DBpia

계단형 스태거드 데이터 방송 전송방식을 이용한 주문형 비디오 서비스

준회원 김 홍 익*, 정회원 박 승 권**

Staircase Staggered Data Broadcasting and Receiving Scheme for Popular Video Services

Hong-ik Kim* *Associate Member*, Sung-kwon Park** *Regular Member*

요 약

정보통신 기술의 발달로 주문형 비디오(VoD) 서비스는 활성화 되고 있다. 주문형 비디오 시스템 설계를 위해서는 정해진 대역폭을 이용하여 시청자의 대기시간과 버퍼의 량을 줄이는 것이 중요한 요소다. 하지만 기존의 제안된 많은 주문형 비디오 방법들의 우수한 효율성을 보여주지만 높은 복잡도 때문에 구현이 어렵다. 이러한 이유로, 최근에는 주문형 비디오 방법의 복잡도를 줄이면서 대역폭 효율이 우수한 방법에 대해서 많은 연구가 진행되고 있다. 본 논문에서는 대역폭의 효율성도 높이면서 기존의 주문형 비디오 방법들의 복잡성을 크게 줄인 계단형 스태거드(Staircase Staggered) 방식을 제안한다. 논문에서 제안하는 계단형 스태거드 방식은 Staircase Broadcasting의 높은 대역폭 효율과 Staggered Broadcasting 방식의 간단한 구조적 특징을 한꺼번에 가지고 있는 주문형 비디오 방법이다. 모의실험 결과 제안된 방식은 시청자 대기시간이 Staircase Broadcasting 방식과 거의 수렴하고, 시청자 버퍼 요구량은 매우 낮게 나타났다. 그리고 제안된 방식은 비디오 분할에 따라서 시청자의 대기시간과 필요한 버퍼량을 조절 할 수 있기 때문에 주문형 비디오 방식이 적용되는 환경에 따라서 조절해서 적용이 가능하다. 또한 주문형 비디오 방식의 복잡성도 함께 줄일 수 있는데, 제안된 방식은 비디오 데이터 세그먼트 수를 크게 줄이고, 복잡한 채널 관리를 줄였으며, 사용하는 채널의 수도 크게 감소시켰다.

Key Words : Video-on-demand, Staircase Staggered broadcasting scheme, Simple structure, Efficiency

ABSTRACT

A periodic broadcasting is known as an efficient technique for delivering popular videos to reduce bandwidth requirements for transmitting streaming video to viewers in video-on-demand (VoD) services. However, the most periodic VoD schemes approach needs frequency channel hopping, many segments of video managing, and using many channel at the same time. These make it difficult to implement. In this paper, we propose a Staircase Staggered broadcasting scheme which has a simple structure and substantially improved VoD efficiency. The numerical results demonstrate that the viewer's waiting time of the Staircase Staggered broadcasting scheme is close to the staircase broadcasting scheme and the maximum buffer requirements of this can be adapted for demanding rate by adjusting the short front part of a video sizes.

* 한양대학교 전자통신전파공학과대학원 응용통신연구실 (hongik@hanyang.ac.kr)
** 한양대학교 전자전기컴퓨터공학부 (sp2996@hanyang.ac.kr)
논문번호 : KICS2006-07-311, 접수일자 : 2006년 7월 19일, 최종논문접수일자 : 2006년 9월 26일

www.dbpia.co.kr

Ⅰ. 서 론

광대역통신망와 셋탑박스를 이용해서 영화와 드라마 등과 같은 다양한 멀티미디어 콘텐츠를 시청자가 원하는 데로 언제든지 시청할 수 있는 것이 주문형 비디오(VoD : Video-on-Demand)이다. 이러한 주문형 비디오 서비스는 정보통신 기술의 발달과 네트워크의 광대역화로 서비스가 가능하게 되었고 현재 새로운 부가가치 산업으로 많은 관심을 받고 있다.

주문형 비디오 서비스를 이용해서 영화, 교육, 게임, 쇼핑 등의 영상 자료를 먼 거리에 있는 여러 사용자들에게 제공할 수 있다. 하지만 비디오는 동영상, 음성 등의 대용량 데이터의 집합체로써 압축 이후에도 많은 데이터를 전송해야 한다. 이를 네트워크를 통하여 전송할 경우 대단히 큰 채널 대역폭이 필요하고 채널 대역폭을 확보하기 위해서 적지 않은 비용이 소요되므로 채널 대역폭의 효율적 활용이 필요하다.

VoD는 비디오를 전송하는 방식에 따라 분류할 경우 실시간 주문형 비디오 (TVoD: True-VoD)[1]와 유사 주문형 비디오(NVoD: Near-VoD)[2]-[10], [12]-[14]로 크게 분류된다. TVoD는 시청자가 원하는 시간에 원하는 프로그램을 선택하여 시청할 수 있는 방식으로 시청자에게 지정된 하나의 채널을 통해서 다양한 멀티미디어 서비스를 제공하는 대화형 서비스 이다. TVoD는 대화형 서비스의 장점이 있지만 시청자가 비디오 서버에서부터 시청자단까지 전송 채널을 점유하기 때문에 서비스의 제공에 많은 대역폭이 필요하고 따라서 많은 비용이 소요된다는 단점이 있다.

반면, NVoD는 대화형 서비스 기능과 시청자의 대기시간을 희생하는 대신, 하나의 비디오 프로그램을 여러 개의 방송채널을 통하여 순차적으로 반복하는 방식이다. NVoD는 하나의 비디오 채널을 이용하여 다수의 시청자들이 동시에 비디오를 시청할 수 있도록 하여 시스템 비용을 획기적으로 줄였다. NVoD가 TVoD에 비해 현저히 적은 채널을 필요로 하지만 많은 시청자들이 요청한 비디오를 즉시 볼 수 없다는 단점이 있다[11].

근래에 NVoD의 성능개선을 위해 많은 연구가 진행되어 왔으며, 이 연구에는 크게 배치(Batch) 방식과 패치 (Patch) 방식으로 구분이 된다. 배치방식은 비디오 데이터를 대역폭과 길이를 기준으로 해서 다양한 방법으로 나누고 이를 서로 다른 채널에 주기적으로 브로드캐스트 하는 방법이다. 패치방식은 비디오 데이터를 Staggered 방식으로 일정한 시간 간격을 두고 전송을 하고 비디오 데이터 주기 시간동안 채널을 덧붙이는 형태로 구성된다. 배치방식은 채널 대역폭 효율이 우수하다는 장점이 있지만 복잡성이 증가하기 때문에 실제 구현에는 많은 제약이 따른다는 단점이 있다. 패치방식은 채널 대역폭 효율은 많이 떨어지지만 구현이 간단하다는 장점이 있다. 논문에서는 배치방식의 간단한 NVoD 방법을 제안한다.

