

# 광대역통합망에서 다양한 단말환경에 대한 효과적인 NVOD 서비스<sup>1)</sup>

정민성, 박호현  
중앙대학교 전자전기공학부  
e-mail: [minsung@infosoft.cau.ac.kr](mailto:minsung@infosoft.cau.ac.kr)

## An Efficient NVOD Service for Various Client Environments in BcN

Min-Sung Jung, Ho-Hyun Park  
School of Electrical and Electronics Engineering, Chung-Ang  
University

### 요 약

최근 네트워크 환경은 광대역화 되고 있고, VOD 서비스를 제공받는 사용자의 단말기들은 용도나 취향에 따라 다양화 되고 있다. 기존의 NVOD 서비스들은 단말기에 일정 저장 공간을 요구하거나 단말기의 네트워크 전송률은 고려하지 않았다. 본 논문에서는 광대역통합망에서 다양한 단말기의 저장 공간과 네트워크 전송률에 따라 적응가능한 NVOD 서비스방법을 제안한다. 따라서 제안된 방법을 이용해서 필요에 따라 다양한 환경의 단말기를 개발할 수 있고, 모든 단말환경에 적용할 수 있기 때문에 활용도가 매우 높을 것으로 기대된다.

### 1. 서론

지난 수년간 네트워크 환경은 HFC, xDSL, FTT H과 같이 빠른 전송속도를 갖게 되었다. 국내의 광대역통합망(BcN)으로 네트워크 대역폭은 광대역화 되어가고 있고 해외에서도 마찬가지로 광대역의 차세대 네트워크망이 갖춰지고 있는 추세이다. 또한 다양한 사용자의 환경에 따라 802.11, 위성방송, DM B, WiBro 등 다양한 무선 환경이 생겨나고 발전하고 있다. 따라서 이동성이 요구되는 소형단말들과 기존의 PC, TV 등 고성능의 단말들이 공존하고 있다. 하지만 아무리 네트워크가 광대역화 된다고 인기 있는 비디오를 동시에 수십만 또는 수백만 명에게 RVOD로 서비스하기에는 한계가 있기 때문에 이 경우 NVOD서비스를 해야 한다. 기존에 연구 되어 왔던 NVOD방법들은 단말에 많은 저장 공간을 요구하거나, 서버에 큰 네트워크 대역폭을 사용하게 한다. 또한 기존의 방법들은 소형화되고 저장 공간이 적은 단말에서는 사용 불가능 하다. 따라서 BcN과

같이 다양한 단말환경이 공존하는 네트워크 환경에 적용할 수 있는 새로운 NVOD서비스 방법의 개발은 필수적이다.

### 2. 관련 연구

#### 가. Staggered Broadcasting[1]

RVOD는 사용자의 요청에 따라 엄청난 서버의 대역폭을 요구하기 때문에 이런 단점을 개선하기 위해 많은 NVOD서비스 방법들이 생각되었다 그중에서 전통적으로 많이 이용되고 있는 NVOD서비스 방법은 Staggered Broadcasting이다. 이 방법은 전체 비디오를 일정한 간격을 두고 여러 채널을 통해 전송하여 다수의 가입자가 동시에 비디오를 시청할 수 있도록 하는 방법이다. 예를 들어 120분 길이의 비디오를 12개의 채널을 통해 전송하면 각 채널의 시간 간격은 10분이 되므로 대기시간(Access latency)은 10분이 된다. 이 방법의 장점은 단말기에 저장공간이 필요 없다는 점이고 단점은 서버의 대역폭에 비해 너무 큰 대기시간을 갖는다는 점이다.

#### 나. Pyramid Broadcasting(PB)[2]

이 방법은 비디오 데이터를 분할해서 전송한 최초의 방법이다. 비디오 데이터를 여러 부분으로 분할하고 여러

1) 본 연구는 한국전산원의 광대역통합연구개발망 활용 연구 및 시범과제를 통해 지원 받았습니다.

