

# 클러스터 기반 VOD 시스템의 QoS 아키텍처 설계

정지아\* 정기동\*

\*LG정보통신 차세대통신연구소 \*부산대학교 전자계산학과

## A Design of QoS Architecture for VOD (Video On Demand) System Based on Cluster

Ji-A Chung\* Ki-Dong Chung\*

\*Next Generation Comm. Lab., LGIC \*Dept. of Computer Science, Pusan National University

### 요 약

본 논문에서는 클러스터에 기반한 주문형 비디오 (VOD : Video On Demand) 시스템에서의 QoS (Quality of Service) 아키텍처를 제안한다. 제안하는 QoS 아키텍처는 IP 네트워크상에서 사용자에게 다양한 서비스 질의 선택과, 선택한 질의 보장을 제공하며, 클러스터 시스템의 자원관리를 통해 서버의 효율성을 극대화 시킨다. 클러스터 VOD 시스템의 QoS 아키텍처는 사용자 요구의 협상을 위한 Weighted Price 함수와 요구분배 기법인 Max-min 함수를 이용하여 사용자에게 제공하는 QoS의 수준을 높여주고, 저장 서버들간의 부하균등을 통해 효율성을 높인다. QoS 아키텍처 내의 핵심 모듈인 QoS Mapper와 QoS Manager의 성능을 확인하는 실험을 통하여 사용자에게 서비스되는 QoS 수준이 증가하였음을 확인할 수가 있었고, 저장서버들간의 부하를 효과적으로 분산시켜 VOD 시스템의 동시 사용자수를 증가 시키고, 안정적인 서비스를 할 수 있음을 확인하였다.

### 1. 서론

인터넷에서의 분산 멀티미디어 응용에 관한 실제적인 서비스가 늘어가고 있다. VOD 서비스의 경우 많은 동시 사용자가 대용량의 비디오 서비스를 받고자 하기 때문에, 자원 요구량이 방대하고 처리의 병렬성도 요구된다. 이에 따라 최근에는 확장성, 경제성, 대용량성, 병렬성을 지향하는 클러스터 시스템에 기반하여 VOD 서비스를 하는 경향을 띄게 되었다.

상용 VOD 에 있어서 사용자들은 서비스에 대한 비용을 부담하기 때문에 이에 합당한 서비스의 질 (QoS)을 요구하게 된다. 기존의 VOD 에서는 네트워크 자원과 시스템 자원을 예약해주지 못하여 QoS 를 보장하지 못하였으며, 사용자의 만족도와 시스템의 효율을 동시에 고려하지도 않았다 [1,2].

이에 본 논문에서는 확장성과 비용, 안정성 측면에서 유리한 SAN(Storage Area Network)에 기반한 클러스터 VOD 서버에서 사용자에게 요구수준 이상의 서비스를 보장해 줄 수 있고, 서버 시스템의 효율까지 고려할 수 있는 QoS 아키텍처를 제시한다. QoS 아키텍처에서는 VOD의 클라이언트와 서버 전반에 걸쳐 QoS 를 제어하게 될 네 가지의 모듈을 소개하며, 핵심 모듈인 QoS Mapper와 QoS Manager 에서 사용하게 될 새로운 메커니즘을 제안한다.

제안한 QoS 아키텍처의 효율성을 입증하기 위하여 QoS 아키텍처내의 QoS Mapper와 QoS Manager 모듈의 성능을 측정하였다. VOD 시스템은 QoS Mapper의 사용으로 사용자가 제시한 수준 이상의 서비스를 제공해 줄 수 있었으며, QoS Manager의 사용으로 클러스터 시스템 내의 저장서버간 부하를 효율적으로 분산시킬 수 있음을 밝혔다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 관련연구를 살펴본다. 3 장에서는 서비스 제공의 기반이 되는 VOD 시스템의 구조와 QoS 아키텍처의 논리적 구조를 제안하고, 사용자에게 제공하는 서비스 질의 다양성과, 선택한 서비스 질의 보장성에 대해 설명한다. 4 장에서는 본 논문에서 제안하는 QoS 아키텍처의 효율성을 검증하는 성능평가 분석을 보인다. 끝으로 5 장에서 결론을 기술한다.

