

이산 웨이블릿 변환을 활용한 VOD 트래픽 모델링 방법

호서대학교 컴퓨터공학부
이 호 석
hslee@office.hoseo.ac.kr

An approach to VOD traffic modeling using discrete wavelet transform

Department of Computer Engineering
Hoseo University
Ho Suk Lee

요 약

본 논문은 이산 웨이블릿 변환의 스케일러빌리티(*scalability*)를 활용한 VOD 트래픽 모델링에 대하여 소개한다. VOD는 사용자의 요구에 대하여 비디오 데이터를 제공하는 시스템이다. 비디오 데이터는 여러가지 특징을 가지고 있다. 첫번째 특징은 데이터 양이 상당히 많다는 점이다. 그리고 데이터 양이 비디오 데이터가 전달되는 시간축에 따라서 변화가 많다는 점이다. 그리고 두번째 특징은 비디오 데이터는 전송되는 양상이 시간축에 대하여 거의 끊임이 없어야 한다는 점이다. 이러한 점들 때문에 VOD 트래픽을 정확하게 모델링하는 것은 상당히 어렵게 생각되었다. 이산 웨이블릿 변환(*discrete wavelet transform*)은 함수에 대한 근사이다. 우수한 점은 함수에 대한 근사가 상당히 용이하고 또 유연하다는 점이다. 다시 말하면 함수 근사의 정밀도를 용이하게 조절할 수 있다는 점이다. 또 다른 우수한 점은 시간과 공간 양쪽에 대하여 함수 근사를 할 수 있다는 점이다. 본 논문은 VOD server와 client 사이의 트래픽을 이산 웨이블릿 변환의 스케일러빌리티를 활용하여 모델링하여 server와 client 사이에 보다 효과적인 네트워크 트래픽 제어를 할 수 있음을 보인다.

1. 서론

현재의 멀티미디어 시대에 VOD(Video-On-Demand) 서비스는 상당히 보편화되어 가고 있다. 최근에 여러 방송국에서 공식적으로 VOD 서비스를 제공하기 시작하였으며 MPEG-4 혹은 MPEG-7 까지 개발되어 사용되면 VOD 서비스는 더욱 보편화 될 것으로 생각된다. 그러나 현재 이러한 VOD 서비스를 제공하는 과정에서 VOD server와 client 사이의 트래픽 제어는 낮은 수준에 머물러 있어 네트워크 용량의 사용에 있어서 효율적이지 못하다.

더욱이 여러 명의 사용자가 VOD 서비스를 요구하게 되면, 더욱 정밀하고 유연한 네트워크 트래픽의 제어가 필요하게 되나 현재는 이 수준을 이루지 못하고 있는 실정이다. 지난 10 여년 사이에 개발된 ATM(Asynchronous Transfer Mode) 네트워크 방식[1]은 이러한 멀티미디어 데이터의 전송을 유연하고 효율적으로 하기 위함이었다. ATM에서는 CBR(Constant Bit Rate), VBR(Variable Bit Rate), ABR(Available Bit Rate) 등의 bit rate 할당방식 그리고 Markov 모델, Poisson 프로세스 등의 확률모형을 활용하여 트래픽 모델을 구성하였다.[1]

그러나 이러한 방식의 트래픽 모델은 실제적으로 적용하기에는 무리가 있다. 본 논문은 이러한 방식의 대안으로 이산 웨이블릿 변환(DWT, discrete wavelet transform)[2]의 스케일러빌리티를 활용하여 트래픽을 모델링하고 제어하는 방식을 보인다. 이 방식은 실제로 근래에 비디오를 부호화할 때 DWT를 사용하기 때문에 상당한 이점이 있다. 왜냐하면 VOD server가 client 쪽으로 먼저 앞으로 전송될 비디오 데이터의 bit 양에 대한 DWT 함수를 전송할 수 있기 때문이다. 이렇게 되면 server와 client가 비디오 데이터의 전송에 필요한 네트워크 용량을 서로 미리 알 수 있게 되기 때문에 트래픽 제어를 유연하게 할 수 있다.