채널을 이용하여 분할된 데이터를 전송한다. 만약 비디오를  $k$ 개로 분할하였다면  $k$ 개의 채널이 필요하게 된다. 데이터조각의 크기는  $\alpha^i$ ( $i=1, 2, 3, \dots, k$ )이고  $\alpha \geq 1$ 이다.  $\alpha$ 를 2라고 하면 1, 2, 4, 8, 16, 32...의 비율로 데이터를 분할하고  $k$ 개의 채널에 각 데이터 조각들은 반복하여 전송한다. 사용자는 각 채널을 순서대로 이동해 가면서 전송 받는다. 예를 들어 120분 길이의 비디오를 12b(b:비디오의 재생 비트율)의 채널로 전송할 경우 대기시간은 1분 이내로 줄어들게 된다. 이는 staggered broadcasting에 비해 90% 이상의 대기시간 감소효과를 나타내는 것이다. 이 말은 바꿔 생각하면 같은 대기시간을 가질 경우 상당히 작은 대역이 필요하다는 말이 될 수 있다. 하지만 비디오의 50%이상을 저장할 수 있는 저장공간이 필요하다는 것이 큰 단점이다. 그리고 단말은  $2\alpha b$ 의 대역폭을 필요로 한다.

#### 다. Skyscraper Broadcasting(SB)[3]

이 방법의 특징은 제한된 저장 공간을 갖는 단말이 있는 환경에서 사용가능하다는 점이다. 이 방법은 Pyramid Broadcasting과 같이 비디오 데이터를 분할해서 여러 채널을 통해 전송을 하지만 {1, 2, 2, 5, 5, 12, 12, 25, 25, 52, 52...}의 비율로 비디오 데이터를 분할함으로써 서버 대역폭 효율을 높였고 가장 큰 조각의 크기를 정해서 그 크기 이상 증가하지 않게 분할하는 방법이다. 그리고 단말의 네트워크 대역폭은  $2b$ 만을 필요로 한다. 이 방법은 채널의 효율이 낮으며 단말의 네트워크 대역폭이 높아질 경우 더욱 효율이 낮아진다.

#### 라. Harmonic Broadcasting(HB)[4]

이 방법은 비디오 데이터를 균등하게 분할하고 처음부터 동시에 모든 조각들을 다운로드받는다. 뒷조각들은 자신이 재생되기 전까지만 다운로드되면 되기 때문에  $i$ 번째 조각은  $\frac{1}{i}b$ 의 대역폭으로 전송된다. 이 방법은 서버측 면에서 좋은 효율을 보여주지만 단말에서 모든 채널의 데이터를 동시에 다운로드받아야 하기 때문에 제한된 대역폭을 갖는 단말에서는 사용이 불가능 하다. 또한 비디오의 길이가 길수록 논리채널의 수가 엄청나게 증가하기 때문에 시스템의 복잡도가 너무 커진다는 단점이 있다.

#### 마. Fast Broadcasting(FB)[5]

이 방법은 비디오 데이터를 동일한 크기로 자른 후 각 채널에  $2^n-1$ 개의 분할을 전송한다. 예를 들어 첫 번째 채널에는 하나의 첫 번째 분할, 두 번째 채널에는 그 다음 두 개의 분할을 주기적으로 전송한다. 그리고 단말은 모든 채널에서 동시에 전송을 받는다. 위의 어떤 방법들

보다 채널에 담기는 데이터양이 뒷 채널로 갈수록 크게 증가하기 때문에 적은 채널을 통해 서비스가 가능하다. 이 방법 역시 단말의 저장 공간과 네트워크 대역폭이 제한이 없을 경우에만 사용 가능하기 때문에 다양한 단말 환경에서는 사용하기에는 적절하지 못하다.

#### 바. Fibonacci Pyramid Broadcasting(FPB)[6]

이 방법은 Skyscraper broadcasting과 같이 단말은  $2b$ 의 네트워크 대역폭을 갖고 있지만 보다 나은 분할 방법을 제시한다. 비디오 데이터를 {1, 2, 3, 5, 8, 13, 21...}로 fibonacci수열의 비율로 분할한다. Skyscraper broadcasting보다 수열이 더 빠르게 증가하기 때문에 같은 길이의 비디오를 더 적은 수의 채널을 통해 제공할 수 있다. 하지만 이 방법은 3번째 이후의 채널의 반복주기가 데이터의 크기보다 크게 되는데 이는 재생시 끊김이 발생시키는 원인이 된다. 따라서 개선이 필요하다.