대표적인 배치방식의 NVoD에는 Fast Broadcasting[3], Harmonic Broadcasting[4],[5], Staircase Broadcasting [6], Pyramid Broadcasting[7],[8], Skyscraper Broadcasting [9], Pagoda Broadcasting[12],[13] 방식 등이 있고, 이들은 크게 Pyramid 방식, Harmonic 방식, Pagoda 방식으로 분류된다[10]. 제안된 많은 방식에서 Harmonic Broadcasting 방식은 시청자 대기시간에서 Staircase Broadcasting 방식은 버퍼 요구량에서 가장 우수한 성능을 보이고 있다. 하지만 이러한 방식들은 데이터의 분할을 이용하여 채널 대역폭의 효율을 높이거나 혹은 가입자의 대기시간을 줄였으나 시스템의 복잡성을 매우 증가시키는 원인이 되었다.

본 논문에서는 기존 제안되었던 NVoD 방식의 단점인 복잡성을 줄이고 사용하는 채널 대역폭의 효율도 향상시키는 계단형 스태거드(Staircase Staggered) 방식을 제한한다. 이 방식에서는 비디오 데이터를 짧은 선행 부분과 긴 후행 부분으로 나누고 짧은 선행 부분에는 Staircase Broadcasting[6]을 사용하고 긴 후행 부분은 Staggered Broadcasting[14]을 사용한다. 이러한 구조는 분할되는 비디오의 세그먼트 수를 줄일 수 있고, 동시에 사용하는 채널의 수도 줄이고, 관리하는 채널의 수도 감소시켜 간단한 NVoD 방식을 만들어 줄 수 있다. 또한 비디오의 짧은 선행부분에만 비디오가 분할되어 시청자 대기시간과 필요한 버퍼를 줄여 채널 대역폭 측면에서도 효율을 높일 수 있다.

모의실험에서는 시청자의 평균 대기시간과 필요한 버퍼를 기준으로 성능을 비교한 결과 계단형 스태거드 방식이 기존의 방식에 비해 시청자 대기시간과 시청자 버퍼 요구량에서 월등히 우수한 성능을 보였다. 또한 동일한 채널이 주어진 조건에서, 비디오 데이터 분할계수에 따라 시청자 대기시간과 시청자 버퍼 요구량을 조절할 수 있다. 이러한 특성을 활용하여 VoD 시스템이 적용되는 환경과 서비스 제공자의 정책에 맞게 적절하게 조절하여 VoD

www.dbpia.co.kr

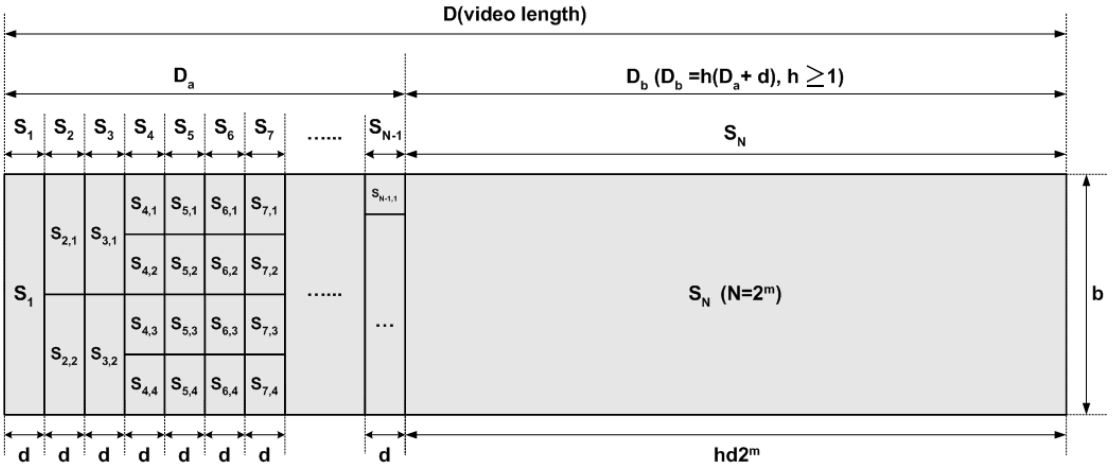


그림 1. 계단형 스태거드 방식의 기본적인 비디오 데이터 분할방법

시스템을 구성할 수 있다. 따라서 본 논문에서 제한된 방식은 높은 채널 대역폭 효율을 유지하면서 동시에 간단한 구조를 가지며 VoD 시스템의 성능을 필요에 따라 조절할 수도 있는 실용적 NVoD 방법이다.

Ⅱ. 계단형 스태거드 방식

2.1 계단형 스태거드 전송 방식의 기본개념

Staircase Broadcasting 방식은 채널대역폭 활용에서는 효율적인 방법이지만 복잡한 구조로 구현이 어렵고, Staggered Broadcasting 방식은 간단한 구조로 구현은 쉽지만 채널대역폭 사용에서 비효율적이다. 따라서 이러한 전송방법들의 장점만 가지고 단점을 해결할 수 있는 방법이 논문에서 제한하는 계단형 스태거드 전송방법이다.

계단형 스태거드 전송 방식에서는 비디오를 짧은 선행 부분과 긴 후행 부분으로 나누고 짧은 선행부분에는 Staircase Broadcasting 방식을 적용하여 전송하고 긴 후행 부분에는 Staggered Broadcasting 방식을 이용하여 전송하는 방식이다. 이때 각 부분은 주기적으로 브로드캐스트를 통해서 반복적으로 전송을 하고 Staggered Broadcasting 방식의 반복주기를 Staircase Broadcasting 방식의 주기와 일치하도록 맞추어서 전송을 하게 된다. 이러한 NVoD 전송 구조는 구현을 쉽게 할 수 있고 채널 대역폭 활용도를 증가 시킬 수 있게 한다. 그림 1은 계단형 스태거드 방식의 기본적인 비디오 데이터 분할 방법을 보여준다. 전체 비디오 길이 D를 짧은 선행 부분 D_a과 긴 후행 부분 D_b로 분할하고, D_a 부분에는 Staircase Broadcasting 방식을 사용하여 전송하고 D_b는 Staggered Broadcasting 방식을 사용하여 전송하다. D_a에 Staircase Broadcasting 방식을 적용하기 위해서는 D_a 부분을 다시 동일한 크기로 나누고 분할된 데이터가 전송되는 채널의 데이터 세그먼트 개수만큼 다시 재분할 되어서 전송하되, D_b는 분할하지 않고 하나의 세그먼트를 동일한 간격으로 반복전송을 하는 구조를 가진다. 자세한 전송방법은 아래에서 다시 설명하도록 하겠다.