2. 이산 웨이블릿 변환

웨이블릿은 1910년 Alfred Haar[2]에 의하여 처음 구상되어 소개되었다. 그 이후 디지털 신호처리 분야[3]에서 filter bank를 활용한 신호해석(signal analysis)에서 재차 발견되어 논의되었으며, 또 지진과 분석에서 비슷한 연구가 진행되었다. 그 이후 1980년대부터 본격적으로 연구가 진행되었으며 Joseph Fourier의 Fourier 해석 방법[3] 이후 신호해석에 있어서 진보된 방법으로 확립되었다.

비디오의 부호화(encoding)와 복호화(decoding) 분야에서도 웨이블릿을 활용한 방법이 연구되었다. 웨이블릿을 활용하기 이전에는 DCT[4]를 활용하였다. 그러나 낮은 bit rate에서의 비디오 전송에 있어서 화질이 손상되고 에지(edge) 부분들이 선명하게 나타나지 않는 경우가 있어 근래에는 DCT 대신에 DWT를 활용하여 비디오를 부호화하고 있다. DWT는 Fourier 시리즈와 개념적으로 유사한 것으로서 웨이블릿을 가지고 주어진 함수를 시간과 공간 측면에서 근사시켜 표현하는 것이다. 응용에서 주로 사용하는 웨이블릿에는 A. Haar가 소개한 Haar 함수[2]가 있다. 이 함수는 다른 웨이블릿 함수에 비하여 간단하면서도 효능은 비슷하여

많이 사용된다.

3. 비디오 부호화

비디오 부호화 전체 과정은 DWT 과정 그리고 부호화과정으로 이루어진다. DWT를 수행하면 DWT 계수들이 생성된다. 이 계수들은 DWT의 수행과정에서 여러 레벨로 분리하여 생성할 수 있다. 이 레벨들은 주파수 서브밴드(frequency subband)에 해당되며 보통 LL, LH, HL, HH로 불린다. 이 계수들은 제일 왼쪽 상단에 있는 계수를 root로 하여 quad-tree를 형성한다. 이 quad-tree를 일정한 방법에 의하여 읽으면서 부호화를 시작하며 부호화의 결과로 bit를 생성한다. 현재 몇 가지의 부호화 알고리즘이 개발되어 있다. 부호화의 결과로 bit를 생성하는 과정에서 비디오 frame당 생성되는 bit 양이 산출된다. 생성되는 bit 양을 바탕으로 frame의 네트워크 전송 용량을 계산할 수 있을 것이다. 예를 들어, 초당 30 frame의 비디오 데이터를 1시간 30분정도 전송한다고 할 경우의 전체 bit 양을 계산하여 보라.

4. 네트워크 트래픽 계산

VOD server가 비디오를 부호화하여 저장하는 과정에서 각 frame당 bit 양을 계산할 수 있고 이를 바탕으로 전체 비디오의 bit 양도 계산할 수 있다. 각 frame당 bit 양은 비디오의 일반적인 특징상 상당한 변화를 가진다. 따라서 VOD server가 비디오 데이터를 네트워크를 통하여 client에게 전송할 때 네트워크 트래픽을 미리 계산하여 적절한 네트워크 용량을 일정하게 할당하는 것은 쉽지가 않다

그러나 여기서 VOD가 비디오 데이터를 부호화하여 저장하는 과정에서 이미 각 frame당 bit 양을 계산하였던 것을 안다. 즉, 한편의 비디오 전체를 구성하는 모든 frame의 frame bit 양을 이미 계산하여 알고 있는 것이다. 이 정보를 활용할 수 있

다. 즉, 이 정보를 비디오 데이터의 전송이 있기 전에 server가 client에게 미리 전송하는 것이다. 그러면 client쪽에서는 앞으로 전송될 비디오 frame의 bit양을 미리 알게 된다. 이것에 착안하여 네트워크 트래픽의 변동을 나타내는 트래픽 이산 함수(discrete function)를 구성할 수가 있을 것이다.