### 3. 단말환경에 따른 효과적인 NVoD서비스

이전에 연구되었던 Broadcasting scheme들은 대부분 서버 중심적 접근을 하였고, 단말 중심적 접근을 하였던 방법들은 단말의 다양한 네트워크 대역폭에 따라 변화를 주지 못하여서 효과적이지 못했다. 본 논문에서는 단말중심적 접근을 하여 이전의 방법보다 효과적이고 단말의 네트워크 대역폭과 저장공간에 따라 적용 가능한 방법을 소개한다.

#### 가. 정의

$w$  : 대기시간 (단위 : sec)

$S$  : 전체 비디오의 크기 (단위 : MB)

$s_i$  : 비디오의  $i$ 번째 분할의 크기 (단위 : MB)

$b$  : 비디오의 재생 대역폭 (단위 : Mbps)

$B$  : 서버에 필요한 전송 대역폭 (단위 : Mbps)

$b_i$  :  $i$ 번째 채널의 대역폭 (단위 : Mbps)

$L$  : 비디오의 길이 (단위 : sec)

$m$  :  $b$ 에 대한 단말의 상대적인 네트워크 대역폭의 크기  
예)  $b=1\text{Mbps}$ , 단말의 사용가능 네트워크 대역폭 =  $2\text{Mbps}$  이면  $m=2$

$S_{\max}$  : 단말의 저장공간의 크기 (단위 : MB)

#### 나. Flexible Broadcasting(FXB)의 구조

본 논문에서는 단말의 네트워크 대역폭과 저장공간을 최대한 활용하여 서버에 필요한 전송대역폭을 줄이고 제한된 단말에서도 사용가능한 방법을 소개한다. 먼저 대기

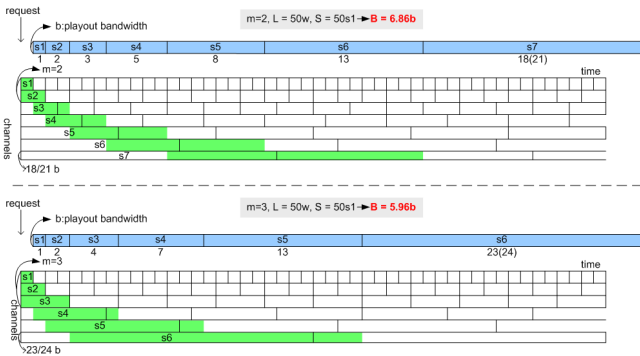


그림 1 단말의 네트워크 대역폭에 따른 서비스의 예

시간  $w$ , 단말의 네트워크 대역폭  $m$ , 그리고 단말의 저장 공간의 크기  $S_{max}$ 의 크기는 정해져 있는 상태에서  $B$ 와  $w$ 를 작게 만드는 것이 목적이다.  $B$ 와  $w$ 는 trade off 관계에 있다. 비디오의 분할방법 및 채널할당 방법은 단말의 저장 공간  $S_{max}$  과 네트워크 대역폭  $m \times b$ 에 따라 다음과 같이 네 부분으로 나뉜다.

i) 단말이 동시에 다운로드 받을 수 있는 처음  $m$ 개의 분할 방법이다. 이전에 연구되었던 방법중 효율이 좋았던 Fast Broadcasting과 같은 방법으로 분할한다.  $s_i = s_1 \times 2^{i-1}$ 의 크기로 분할하는 것이다. 그림 1에서 위의 경우는  $m=2$ 이기 때문에 두 번째 분할까지, 아래의 경우는  $m=3$ 이기 때문에 세 번째 분할까지 이 방법을 따른다.

ii)  $m$ 번째 채널 이후의 채널들을 위한 분할 방법이다. 동시에 다운로드 받고 있는  $m$ 개의 채널 중에 첫 번째 부분의 전송이 끝나면 뒤의 새로운 채널에서 다운로드를 시작한다. 예를들어  $m=2$ 인 경우 그림을 보면 첫 번째 조각의 다운로드가 완료 되면 세 번째 조각의 다운로드를 시작한다. 그리고 각 조각들은 자신이 재생되어야 하는 시점에 다운로드를 완료해야 한다. 그림의 경우  $m=2$ 이므로 1, 2, 3, 5, 8...의 fibonacci 수열의 형태를 띄게 된다. 하지만 앞서 이야기했던 Fibonacci PB에서와 달리 길이와 반복주기를 같게 함으로써 재생시 끊김 현상을 방지 하였다. 그리고  $m$ 이 큰 단말, 예를 들어  $m=3$ 인 경우는 1,2,4,7,13...과 같이 더 좋은 효율로 분할할 수 있게 된다. 이렇게 하면  $m$ 개의 채널을 모두 활용하여 더 급격하게 증가하는 수열로 비디오 데이터를 분할하고 서버에 필요한 대역폭  $B$ 를 줄일 수 있게 된다.