2.2 서버에서 송신 방법

그림 1에서 나타나듯이 서버에서 NVoD 서비스로 전송되는 비디오의 길이를 D, 비디오의 재생 소모율을 b라고 가정하면, 전체 비디오의 크기 V는 $V=D\times b$ 로 표현이 된다. 비디오 전송에 할당된 대역폭의 크기를 B라고 하면, $B=\beta\times b$로 표할 수 있고, 이때 $\beta \geq 1$ 이다. 서버에서는 계단형 스태거드 방법은 아래의 방법을 따라서 전송이 된다.

1) 비디오의 길이 D를 짧은 비디오 앞부분 D_a과 긴 비디오 뒷부분 D_b로 나눈다. 이때 D_a 과 D_b의 관계는 식 (1)과 같이 표현된다.

$$D_b = h(D_a + d),\ h \geq 1 \qquad (1)$$

여기서 h는 비디오 분할 계수이고, d는 D_a에서 동일한 크기로 분할되는 데이터 세그먼트 하나의 길이이다. h는 양의 정수일 때 분할된 부분을 쉽게

www.dbpia.co.kr

동기화 할 수 있다. 분할된 짧은 비디오 앞부분 크기 V_a은 $V_a = D_a \times b$ 이고, 긴 뒷부분 크기 V_b는 $V_b = D_b \times b$ 이다.

2) 비디오 전송에 할당된 대역폭 B를 동일한 크기의 논리적인 채널 k개로 나눈다. 이들의 관계는 식 (2)과 같이 나타난다.

$$k = \left\lfloor \frac{B}{b} \right\rfloor = \lfloor \beta \rfloor \quad (2)$$

Staircase Broadcasting 방식이 적용되는 짧은 비디오 앞부분 D_a부분에 할당되는 채널의 개수를 m 이라고 가정하고, Staggered Broadcasting 방식이 적용되는 긴 비디오 뒷부분 D_b에 할당되는 채널의 개수를 n 이라고 가정한다. 이때 논리적 채널에는 $k = m+n$ 이라는 관계식이 성립한다. $\{C_0^{Da}, C_1^{Da}, ..., C_{m-1}^{Da}\}$은 Staircase Broadcasting 방식이 적용되는 부분의 채널을 말하고, $\{C_0^{Db}, C_1^{Db}, ..., C_{n-1}^{Db}\}$은 Staggered Broadcasting 방식이 적용되는 부분의 채널을 나타낸다. $C_l^{Di}(i = a,b)$의 표기법은 Di부분의 l번째 채널을 나타낸다.

3) 전체 비디오 길이 D는 N개의 세그먼트로 분할이 된다. 비디오 앞부분 D_a은 $N-1(2^m-1)$개의 동일한 크기로 나누고, 비디오 뒷부분 D_b는 하나로 나누어진다. 따라서 N은 식 (3)과 같은 관계가 성립한다.

$$N = \sum_{i=0}^{m-1} 2^i + 1 = 2^m \quad (3)$$

분할된 비디오는 S로 표현을 하는데 S_i는 i번째 비디오 세그먼트를 나타낸다. 모든 세그먼트는 번호 순서대로 연결되어 있다. 모든 연결된 비디오를 합치면 전체 비디오를 구성할 수 있다. 비디오 앞부분 D_a에 속하는 S_1부터 S_{N-1}의 길이는 d로 동일하다.

4) 채널 C_i^{Da}, 여기서 $i = 0,...,m-1$, 내에서는 2^i개 만큼의 비디오 데이터 세그먼트들 $(S_{2^i}, S_{2^i+1}, ..., S_{2^{i+1}-1})$이 전송이 되는데, 이때 채널 C_i^{Da}에 있는 각각의 데이터 세그먼트들은 2^i 개의 하위 세그먼트들로 나누어진다. 이때 하위세그먼트의 크기는 동일하다. 채널 C_i^{Da}에 있는 2^i개 세그먼트들을 $\{S_v | v = 2^i, ..., 2^{i+1}-1\}$이라고 하고, S_v의 2^i개 하위 세그먼트들을 $\{S_{v,u} | u = 1, ..., 2^i\}$라고 하자. 데이터들의 분할로 전송해야할 채널들의 분할이 필요하게 되는데, 채널 C_i^{Da}도 역시 2^i개 동일한 크기의 하위 채널로 분할된다. 이때 분할된 하위 채널은 $\{C_{i,1}^{Da}, ..., C_{i,2^i}^{Da}\}$라고 표시를 하고, 이들의 대역폭은 $b/2^i$ 이다. 하위 채널 $C_{i,u}^{Da}$, 여기서 $u = 1,...,2^i$, 에서는 하위 세그먼트 $S_{2^i+u-1,1}, S_{2^i+u-1,2}, ..., S_{2^i+u-1,2^i}$ 들이 주기적으로 전송된다. 채널 C_j^{Db}, 여기서 $j = 0,...,n-1$, 내에서는 S_N 세그먼트가 Staggered Broadcasting 방식으로 주기적으로 브로드캐스트 되어 전송된다. 이때 Staggered Broadcasting 방식의 반복 주기 D_s는 Staircase Broadcasting 전송방식과 주기를 맞추기 위해서 $D_s = D_a + d$가 되어야 한다. Staggered Broadcasting 방식에 할당된 채널 n은 $n = D_b / D_s = h$로 표현될 수 있다. 따라서 Staircase Broadcasting 방식에 할당된 채널은 $m = k - h$로 나타낼 수 있다.