### 2. 관련 연구

본 논문에서 제안하는 QoS 아키텍처와 관련하여 QoS Metric 과 시스템의 자원관리에 관해 기존의 연구들을 살펴본다.

#### 2.1. QoS Metric 관련 연구

사용자측에서 요구하는 애플리케이션 레벨 QoS 파라미터를 네트워크를 통해 전송할 때 특정 프로토콜이 요구하는 QoS 파라미터와 서버측에서 실제로 서비스를 위해 제공해줘야 할 자원에 관한 파라미터로 변환하는 메커니즘들이 연구되고 있다.

[3]에서는 사용자에 의하여 제시되는 QoS-factor 를 QoS manager 에 의해 조정, 증감하는 QoS-ticket 을 제안하였다. 이 방법은 QoS 를 하나의 고정된 값으로 요구하므로 부하가 수시로 변하는 서버의 상황에 유연하게 대처하지 못하며, 서버 시스템의 자원상태가 사용자에게 투명하지 못한 단점이 있다. [4]에서는 사용자의 요구를 범위 형태로 표현하여 자원을 할당하게 하여 변화하는 서버의 상황을 사용자에게 투명하게 하며, 또한 유연하게 하였다.

[2]에서는 위의 세 계층의 파라미터들을 하나의 추상적인 값으로 표현하여 사용자측의 만족도와 시스템의 효율성을 극대화 시키는 기법을 제시하고 있다. 그러나 사용자의 만족도와 시스템의 효율성 극대화가 사용자에 지불하는 비용과 연관성이 없어서 타당성이 부족한 단점이 있다.

#### 2.2. 자원 관리 관련 연구

사용자가 요구하는 QoS 를 제공하기 위해서 VOD 의 end-system 자원을 관리해야 한다. VOD 서버는 주기적 또는 비주기적으로 자원들의 이용상황을 감시하여 허용제어, 자원협상 등에 이를 이용함으로써 양질의 QoS 를 제공할 수 있다. 프로세서, 메모리, I/O 버스의 대역폭의 모니터링 기법에 관한 연구도 진행되어 왔다 [5,6,7].

그 외에 IP 네트워크의 자원예약을 위한 프로토콜로 ST-II(Stream Protocol Version II)와 RSVP(Resource Reservatin Protocol)가 알려져 있다. ST-II는 송신자 중심의 자원 예약 메커니즘으로 수신자들이 동일한 질의 서비스를 받게 되므로 다양한 QoS 를 요구하는 VOD 의 요구조건을 만족시키지 못한다 [2]. 반면 RSVP는 수신자 중심의 자원예약 프로토콜로서 송신자가 전송할 데이터에 대한 정보를 경로 메시지에 실어서 수신자에게 알려주고 수신자는 데이터그램이 이동하는 경로의 역으로 예약 메시지를 송신자에게 전송하여 자원예약 기능을 수행한다 [8,9].

### 3. QoS 아키텍처

제안하는 QoS 아키텍처의 주요 목적은 사용자에게 합당한 가격으로 원하는 질의 서비스를 제공하며, 선택한 QoS 를 보장해주는 데 있다. 또한 시스템의 효율을 높여서 동시 사용자수를 늘리며, 사용자에게는 안정적인 서비스를 제공하고자 한다.

사용자에게 다양한 QoS 를 제공하는 것은 SVOD 에서 시간적, 공간적인 스케일러빌리티 특성을 가지는 MPEG 데이터를 서비스함으로써 이루어진다. 특히 게이트 서버에서는 Weighted Price 함수를 사용하여 사용자가 원하는 질의 서비스를 합당한 가격으로 서비스 할 수 있게 한다. 또한 게이트서버에서 사용하는 저장 서버간의 부하균등 함수와, IP 네트워크의 자원예약 프로토콜인 RSVP 를 사용함으로써 선택한 QoS 에 대한 보장을 해 줄 수 있다.