5. VOD 트래픽 모델링

그러나 위에서 설명한 트래픽 이산함수는 그 함수의 모양이 상당히 불규칙하다. 왜냐하면 비디오의 특성상 각 frame당 bit양에 변화가 많기 때문이다. 여기서 이 트래픽 이산 함수를 Haar 웨이블릿을 활용하여 DWT를 구하여 근사 시킨다고 생각하자. DWT를 구하는 과정에서 이산 함수의 근사 정밀도를 조절할 수 있다. 근사 정밀도를 증가시키는 것이 스케일러빌리티를 높이는 것이고 근사 정밀도를 낮추는 것이 스케일러빌리티를 낮추는 것이다. 정밀도를 최대한 높이면 부드러운 함수(smooth function)가 되고, 정밀도를 최대한 낮추면 이산 함수의 평균을 구하는 것과 동일하게 된다. 이 양단 정밀도의 사이에서 네트워크의 용량에 따라서 근사 정밀도를 결정하는 것이다. 다시 설명하면, VOD 서버에서 비디오를 부호화하여 저장하는 과정에서 비디오 각 frame의 bit양을 계산할 수 있다. 이 bit양을 활용하여 frame 순서를 x-축으로 그리고 bit양을 y-축으로 하는 이산함수를 구성할 수가 있다. 이 이산함수를 가지고 직접 VOD 트래픽 제어를 하는 것은 이 이산함수가 일반적으로 매우 많은 minima와 maxima를 가지기 때문에 어렵다. 따라서 이 이산함수를 Haar 함수를 가지고 DWT를 수행하여 근사 함수를 구한다. 다음에 이 근사 함수를 가지고 VOD 트래픽 모델링을 하여 네트워크 용량을 제어하는 것이다.

현재까지의 설명은 비디오의 전송을 기준으로 한 설명이다. 그러나 네트워크의 용량을 기준으로 하여 생각할 수도 있다. 네트워크의 현재 용량을 기

준으로 비디오의 전송에 할당할 수 용량을 계산할 수 있고 이 계산된 용량을 바탕으로 스케일러빌리티 파라메타를 계산할 수 있을 것이다. 이 파라메타와 사용자의 QoS 파라메타를 비교하여 VOD 서비스가 허용이 되면 이 파라메타를 VOD server와 client에 전달한다. 그러면 VOD server와 client는 이 파라메타를 이용하여 비디오 데이터 전송에 필요한 트래픽 이산 함수의 스케일러빌리티를 계산하여 트래픽 모델링을 할 수 있고 이 트래픽 모델에 기초하여 VOD server는 client에게 비디오 데이터를 전송할 수 있을 것이다. 이 방법의 장점은 VOD server와 client 사이의 네트워크 용량의 변화를 근사화된 이산 함수를 통하여 미리 알 수 있고 이 함수를 이용하여 트래픽을 제어할 수 있다는 것이다.

6. 결론

이 논문은 웨이블릿 변환, 비디오 부호화, VOD 트래픽 모델링에 대하여 소개하였다. 그리고 이산 웨이블릿 변환을 활용하여 VOD server와 client 사이에 매우 효과적인 네트워크 용량 할당이 가능함을 보였다. 이 방법의 장점은 VOD server와 client 사이의 네트워크 트래픽 변화를 미리 정확하게 계산하여 알 수 있기 때문에 효과적이고 효율적인 네트워크 용량 할당이 가능하다는 점이다.

7. 참고 문헌

- [1] R. O. Onvural, *Asynchronous Transfer Mode Networks : Performance Issues* (2nd edition), Artech House, Inc., 1995.
- [2] R. M. Rao and A. S. Bopardikar, *Wavelet Transforms-Introduction to Theory and Applications*, Addison-Wesley, 1998.
- [3] J. Proakis and D. Manolakis, *Digital Signal Processing* (3rd edition), Prentice Hall, 1996.
- [4] J. Mitchell, W. Pennebaker, C. Fogg, and D. LeGall, *MPEG Video Compression Standard*, Chapman & Hall, 1997.