법은 다음과 같은 과정을 통해 실현될 수 있다. NVoD를 RVoD 또는 TVoD 와 같은 성능으로 전송하기 위해선 다음과 같은 가정이 필요하다. 첫째, 비디오 전송 방식은 NVoD를 사용하여 가입자 장치까지 비디오를 전송한다. 둘째, 전송 단계선 미리 지정된 시간 T간격으로 멀티미디어 데이터를 복수의 채널을 이용하여 개별적으로 전송을 한다. 셋째, 가입자 저장장치에선 복수의 채널로 전송되는 멀티미디어 데이터 중 처음부터 미리 설정된 M크기의 버퍼에 시작 데이터를 수신

하여 저장할 수 있으며, 사용자의 요청시 출력 가능해야 한다. 넷째, 일정 시간 이후의 데이터는 멀티미디어 데이터 서버로부터 실시간으로 수신하여 가입자 장비의 버퍼에 저장할 수 있어야 한다.

위와 같은 가정하에 다음과 같은 프로세스를 거쳐 전송을 하면 NVoD를 RVoD 또는 TVoD 와 같은 성능으로 전송이 가능하다.

그림2에서 t 는 가입자의 시청 요청이 도착한 시간을 나타낸다. 또한 t_1 은 멀티미디어 서버가 채널 C_0 를 이용하여 비디오 데이터를 전송하기 시작하는 시간이고, t_2 는 멀티미디어 서버가 채널 C_1 을 이용하여 비디오 데이터를 전송하기 시작하는 시간이다. T (즉, $T = (t_2 - t_1)$) 는 멀티미디어 서버에서의 멀티미디어 비디오 데이터 전송 주기이다. 전송 방법은 다음과 같은 과정에 따라 이루어진다.

- ① 주문형 멀티미디어 데이터에 대한 시청 요청 t
- ② 가입자 장비의 시작 데이터 버퍼에 미리 저장된 시작 데이터의 출력을 개시한다.
- ③ 가입자 장비의 버퍼에 $t_2 = (t_1 + T)$ 시간부터 $t_3 = (t + T)$ 까지 미리 저장된 시작 데이터 버퍼에 연속된 데이터를 저장 한다.
- ④ 미리 저장된 시작 데이터가 모두 출력되는 시간인 t_3 에서 ③에서 저장된 데이터의 출력을 시작한다.
- ⑤ 또한 ④과 동시에 t_3 시점에서 시작 데이터 버퍼의 데이터를 폐기한다.
- ⑥ 또한 ④와 동시에 t_3 부터 ③에서 저장된 데이터와 연속된 데이터를 저장을 시작한다.

위와 같은 과정을 필요한 주문형 멀티미디어 데이터가 종결될 때까지 반복적으로 수행한다. 이와 같이 연속적인 과정을 NVoD의 방식으로 비디오 데이터를 전송하는 멀티미디어 서버를 이용하여 RVoD 또는 TVoD 방식을 사용하는 것과 같이 사용자의 비디오 시청 요청에 지체 없이 해당 비디오 데이터를 출력할 수 있는 효과를 얻을 수 있다.

위에서 제안한 방법은 NVoD를 RVoD 또는 TVoD로 변환함에 있어 가장 중요한 요소는 가입자단 장치의 버퍼의 사용에 있다. 무한정으로 버퍼를 사용할 수 있다면 좋겠지만 현실적으로 버퍼를 무한정으로 사용할 수는 없다. 따라서 버퍼 재사용의 법칙을 유도할 수 있다.

우선적으로 사용된 버퍼는 어떠한 시간 즉 처음 저장된 데이터의 출력이 종료됨과 동시에 저장된 데이터를 폐기하고 연속된 데이터를 저장함으로써 재사용이 가능하다. NVoD형태의 모든 주문형 멀티미디어 데이터는 일정한 T 시간으로 n 개의 채널로 상영된다.