본 장에서는 제안하는 QoS 아키텍처의 기반이 되는 VOD 시스템의 구조를 소

개하고, 사용자와 서비스 제공자의 만족을 모두 고려한 VOD 서비스를 위해 QoS 아키텍처를 제안하며, 아키텍처 내의 구체적인 모듈을 소개한다.

3.1. SVOD 시스템의 구조

본 논문에서 제안하는 QoS 아키텍처는 호스트 단위로 확장 가능한 VOD 시스템(SVOD : Scalable VOD)에 기반을 두고 있다 [12]. SVOD 시스템은 하나의 제어서버(Control Server), 다수의 저장서버(Storage Server), 그리고 이들을 상호 연결하는 고속의 내부 네트워크로 구성된 클러스터 시스템이다. 저장서버들은 디스크를 공유하는 구조로 SAN(Storage Area Network)으로 구성된다 [11]. SAN 은 저장 장치를 중앙 집중화시키고, 서버 환경을 분산시켜 높은 성능과 빠른 응답을 제공한다. 또한 비디오 데이터의 공유가 가능하며, 이기종의 서버에서도 저장장치의 데이터를 공유할 수 있기 때문에 서버의 확장성도 용이하다.

3.2. 논리적인 QoS 아키텍처

그림 1 은 SVOD 의 논리적인 QoS 아키텍처를 표현한다. QoS 아키텍처는 다음과 같은 네 가지 요소들로 이루어진다.

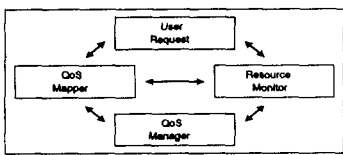


그림 1. 논리적 QoS 아키텍처

User Request 모듈에서 사용자의 QoS 요구는 클라이언트 프로그램의 GUI 를 통해 받아들인다. 사용자는 서비스 반을 비디오를 선택함과 동시에 추상적인 QoS 등급의 범위로서 QoS 를 요구한다.

Resource Monitor 모듈은 자원의 상태를 감시하는 역할을 한다. 자원의 상태를 제어서버와 저장서버의 자원상태표(Resource State Table)에 기록하고 갱신한다.

QoS Mapper 모듈은 자원상태표를 참조하여 다른 형식, 다른 레벨의 QoS 요구를 대화 가능한 상태로 변환시키는 역할을 한다. 제어서버에 위치한 QoS Mapper 에서는 Weighted Price Function 을 사용하여 범위형태로 입력된 사용자의 QoS 요구를 특정 수준의 QoS 로 매핑시킨다. 제어서버의 Weighted Price Function 에서 QoS 수준과 가격이 산정되면, QoS Mapper 는 사용자에게 제공할 QoS 수준을 바탕으로 필요한 자원량을 판단하고, 네트워크의 자원의 예약을 위해 RSVP API 함수의 매개변수 형식으로 바꾸어주는 역할을 한다.

제어서버에 위치한 QoS Manager 모듈은 네트워크를 통해 전달되는 사용자의 QoS 요구를 받아들이고, QoS Mapper 에 의해 결정된 자원 요구량을 자원상태표에서의 현재 시스템 자원 상태와 비교하여 서비스 세션을 각 저장서버에 할당해 주는 역할을 한다. 모듈 내에서는 Near-Optimal 한 Max-min 함수를 이용하여, QoS Mapper 로부터 전달된 사용자의 QoS 요구에 맞는 스트림 서비스를 제공할 저장서버를 선택하여 저장서버들간의 부하를 조정해 준다.

3.3. QoS 의 선택과 보장

VOD 서버에서는 사용자가 선택한 범위형태의 QoS 요구를 받아들여 자원 상태를 고려하여 특정한 수준의 QoS 로 서비스를 해야 한다. 또한 사용자가 요구한 QoS 로 안정적인 서비스를 해 주기 위해서 제어서버는 사용자의 요구들을 각각의 저장서버에 분산시켜 할당해야 하며, 공유하는 네트워크 자원은 예약을 해야 한다.