그림 2는 계단형 스태거드 방식의 서버 측면에서의 동작을 보여주고 있다. 비디오의 길이 D는 비디오 분할 계수 h에 의해서 D_a과 D_b로 분할된다. 여기서 $C_l^{Di}(i = a,b)$의 표기법은 Di부분의 l번째 채널을 나타내고, $C_{i,u}^{Da}$ $(i = 0,...,m-1,\ u = 1,...,2^i)$ 의 표기법은 Da부분의 i번째 채널이면서 u번째 서버 채널을 나타낸다. D_a를 Staircase Broadcasting 방식으로 전송하기 위해서 할당된 채널의 개수 m은 3이고, D_b를 Staggered Broadcasting 방식으로 전송하기 위해서 할당된 채널의 개수 n도 3이다. Staggered Broadcasting 방식이 적용되는 D_b의 전송 주기 D_s는 $D_a + d$이고 여기서 d는 D_a을 Staircase Broadcasting 방식으로 전송하기 위해 $D_a/(2^m-1)$의 길이로 동일하게 분할한 세그먼트의 길이이다. 채널 C_i^{Da}에 주기적으로 반복되어 전송되는 비디오 데이터 세그먼트는 S_{2^i} 부터 $S_{2^{i+1}-1}$ 까지이다.

2.3 클라이언트에서 수신 방법

클라이언트에서 버퍼의 용량이 비디오 시청을 위해서 데이터를 저장하기에 충분하다고 가정하면, 비디오 데이터를 수신해서 시청하기 위해서는 아래와 같은 절차를 따라야한다.

www.dbpia.co.kr

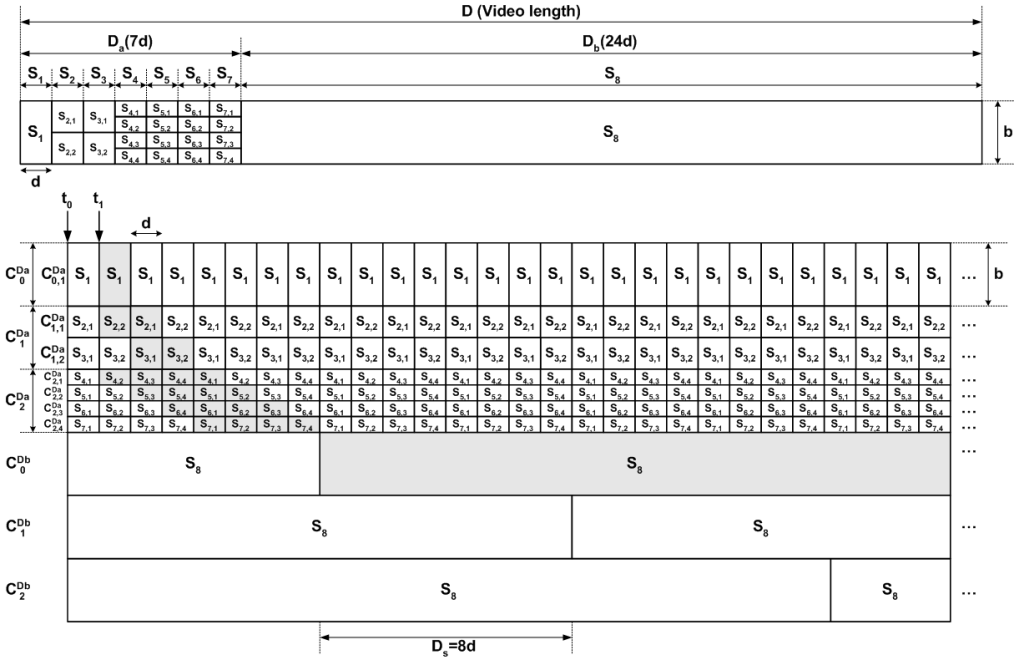


그림 2. 계단형 스태거드 전송방법의 예, (k=6, β=6, h=3, m=3, n=3)

1) 먼저 시청자가 비디오의 시청을 원하는 시점을 기준으로 채널 C_0^{Da}에서 가장 먼저 시작하는 비디오 데이터 세그먼트 S_1을 다운로드 받으면서 바로 시청할 수 있도록 한다.

2) 비디오 데이터 세그먼트 S_1을 채널 C_0^{Da}에서 다운로드 하면서 채널 C_1^{Da}과 채널 C_{m-1}^{Da} 사이에 있는 데이터 세그먼트들을 필요에 따라서 다운로드 받기 시작한다. 이때, 마지막 비디오 데이터 세그먼트 S_N의 비디오 전송 시작지점과 S_1의 비디오 데이터 시작 지점이 동일한 경우에 S_N을 S_1의 시작과 동시에 저장을 해야 시청자가 비디오를 단절 없이 시청할 수 있고, S_1과 S_N의 시작 지점이 다를 경우에는 S_1의 시작 지점에서부터 가장 빠르게 나타나는 S_N을 저장하면 된다.

3) 채널 C_i^{Da}에 있는 데이터 세그먼트를 S_v라고 하고, 채널 C_i^{Da}에 있는 하위 채널을 $C_{i,u}^{Da}$ 라고 하자. 여기서 $i=0,...,m-1$, $v=2^i,...,2^{i+1}-1$, $u=1,...,2^i$ 이다. 만약 비디오 데이터 세그먼트 S_1을 t_0에서 다운로드 하기 시작하고, 채널 C_0^{Da}내의 S_1의 길이가 d이라고 하면, 하위 채널 $C_{i,u}^{Da}$에서 녹화 하여 재생해야 할 구간은 $t_0+(u-1)d$ 부터 $t_0+(2^i+u-1)d$ 까지 이다. 비디오 데이터 세그먼트들은 다운로드 받으면서 비디오 재생 소모율에 맞게 S_1부터 $S_2,...,S_N$의 순서로 끊어지지 않고 시청이 가능하도록 한다.

4) 채널 C_i^{Da} ($i=0,1,...,m-1$) 에서는 2^i 번째 비디오 데이터 세그먼트를 수신하게 되면 해당 채널에서는 다운로드를 멈춘다. 채널 C_j^{Db} ($j=0,1,...,n-1$) 에서는 마지막 비디오 데이터 세그먼트 S_N을 해당 채널 한곳에서 수신하게 되면 다운로드를 멈춘다.