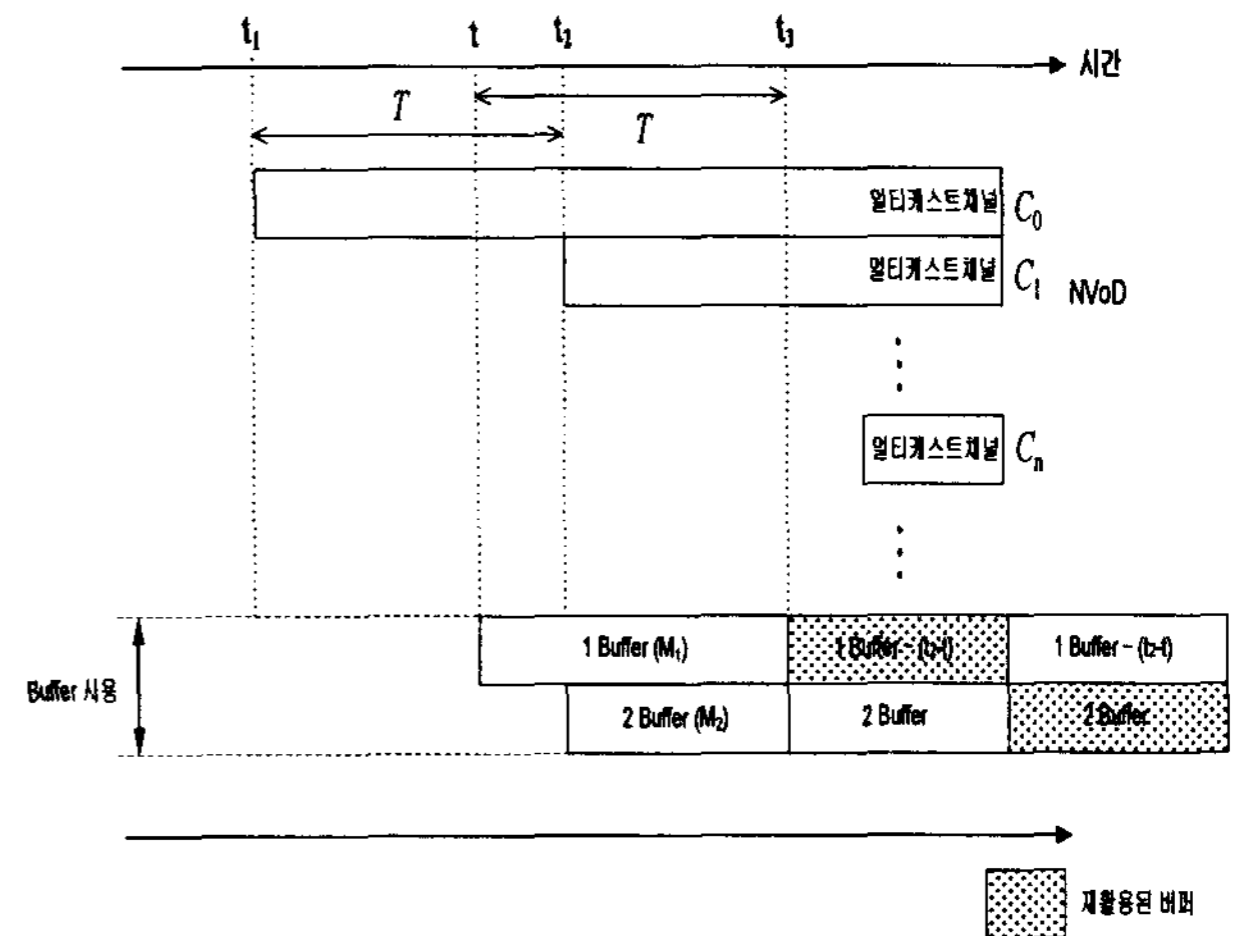


그림 3. Buffer의 재 사용

그림3의 버퍼 부분에서 가입자의 시청이 요구되는 t 시간에 미리 저장된 시작 데이터 버퍼 1 Buffer를 출력한다. 이 시작 데이터 버퍼는 가입자의 시청 요구가 있기 전에 저장되어 있어야만 한다. 저장 가능한 가입자 단의 필요한 버퍼를 M_1 , M_2 라 한다면, 가입자의 시청요구가 되는 시간인 t 시간에는 C_0 멀티캐스트 채널의 비디오 데이터는 일정시간 지나간 상태이므로 M_1 버퍼에 저장된 데이터를 출력한다. 그리고 C_0 멀티캐스트 채널의 비디오 데이터가 출력을 시작한지 t_2 되는 시점에서 M_1 버퍼에 이어서 출력될 데이터를 M_2 에 저장하기 시작한다. 미리 저장된 시작 데이터 버

퍼의 데이터가 종료 시점에서 버퍼 M_2 에 저장된 비디오 데이터를 출력하고 M_1 의 데이터는 폐기와 동시에 M_2 버퍼에 이어서 전송될 데이터를 C_0 멀티캐스트 채널에서 전송 받아 저장을 한다. 이러한 방법으로 비디오 데이터의 마지막까지 반복적으로 수행하게 된다. 위에서 제안한 방법에 따르면 다음과 같은 수식을 도출 할 수 있다.