본 절에서는 VOD 의 제어서버 내에서 QoS 매핑을 위해 사용될 Weighted Price 함수와 저장서버의 부하균등을 위한 Near-Optimal Max-min 함수를 제안한다.

3.3.1. Weighted Price 함수를 이용한 QoS 선택

클러스터 시스템의 제어서버에 있는 QoS Mapper 는 Weighted Price 함수를 이용하여 범위형태의 사용자 요구를 특정 수준의 QoS 요구로 변환시킨다. Weighted Price 함수는 서비스를 요구한 사용자가 제시한 서비스 보장 정도와 서버의 자원상태를 바탕으로 QoS 요구마다 다르게 생성되는 가격 함수이다.

우선 사용자가 원하는 수준의 QoS 범위별 GUI 를 통해 선택하면 (Q\_min, Q\_Max) 의 형태로 요구가 변환되어 Weighted Price 함수에서 사용된다. 또한 사용자는 제공 받는 서비스의 보장 정도를 RSVP 에서 지원하는 세 가지 옵션 중에서 선택할 수 있다. 세 가지 옵션은 "best effort", "controlled load", "guaranteed"로 구분되어 Weighted Price 함수의 매개 변수인 G\_level 을 결정한다. 또한 QoS Mapper 에서는 자원상태표를 참조하여 Weighted Price 함수의 매개변수로 사용하게 될 R\_avail 값을 생성한다. R\_avail 은 사용 가능한 자원의 정도를 나타내는 값으로써 부하에 반비례한다.

Weighted Price 함수에서 가중치 w 는 G\_level 과 R\_avail 에 의해 결정되며, 개별 사용자 요구와 시스템의 자원상태에 따라 조절된다. R\_avail 은 Resource Monitor 모듈에서 작성한 자원상태표를 참조하며, G\_level 은 Best effort, controlled load, Guaranteed 의 세 값 중 하나를 가진다. 사용자가 제시한 범위형태의 QoS 수준을 나타내는 Q\_level 은 Video 와 Audio 의 절대적 서비스 등급으로써 MPEG-2 의 경우 프로파일과 레벨에 따라 11 개의 QoS 등급을 나눌 수가 있다. 다음의 식 (1)은 G\_level 과 R\_avail 에 의하여 결정되는 Weighted Price 함수이다.

$$P\_level = w \times Q\_level \tag{1}$$

w : 함수의 가중치  
G\_level : 보장 수준

$$w = \frac{G\_level}{R\_avail} \tag{2}$$

R\_avail : 사용 가능한 자원 비율  
Q\_level : 절대적 QoS 수준

그림 2 는 QoS Mapper 가 Weighted Price Function 을 이용하여 사용자의 QoS 수준을 특정 수준의 QoS 수준으로 변환시키는 과정을 보여준다. Q\_min 을 기본값으로 하여 가격직선을 따라 실제로 서비스 하게 될 QoS 수준인 Q\_level 과 그에 상응하는 P\_level 이 결정되게 되는데 Q\_min 에서의 증가폭은 시스템의 부하 수준과 사용자의 QoS 요구 폭인 Q\_Max - Q\_min 값의 크기에 따라 결정된다.

결론적으로 QoS Mapper 는 Weighted Price Function 을 이용하여 사용자 i 의 범위 형태 요구를 특정수준의 QoS 와 가격, 요구되는 자원량을 의미하는 (Q\_i, P\_i, R\_i)로 환산하여 QoS Manager 에게 전달한다.

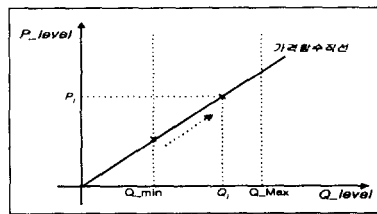


그림 2. Weighted Price 함수를 이용한 QoS 수준과 가격 결정

3.3.2. 저장서버의 부하 균등을 통한 QoS 의 보장

QoS 를 보장하기 위해서는 특정 저장서버의 특정 자원을 고갈시키는 일이 없어야 하며, 이를 위해서 각 저장서버들간의 부하가 균등하게 분포될 수 있도록 해주는 제어서버의 정책이 필요하다. 제어서버의 QoS Manager 모듈에 포함되어 요구 i 를 저장서버 j 에 할당했을 때 식 (3)을 사용하여 병목현상을 일으키게 하는 자원을 찾아낸다. bfn(Ri, Nj)는 다음과 같다.