iii) 분할의 크기가 증가하다가  $S_{max}$  보다 커지면 Skyscraper Broadcasting에서와 같이 그 분할부터는  $S_{max}$  와 같

은 크기로 분할해서 전송한다. 따라서 제한된 단말환경에 도 적합한 방법이 되겠다.

iv) 비디오 데이터의 마지막 부분에 데이터가 얼마 남지 않았다면 그 부분은 적은 데이터를 큰 주기로 전송함으로써 서버 대역폭  $B$ 를 줄일 수 있다.

위 i), ii), iii)은 비디오 분할에 관한 방법이고 iv)는 마지막 채널의 대역폭에 관련된 것이다. 비디오 분할에 관련된 방법들을 수식으로 정리하면 다음과 같다.

$$s_n^m = \begin{cases} 2^{n-1} & , (n \leq m) \\ \sum_{k=1}^m s_{n-k}^m & , (n > m) \\ s_{max} & , (s_n^m \geq s_{max}) \end{cases} \dots (1)$$

그림 1에서  $50w$  길이의 비디오를  $m$ 이 2인 환경과 3인 환경에 따른 서비스의 예를 보여준다.  $m$ 이 2인 경우 수식 (1)에 따라 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21로 분할되어야 한다. 하지만 전체 비디오의 길이가  $50w$ 이므로 마지막 분할은  $21s_1$ 이 아닌  $18s_1$ 로 분할이 된다. 그리고  $18s_1$  크기의 데이터가 21  $w$  시간동안 전송이 되면 되므로 7번째 채널은  $\frac{18}{21}b$ 의 채널크기가 필요하므로  $B=6.86b$ 가 된다.  $m$ 이 3인 경우 역시 수식(1)에 따라 1, 2, 4, 7, 13, 24로 분할되어야 한다. 하지만 전체 비디오의 길이가  $50w$ 이므로 마지막 분할은  $23s_1$ 으로 분할된다.  $23s_1$  크기의 데이터가 24  $w$  시간동안 전송되면 되므로 6번째 채널은  $\frac{23}{24}b$ 의 채널크기가 필요하다. 따라서  $B=5.96b$ 가 된다.

단말의 대역폭이 2b에서 3b로 증가해서 서버의 채널 효율이 13%증가하는 것으로 나타난다. 단말의 대역폭이 크면 클수록 더 좋은 효율을 나타내는 방법으로 분할 및 채널할당을 할 수 있다.

#### 4. 성능분석 및 비교

본 논문에서 소개하는 방법은 서버와 단말의 어떠한 환경에서도 적용할 수 있다. 따라서 이전에 연구되었던 방법들을 적용할 수 있는 환경을 가정하고 이론적으로 비교분석 하였다.

##### 가. 단말의 네트워크 대역폭과 저장공간이 충분한 경우

이 경우 이전에 연구되었던 방법 중 Fast Broadcasting이 좋은 성능을 보이므로 Fast Broadcasting과 비교 하였다. 비디오의 길이가 120분이라고 가정하고 실험 하였다

그림 2에 대기시간에 따른 필요한 서버의 대역폭을 나타내었다. Fast Broadcasting은 b의 정수배의 채널을 필요로 하지만 FleXible Broadcasting은 마지막 조각을 낮은 대역폭으로 전송해서 서버에 필요한 대역폭 B를 감소시켰다.