$$\begin{aligned} M_1 &\geq T \\ M_2 &= T - (t - t_2) \end{aligned} \quad (1)$$

여기서 M_1 은 시작 버퍼의 크기, M_2 는 시작 이후의 버퍼의 크기 그리고 T 는 재생 간격을 나타낸다. T 시간 간격으로 멀티미디어 데이터가 각 멀티캐스트 채널로 전송 되기 때문에 버퍼의 크기의 경우는 T 시간 이상의 버퍼가 필요하다. 사용자측 버퍼를 이용하여 저장수단의 효율성을 높이기 위해 버퍼에서 출력된 비디오 데이터가 출력이 완료된 시점 또는 지정된 시간 간격마다 버퍼의 데이터를 폐기하고, 폐기된 공간이 새로이 수신되는 연속 데이터를 저장할 수 있게 한다. 따라서 연속 데이터의 저장을 위한 버퍼의 크기는 M_2 와 같고 또한 연속적인 버퍼의 재사용으로 버퍼를 효율적으로 재 사용할 수 있다. 한 개의 멀티미디어 비디오 데이터를 RVoD 혹은 TVoD와 같은 형태로 전송하기 위해서 필요한 최소 버퍼의 크기는 다음과 같다.

$$M_{total_one_channel} \geq 2T - (t - t_2) \quad (2)$$

일반적으로 여러 개의 인기 있는 비디오에 대해 위와 같은 방식을 적용한다면, 가입자 장치는 다음과 같은 버퍼의 크기를 보유해야 한다.

$$\begin{aligned} M_{total_many_channel} &\geq (K+1)T - (t - t_2) \\ K &= Total_Channel_Number \end{aligned} \quad (3)$$

모든 방송에 따른 채널에 대한 시작 데이터를 저장하여 시청자가 요구할 때 즉각적으로 전송을 할 수 있고, 그 이후의 데이터에 대해선 출력을 시작함과 동시에 저장함으로 위와 같은 수식을 얻을 수 있다.

위와 같은 과정을 다음과 같은 흐름도로 작성 할 수 있다. 아래 흐름도에서 P 는 미리 정해져 있는 일정한 시간을 이야기 한다. 이 시간은 비디오 시청을 요청한 시간이 다음 채널의 방송 시간에 어느 정도 근접해 있는가를 이야기 한다. 만약 다음 채널까지의 대기 시간이 짧다면 저장된 버퍼의 데이터를 출력하는 것 보다. 다음 채널의 데이터를 수신하는 것이 더욱 효과적이기 때문이다.