그림 2는 계단형 스태거드 방식이 서버에서 k=6, β=6, h=3, m=3 그리고 n=3의 경우 데이터 전송의 예를 보이고 있다. 비디오의 전체 길이 D를 비디오 분할계수 h(=3)에 의해서 D_a와 D_b가 $D_b=3(D_a+d)$의 상관관계를 가지며 분할된다. m=3 이므로 D_a 부분은 7개의 세그먼트로 분할되어서 3개의 채널 C_0^{Da}, C_1^{Da} 그리고 C_2^{Da}에서 주기적으로 브로드캐스트 된다. n=3 이므로 D_b 부분은 하나의 세그먼트로 채널 C_0^{Db}, C_1^{Db} 그리고 C_2^{Db} 에서 Staggered 방식을 사용해서 전송을 한다. 이때 Staggered의 주기 D_s는 $8d$ 이다. 이때, 비디오 데이터 세그먼트 S_1과 S_8

www.dbpia.co.kr

은 분할되지 않는다. 하지만, S_2는 $S_{2,1}$과 $S_{2,2}$로 분할이 되고 S_3는 $S_{3,1}$과 $S_{3,2}$ 으로 S_4는 $S_{4,1}$, $S_{4,2}$, $S_{4,3}$, $S_{4,4}$의 형태로 구분된다. 나머지 비디오 데이터 세그먼트 들이 이와 같은 형태로 분할이 된다. 채널 C_0^{Da}에서는 S_1이 주기적으로 전송되고, 채널 $C_{1,1}^{Da}$에는 $S_{2,1}$과 $S_{2,2}$, 채널 $C_{1,2}^{Da}$에는 $S_{3,1}$과 $S_{3,2}$, 채널 $C_{2,1}^{Da}$에는 $S_{4,1}$, $S_{4,2}$, $S_{4,3}$, $S_{4,4}$가 주기적으로 전송된다. 나머지 채널에서도 이와 같은 형태로 분할되어 전송이 된다. 여기서는 d가 $D/31$ 로 나타나고 이 크기는 시청자 최대 대기 시간이 된다. 시청자 버퍼 요구량이 최소가 될 때는 시청자가 비디오 데이터 세그먼트를 t_1에서부터 수신할 경우인데, V_b(D_b부분)에 대한 버퍼가 필요 없게 되는 부분이다. 시청자 버퍼 요구량이 최대가 될 때는 비디오 데이터 세그먼트를 t_0에서부터 수신할 경우인데, 이 경우에는 V_a을 다운로드 하는 동시에 V_b도 함께 다운로드 해야 한다. 시청자가 필요한 최대 버퍼 요구량에 대해서는 아래에서 더욱 자세하게 설명하도록 하겠다.

Ⅲ. 성능모델링

VoD 서비스 측면에서 시청자의 대기시간은 매우 중요한 요소이다. 만약 서비스 대기 시간이 길어진 경우에는 시청자들이 VoD 서비스를 외면할 수 있기 때문에 주어진 대역폭 내에서 시청자의 대기시간을 줄이는 것은 VoD 시스템 구성에서 가장 중점을 두어야 한다. 또한 VoD 서비스를 위해 필요한 버퍼나 저장 공간 또한 관심 있게 보아야 한다. 그 이유는 VoD 서비스를 하기 위해서 필요한 셋탑박스의 가격이 추가적인 저장 공간의 필요로 상승될 뿐만 아니라 VoD 서비스를 위한 VoD 서버와 셋탑박스의 복잡성도 함께 증가하기 때문이다. 따라서 본 논문에서는 시청자의 최대 대기시간과 시청자의 최대 버퍼 요구량을 VoD 시스템의 성능을 평가하는 기준으로 하겠다.

3.1 시청자 대기시간

시청자 대기시간은 채널 C_0^{Da}에서 비디오 데이터 S_1의 길이이다. 그 이유는 만약 비디오의 첫 번째 데이터 세그먼트 S_1을 채널 C_0^{Da}에서 시청자가 놓치게 되면 비디오의 시작을 위해서 시청자는 S_1의 길이만큼 기다려야 비디오를 시청할 수 있으므로 최대 시청자 대기시간은 S_1의 길이이다. S_1의 길이는 $D_a b/(N-1)=D_a b/(2^m-1)$로 나타낼 수 있다. 채널 C_0^{Da}의 대역폭은 비디오 전송을 위해서 주어진 대역폭에서 B/k로 표현이 된다. 따라서 주어진 전송 대역폭 B에서 계단형 스태거드 방식을 사용해서 비디오를 전송할 때 비디오를 시청하기 위해서 필요한 최대 시청자 대기시간 d는 식 (4)와 같은 형태로 표현할 수 있다.

$$d=\frac{D_a b/(N-1)}{B/k}=\frac{D_a}{2^m-1}\times\frac{k}{\beta} \tag{4}$$

β가 정수일 때는 $k=\beta$이고 식 (4)는 $d=D_a/(2^m-1)$의 형태로 간단하게 표현이 된다. 여기서 비디오 전체 길이 D는 $D=D_a+D_b$이고, $D_b=h(D_a+d)$ 이므로 이들의 관계를 이용하면 식 (5)와 같이 표현된다.

$$\delta=\frac{D}{h(2^m-1)\frac{\beta}{k}+(2^m-1)\frac{\beta}{k}+h} \tag{5}$$

또한 β가 정수일 때 식 (5)는 $\delta=D/(h2^m+2^m-1)$의 형태로 간단하게 표현이 된다. 예를 들어 만약 비디오의 길이(D)가 100분, 비디오 전송을 위해서 할당된 전체 채널(k)의 수는 10 그리고 비디오 분할계수(h)가 4로 비디오 전송을 위한 조건이 주어질 경우, 계단형 스태거드 방식을 사용할 경우에는 최대 시청자 대기시간이 16초 정도이고 평균 시청자 대기시간은 8초 정도 이다. 하지만 동일한 조건에서 Staggered 방식의 데이터 전송 방식 최대 시청자 대기시간은 10분으로 나타난다. 이와 같은 간단한 비교에서도 나타나듯이 계단형 스태거드 방식은 기존의 방식과 비교해서 간단한 구조로 대역폭 사용에 대한 효율성을 높이는 방법이다.

3.2 시청자 버퍼 요구량

계단형 스태거드 방식에서 시청자 요구에 따라 비디오를 시청하기 위해서는 버퍼가 필요하게 된다. 그 이유는 시청자 측면에서 보면 셋탑박스에서 비디오 데이터 재생 속도가 비디오 데이터의 수신 속도 보다 늦기 때문이다. 만약 t_0에서 시청자가 비디오를 시청하기 시작한다면, t_0와 t_0+d 사이에서는 채널 C_1^{Da} 부터 채널 C_{m-1}^{Da} 사이의 하위 데이터 세그먼트들을 모두 버퍼에 저장해야 한다. 채널 C_i^{Da}의 하위 세그먼트의 크기는 하나의 데이터 세그먼트를 2^i으로 나눈 것과 같다. t_0+d 와 t_0+2d 사이에서는 저장되어 있던 하위 데이터 세그먼트 $S_{2,1}$가