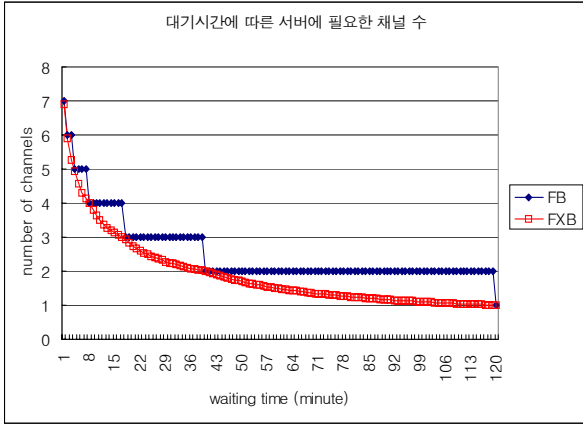


그림 2 제한되지 않은 단말환경에서의 FB와 FXB의 비교

**나. 단말의 네트워크 대역폭이 제한된 경우**

단말의 네트워크 대역폭이 제한된 경우 이전에 연구되었던 방법중 적용할수 있는것은 Pyramid Broadcasting, Skyscraper Broadcasting, Fibonacci PB 등이 있는데 Fibonacci PB는 재생시 끊김이 발생할 수 있고 Skyscraper Broadcasting이 Pyramid Broadcasting보다 더 좋은 효율을 보여주므로 Skyscraper Broadcasting과 FleXible Broadcasting을 비교하였다.

위의 분석과 같이 비디오가 길이가 120분이라고 가정하고 실험하였다. m=2인경우도 Skyscraper Broadcasting보다 더 좋은 모습을 보여주고 있고 m이 증가함에 따라 더 좋은 효율을 보여주고 있다.

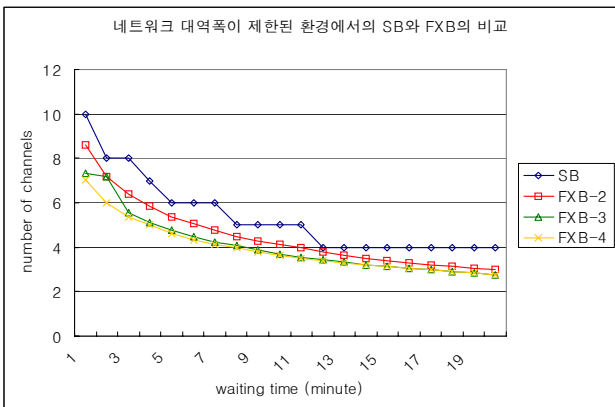


그림 3 대역폭이 제한된 환경에서의 SB와 FXB의 비교

**다. 단말이 제한된 저장 공간을 갖는 경우**

Skyscraper Broadcasting에서와 같이 뒷부분의 조각들을  $s_{max}$  로 제한함으로써 제한된 저장공간을 갖는 장치를 위해서도 제공이 가능하다. 이 경우 Skyscraper Broadcasting의 방법을 그대로 적용한 것이기 때문에 그림 3에서 보이는 정도의 효과만 나타날 것이다.

**5. 결론**

이전에 연구 되었던 방법들이 특정 환경에서만 적용 가능한 방법들이 많았고 BcN에서와 같은 다양한 단말환경에 적용할 수 있는 방법들은 그 효율이 떨어지는 편이었다. 본 논문에서 소개한 Flexible Broadcasting은 어떤 환경에서도 적용가능하면서 이전에 연구되었던 방법들보다 좋은 효율을 보여준다. 또한 저장공간이 작은 장치에도 적용할 수 있으므로 저렴한 단말기기의 개발도 가능하다. Flexible Broadcasting 국내의 BcN, 해외의 NGN환경과 이동성을 고려한 다양한 단말들에 적용할 수 있는 통합적인 NVoD서비스방법이 될 수 있을 것으로 기대된다.

**참고문헌**

[1]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*, 14(5):1110-22, Aug 1996.

[2]S. Viswanathan and T. Imielinski. Pyramid Broadcasting for video on demand service. In *IEEE Multimedia Computing and Networking Conference*, Volume 2417, pp 66-77, San Jose, California, 1995.

[3]K. A. Hua and S. Sheu. Skyscraper Broadcasting: a new broadcasting scheme for metropolitan video-on-demand systems. In *SIGCOMM 97*, pp 89-100, Cannes, France, Sept. 1997. ACM.

[4]L. Juhn and L. Tseng. Harmonic broadcasting for video-on-demand service. *IEEE Transactions on Broadcasting*, 43(3):268-271, Sept. 1997.

[5]L. Juhn and L. Tseng. Fast data broadcasting and receiving scheme for popular video service. In *IEEE Transactions on Broadcasting*, 44(1):100-105, Mar 1998.

[6]Ailan Hu. Video-on-Demand Broadcasting Protocols: A Comprehensive Study, *IEEE Infocom 2001*, pp 508-517,