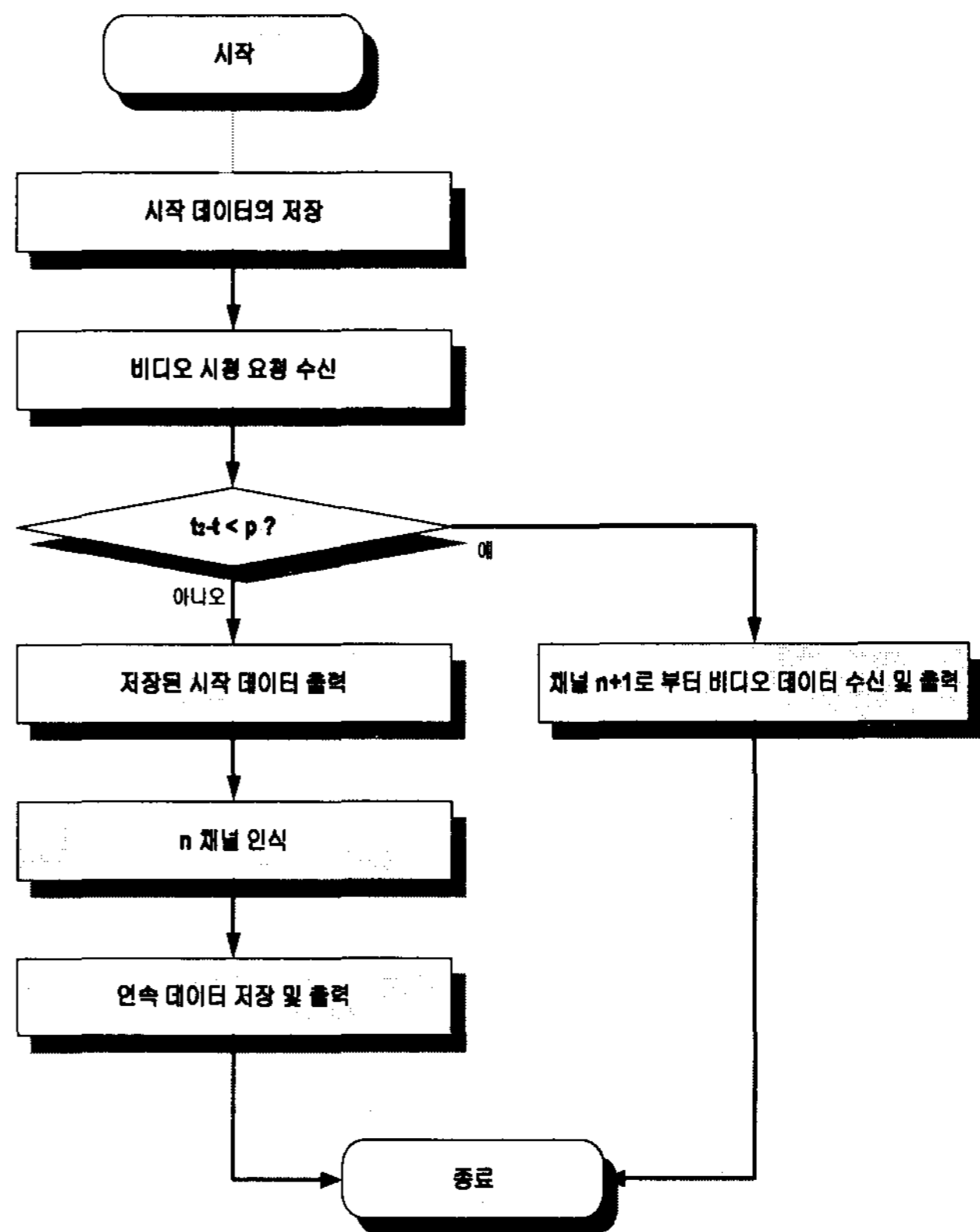


그림 4. 제안된 서비스의 전체적인 흐름도

3. 결론

본 논문은 가입자단 수신기에 일정 시간의 멀티미디어 비디오 데이터를 저장 할 수 있도록 하여 NVoD 방식을 TVoD 혹은 RVoD 형태로 변환하는

방식에 대해서 제안 하였다. 대역폭을 효율적으로 사용하는 기존의 NVoD 방식의 장점을 활용하면서 NVoD의 단점인 사용자의 기다리는 시간을 줄이기 위해 가입자단에 버퍼를 사용하므로 TVoD 혹은 RVoD와 같은 성능을 도출 할 수 있었다. 이 방식의 장점은 기존의 NVoD 방식을 변화 시키지 않고 가입자 단의 수신기에 버퍼를 제공함으로써 가능했다. 또한 수신기의 버퍼는 모든 멀티미디어 비디오 데이터를 저장 하는 것이 아니라 일정 시간의 데이터를 저장하고 폐기하는 것을 반복 한다. 또한 버퍼를 재 사용함으로써 효율성을 극대화 할 수 있다.

제안된 방식은 가입자단 수신기에 버퍼를 제공하고 단말기가 일정한 멀티미디어 데이터를 저장 하고 있어야 한다는 단점이 있다. 그러나 주어진 대역폭 상에 더 많은 가입자 들에게 TVoD 혹은 RVoD 형태로 서비스를 제공 할 수 있다는 큰 장점을 지니고 있어 현 생활에 더 유용한 VoD 서비스를 제공할 수 있다.

[참고문헌]

- [1] D. Deloddere, W. Verbiest, and H. Verhille, "Interactive video on demand," *IEEE Communication Magazine*, vol. 32, pp. 82-88, May 1994.
- [2] S. Viswanathan and T. Imielinski. "Pyramid Broadcasting for video on demand service," *In IEEE Multimedia Computing and Networking Conference*, Vol. 2417, San Jose, California, pp 66-77, 1995.
- [3] Sukwon Lee, Kyungjin Seo, Sungkwon Park, "Improving Channel Efficiency for Popular Video Service Using Dynamic Channel Broadcasting," *IEICE Transaction on Communications*, vol. E87-B, no.10, pp. 3068-3075, October. 2004.
- [4] D. L. Eager and M. K. Vernon, "Dynamic skyscraper broadcasts for video on demand," *MIS'98, Istanbul, Turkey*, pp. 18-32, Sep. 1998.

- [5] L. S. Juhn, L. M. Tseng, "Harmonic broadcasting for video on demand service," *IEEE Transactions on Broadcasting*, vol. 43, pp. 268-271, Sep. 1997.
- [6] K. C. Almeroth and M. H. Ammar, "The use of multicast delivery to provide a scalable and interactive video on demand service," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 14, pp. 1110-1122, Aug. 1996.
- [7] W. F. Poon, J. Feng, "Batching policy for video-on-demand in multicast environment," *Electronics Letters*, Vol. 36, pp. 1329 -1330, 20 July 2000.

* 서울시 산학연 협력사업 Seoul R&BD Program

(Seoul Research and Business Development Program)