www.dbpia.co.kr

$S_{2,2}$와 함께 소모된다. 하지만 S_3의 하위 데이터 세그먼트 $S_{3,2}$는 다음에 소모되기 위해서 버퍼에 저장이 된다. 이때, 채널 C_{i-1}^{Da}을 위한 버퍼는 $t_0+(2^i-1)d$에서 해제된다. 하지만 이와 동시에 채널 C_i^{Da}를 위한 버퍼는 최대에 이른다. 즉 V_a에 할당된 채널이 m개일 경우, D_a구간 내에서는 시청자 버퍼 요구량이 $t_0+(2^{m-1}-1)d$ 에서 최대가 된다. 하지만 계단형 스태거드 방식에서 $t_0+(2^{m-1}-1)d$ 이후에는 D_a 구간 Staircase Broadcasting 방식 버퍼 감소율이 D_b 구간 Staggered Broadcasting 버퍼 증가율 보다 작기 때문에 $t_0+(2^{m-1}-1)d$ 에서 시청자 버퍼 요구량이 최대가 되지 않는다. 이러한 이유로 버퍼의 증가는 계단형 스태거드 방식에서 버퍼의 감소율과 증가율이 같아지는 $t_0+(2^m-1)d$ 까지 계속된다. 따라서 시청자 최대 버퍼 요구량 Z는 식 (6)과 같이 표현된다.

$$Z=(2^m-1)db=D_a b\frac{k}{\beta}=V_a\frac{k}{\beta} \qquad (6)$$

식 (6)에서 알 수 있듯이 최대 버퍼 요구량은 V_a의 크기에 따라서 변한다. 즉 비디오 분할 계수 h에 영향을 받는다. 그림 2에서 보면, 시청자 최소 버퍼 요구량은 t_1에서 발생하고, 시청자 최대 버퍼 요구량은 t_0에서 발생한다.

Ⅳ. 모의실험

계단형 스태거드 방식을 모의실험 하기 위해 본 논문에서는 비디오의 길이를 모두 100분으로 하였고, 비디오 분할 계수 h는 3과 5로 하여 다른 방식들과 비교하였다. 시청자의 최대 대기시간과 시청자의 최대 버퍼 요구량을 기준으로 Pyramid, Fast, Staircase 그리고 Harmonic Broadcasting를 계단형 스태거드 방식과 비교하였다. 또한 비디오 분할 계수 h에 따른 시청자 최대 대기시간 d과 시청자 최대 버퍼 요구량 Z 변화에 대한 것도 측정하였다.

4.1 시청자 대기시간

그림 3은 시청자 최대 대기시간 d와 채널 대역폭 β와의 관계를 나타내고 있다. 여기서 비디오의 길이 D는 100분이고, 계단형 스태거드 방식의 비디오 분할 계수 h는 3과 5로 실험을 하였다.

계단형 스태거드 방식의 결과는 비디오 분할 계수 h보다 1이 더 증가된 부분부터 나타난다. 그 이유는 비디오 분할 계수 h가 Staggered Broadcasting 방식의 채널수를 정하기 때문에 Fast Broadcasting 방식이 적용되는 채널이 최소한 하나 이상은 존재해야 계단형 스태거드 방식이 적용될 수 있기 때문이다.

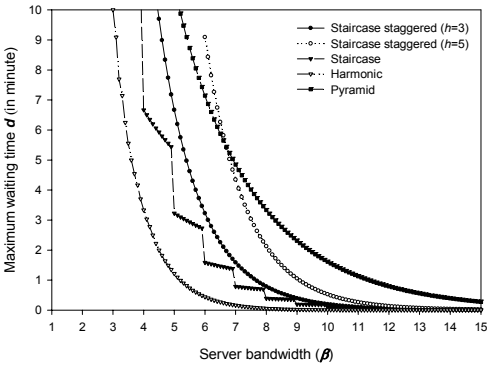


그림 3. 계단형 스태거드 방식과 기존 NVoD 방식의 시청자 최대 대기시간 비교 (비디오 길이 D는 100분, 계단형 스태거드 : $h(=n)$=3과 5)

실험결과에서 알 수 있듯이 Harmonic Broadcasting의 시청자 최대 대기 시간이 전 구간에서 가장 짧게 나타나고 있다. 비디오 분할 계수 h가 3일 때, 계단형 스태거드 방식의 시청자 최대 대기 시간은 Pyramid Broadcasting과 Staggered Broadcasting 보다는 작고 Fast Broadcasting와 Staircase Broadcasting 과는 거의 동일하게 나타났다. 또한 계단형 스태거드 방식에서 비디오 분할 계수 h가 감소할수록 시청자 최대 대기시간 d도 같이 감소하는 것을 확인할 수 있다. 하지만 채널 대역폭이 증가 할수록 시청자 최대 대기시간 차이는 거의 없어진다.

4.2 시청자 버퍼 요구량

그림 4는 사용자 최대 버퍼 요구량 Z와 필요 채널 대역폭 β와의 관계를 나타내고 있다. 여기서 계단형 스태거드 방식의 비디오 분할 계수 h는 3과 5로 실험을 하였다. 계단형 스태거드 방식의 최대 버퍼 요구량도 시청자 최대 대기시간의 경우와 같은 이유로 비디오 분할 계수 h보다 1이 더 증가된 부분부터 나타난다.

실험 결과 최대 버퍼요구량이 Fast Broadcasting에서 비디오 데이터의 50%, Harmonic Broadcasting은 37%, Staircase Broadcasting은 25%에 수렴하는 것으로 나타났다. 그래프에는 실험 결과 값이 너무

www.dbpia.co.kr

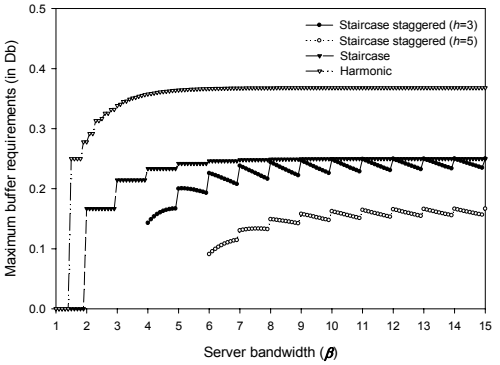


그림 4. 계단형 스태거드 방식과 기존 NVoD 방식의 시청자 최대 버퍼 요구량 비교 (계단형 스태거드 h(=n)=3과 5)

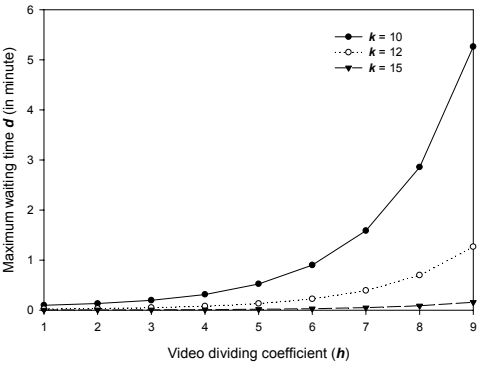


그림 5. 계단형 스태거드 방식에서 시청자 최대 대기시간(d)과 비디오 분할계수(h)의 관계 (비디오 길이 D는 100분)

크게 나와 표현되어 있지 않지만 Pyramid Broadcasting은 비디오 데이터의 75% 정도가 버퍼 요구량이었다. 계단형 스태거드 방식의 최대 버퍼 요구량은 비디오 분할 계수 h가 3일 때 Staircase Broadcasting과 거의 동일한 결과로 나타났다. 그리고 계단형 스태거드 방식에서 비디오 분할 계수 h가 증가할수록 시청자 최대 버퍼 요구량 Z는 감소하는 것을 확인할 수 있다.

4.3 비디오 분할 계수 h 효과

위의 두가지 모의실험 결과에서도 알 수 있듯이 비디오 분할 계수 h에 따라서 계단형 스태거드 방식의 성능이 달라지는 것을 알 수 있다. 따라서 이 실험에서는 비디오 분할 계수에 따른 시청자 최대 대기시간과 최대 버퍼 요구량과의 관계를 알아본다. 여기서 비디오의 길이 D는 100분이고 논리 채널 수 k는 10, 12, 15로 설정하였고, $\beta=k$로 하였다. 계단형 스태거드 방식의 주어진 채널 대역폭 k 에서 비디오 분할 계수 h의 변화에 따른 시청자 최대 대기시간과 시청자 최대 버퍼 요구량의 변화를 실험하였다.

그림 5는 논리 채널 수 k가 정해져있고, 비디오 길이 D는 100분 일 때, 비디오 분할 계수 h와 시청자 최대 대기 시간과의 관계를 나타낸다. 정해진 논리 채널 수 안에서는 비디오 분할 계수 h가 증가할수록 시청자 최대 대기시간 d도 함께 증가하는 것을 볼 수 있다. 논리 채널 수 k가 적게 할당되고, 비디오 분할 계수 h가 크게 설정될수록 최대 시청자 대기시간은 빨리 증가하는 것을 알 수 있다. 즉 계단형 스태거드 방식이 동일한 환경에서는 Staircase Broadcasting 방식에 할당되는 채널의 수가 많을수록 시청자 최대 대기 시간이 짧아지는 것을 알 수 있다.

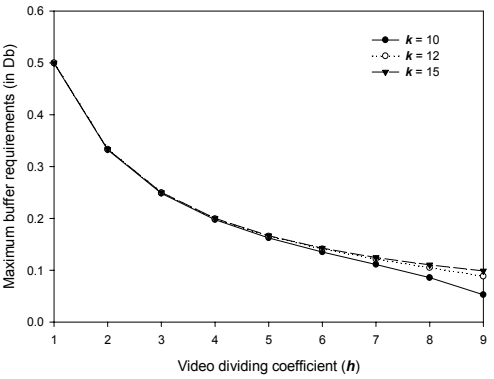


그림 6. 계단형 스태거드 방식에서 최대 시청자 버퍼 요구량(Z)과 비디오 분할계수(h)의 관계

그림 6은 주어진 논리 채널 수 k에서 비디오 분할 계수 h와 시청자 최대 버퍼 요구량과의 관계를 나타낸다. 비디오 분할 계수 h가 증가 할수록 최대 버퍼 요구량은 줄어드는 것을 확인할 수 있다. 그리고 논리 채널 수 k가 적게 할당되고, 비디오 분할 계수 h가 크게 설정될수록 최대 시청자 버퍼 요구량은 많이 줄어 들 수 있다는 것을 알 수 있다. 여기서 비디오 분할 계수 h의 값이 작을 때에는 최대 시청자 버퍼 요구량은 별다른 차이를 보이지 않는다. 이런 결과는 계단형 스태거드 방식이 동일한 환경에서는 Staggered Broadcasting 방식에 할당되는 채널의 수가 많을수록 시청자 최대 버퍼 요구량은 작아진다는 것을 알 수 있다.

모의실험을 통해서 계단형 스태거드 방식의 성능에 대해서 알아보았다. 실험 결과에서 알 수 있듯

www.dbpia.co.kr

이, 본 논문에서 제안하는 계단형 스태거드 방식은 주어진 채널에서 Staircase Broadcasting 이 적용되는 비디오 선행 데이터 부분에 많은 채널이 할당되면 시청자 최대 대기시간이 감소하지만 시청자 최대 버퍼 요구량이 늘어나고, Staggered Broadcasting 이 적용되는 후행 비디오 데이터 부분에 많은 채널이 할당될수록 시청자 최대 버퍼 요구량은 줄어들지만 시청자 최대 대기시간이 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 특성을 이용하여 채널 분배는 주어진 채널 대역폭의 반씩 나누어서 적용하는 것이 시청자 대기시간과 버퍼 요구량 두가지 측면 모두에서 효율적이다. 하지만 이러한 특성을 이용하여 VoD 시스템이 적용되는 환경에 맞게 조절하여 VoD 시스템을 구성할 수 있다.

VoD 방식에서 복잡성은 실험을 통해 확인한 시청자 대기시간과 버퍼 요구량과 더불어 중요한 요소이다. 본 논문에서 제안된 NVoD 방식은 기존의 NVoD 방식들과 달리 비디오 데이터의 분할이 짧은 비디오 데이터의 앞부분에만 적용이 되어 비디오 데이터 분할의 수를 획기적으로 줄이고, 긴 비디오 데이터의 뒷부분은 하나의 데이터로 처리 하여 채널 호핑 (Hopping) 수도 크게 줄였다. 뿐만 아니라 Staircase Broadcasting이 적용되는 짧은 비디오 데이터 앞부분에서만 동시 사용 채널이 발생할 수 있으므로 시스템의 복잡성도 크게 개선했다.

Ⅴ. 결 론

본 논문은 NVoD 방식들 중에서 채널 대역폭 효율이 좋은 Staircase Broadcasting 방식과 간단한 구조로 적용이 쉬운 Staggered Broadcasting 방식의 장점을 상호결합 하여 계단형 스태거드 방식을 제안 하였다. 계단형 스태거드 방식은 비디오 데이터를 짧은 선행 부분과 긴 후행 부분으로 나누고 짧은 선행 부분에는 Staircase Broadcasting을 적용하고, 긴 후행 부분에는 Staggered Broadcasting 적용한 다음 상호 동기를 맞추어서 NVoD 서비스를 하는 방식이다. 이러한 구조는 비디오의 짧은 앞부분만 데이터 분할을 통한 비디오 서비스를 하기 때문에 채널 대역폭 효율을 높일 수 있고, 또한 NVoD 시스템 구조를 간단하게 할 수 있어 성능 향상이 가능하였다.

제안된 방식은 우수한 성능과 더불어 기존에 제안되었던 다양한 NVoD 방식들의 단점인 많은 수로 분할된 비디오 데이터 세그먼트의 개수를 크게 줄이고, 많은 수로 분할된 데이터 세그먼트를 전송하기 위한 복잡한 채널 관리의 문제점도 많이 줄였으며, 한꺼번에 사용하는 채널의 수도 크게 줄여 기존 제안되었던 NVoD 방식보다 실용적이면서 효율적인 방식이다. 그리고 시청자 수에 대해서 성능의 영향이 없기 때문에 대규모의 서비스에도 적용 가능하다. 또한 비디오 분할에 따라서 시청자의 대기시간과 필요한 버퍼량을 조절 할 수 있기 때문에 NVoD 방식이 적용되는 환경에 따라서 이들을 조절해서 적용이 가능하다. 따라서 제안된 방식은 많은 시청자를 지원하는 NVoD 시스템에 적용이 가능하면서 우수한 성능과 동시에 간단한 구조를 유지하기 때문에 실용적으로 적용이 가능한 방법으로 기대된다.

참 고 문 헌

〔1〕 Yu-Chee Tseng, Ming-Hour Yang, Chi- He Chang, “A recursive frequency-splitting scheme for broadcasting hot videos in VoD service”, IEEE Transactions on Communications, Vol.50, pp.1348 -1355, Aug. 2002.

〔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〕 Li-Shen Juhn, Li-Ming Tseng, “Fast data broadcasting and receiving scheme for popular video service”, IEEE Transactions on Broadcasting, Vol.44, pp.100 -105, Mar. 1998.

〔4〕 L .S. Juhn and L. M. Tseng, “Harmonic broadcasting for video-on-demand service”, IEEE Trans. Broadcast., vol.43, no.3, pp.268 – 271, Sep. 1997.

〔5〕 L .S. Juhn and L. M. Tseng, “Enhanced harmonic data broadcasting and receiving scheme for popular video service”, IEEE Trans. Consumer Electron., vol.44, pp.343 – 346, Mar. 1998.

〔6〕 L. S. Juhn and L. M. Tseng, “Staircase data broadcasting and receiving scheme for hot video service”, IEEE Trans. Consumer Electron., vol.43, no.4, pp.1110 – 1117, Nov. 1997.

〔7〕 S. Viswanathan and T. Imielinski, “Metropolitan area video-on demand service using pyramid

www.dbpia.co.kr

broadcasting", IEEE Multimedia Syst., vol. 4, pp. 197 - 208, 1996.

〔8〕 C. C. Aggarwal, J. L.Wolf, and P. S. Yu, "A permutation-based pyramid broadcasting scheme for video-on-demand system", Proc. IEEE Int. Conf. Multimedia Computing and Systems, Jun. 1996.

〔9〕 Kien. A. Hua and Simon. Sheu. "Skyscraper Broadcasting: a new broadcasting scheme for metropolitan video-on-demand systems", In SIGCOMM 97, Cannes, France, Sept., pp. 89-100, 1997.

〔10〕 H. K. Sul, H. Kim, and K. Chon, "A hybrid pagoda broadcasting protocol with partial preloading", in Proc. Int. Conf. Multimedia and Expo 2003 (ICME'03), 2003.

〔11〕 Wei-De Chien, Yuan-Shiang Yeh, and Jia-Shung Wang, "Practical Channel Transition for Near-VOD Services", IEEE Transactions on Broadcasting, Vol.51, No.3, pp.360-365, September, 2005.

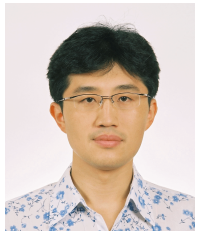
〔12〕 J. F. Paris, S. W. Carter, and D. D. E. Long, A hybrid broadcasting protocol for video on demand", in Proc. 1999 Multimedia Computing and Networking Conf., Jan. 1999.

〔13〕 J. F. Paris, "Asimple low-bandwidth broadcasting protocol for video-ondemand", in Proc. 8th Int. Conf. Computer Communications and Networks, Oct. 1999.

〔14〕 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 Area in Communications, 14(5), 1110-22 Aug 1996.

〔15〕 Z.-Y. Yang, L.-S. Juhn, and L.-M. Tseng, "On optimal broadcasting scheme for popular video service", IEEE Trans. Broadcasting, vol.45, pp. 318-322, Sept. 1999.

김 홍 익 (Hong-ik Kim) 준회원



1996년 2월 한국항공대학교 전자공학과 공학사

1996년 3월~2000년 8월 삼성항공 전산팀 근무

2003년 2월 한양대학교 전자통신전파공학과 공학석사

2002년 6월~2002년 12월 ETRI 무선인터넷 보안팀 위촉연구원

2003년 3월~현재 한양대학교 전자통신전파공학과 박사과정

<관심분야> Digital Signal Processing, CATV Multimedia Systems, Intelligence Broadcasting, Broadband Communication Systems

박 승 권 (Sung-kwon Park) 정회원

1982년 2월 한양대학교 전자통신전파공학과 공학사

1983년 8월 Stevens Institute of Technology, 전자공학과 공학석사

1987년 12월 Rensselaer Polytechnic Institute, 전자공학과 공학박사

1984년 1월~1987년 8월 Rensselaer Polytechnic Institute, Electrical, Computer and Systems Engineering Dept., Research Assistant

1987년 9월~1992년 8월 Tennessee Technological University, Electrical Engineering Dept., 조교수

1992년 9월~1993년 1월 Tennessee Technological University, Electrical Engineering Dept., 부교수

1993년 3월~현재 한양대학교 공과대학 전자전기컴퓨터공학부, 교수

<관심분야> 지능형 데이터 방송, CATV Multimedia Systems, Digital Signal Processing

www.dbpia.co.kr