$$bfn(Ri, Nj) = \max\left(\frac{cpu\_i}{cpu\_j}, \frac{bus\_b\_i}{bus\_b\_j}, \frac{buf\_i}{buf\_j}, \frac{net\_b\_i}{net\_b\_j}\right) \tag{3}$$

resource\_i : 요구 i 에서 환산된 필요 자원량  
resource\_j : 저장서버 j 에 남아있는 자원량

$$\min\{bfn(Ri, N1), bfn(Ri, N2), bfn(Ri, N3), \dots, bfn(Ri, Nj)\} \tag{4}$$

식 (3)에서는 병목현상을 일으키게 하는 자원의 종류뿐만 아니라 병목 비율까지 산출한다. 식 (4)에서는 모든 저장서버에서의 bfn 함수 값을 비교하여 최소의 bfn 값을 가지는 저장서버에 서비스 세션을 할당함으로써 부하균등을 이룰 수 있다.

서비스 세션을 저장서버에 잘 분산시켜 부하의 균등을 얻으면 사용자 만족도 측면 뿐만 아니라, 시스템 효율성 측면에서도 큰 이득을 얻을 수 있다.

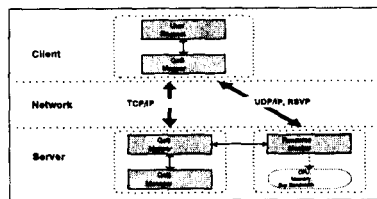


그림 3. QoS 요구의 흐름도

3.4. QoS 요구의 흐름

사용자의 QoS 요구는 초기 채널 설정 시에 발생된다. 사용자가 GUI 를 통해서 QoS 요청을 하게 되면 그 요청은 논리적 QoS 아키텍처의 요소들을 거쳐서 사용자가 실제 서비스를 받을 수 있게 된다. 물리적으로는 사용자의 요구가 클라이언트에서 제어 서버쪽으로 전달되어 제어서버에 의해 QoS 수준과 가격이 결정되고, 실제 서비스를 해 줄 저장서버로 할당된다. 그림 3 은 클라이언트 응용프로그램에서 발생한 사용자의 QoS 요구가 실제로 서비스로 변환되어 돌아오기까지의 흐름

을 나타낸다.

4. 성능 평가

본 장에서는 제안하는 QoS 아키텍처의 성능을 평가하기 위하여 사용자의 만족도와 시스템 효율을 측정하는 실험의 결과와 성능평가를 보인다. 본 연구에서의 RSVP 절차 실험의 결과는 생략하고 QoS Mapper 모듈과 QoS Manager 모듈의 성능평가만을 보인다.

QoS Mapper 모듈의 Weighted Price 함수를 이용한 실험에서는 사용자와 서버간의 QoS 협상을 통하여 실제로 서비스 받게 되는 QoS 수준이 증가하는 현상을 보여주며, QoS Manager 모듈의 Near-Optimal Max-min 함수를 이용한 실험에서는 VOD 시스템의 동시사용자수가 증가하였을 때의 서비스 분배 효율성을 보여준다.

실험환경은 3장에서 제시한 SVOD 시스템을 가정하고 Solaris 2.5.1 이 탑재된 SUN Ultra Spark 30 에서 수행하였다. SVOD 는 다섯 대의 저장서버와 한 대의 제어서버로 이루어져 있다고 가정하였으며, 실험에서는 VOD 서비스를 요구하는 동시 사용자수가 증가함에 따라 서버 시스템 내의 자원의 상황을 살펴볼 수 있다. 사용자가 요구하는 범위형태의 QoS 수준은 무작위로 추출되었으며, 요구하는 보장수준 또한 세가지 옵션 중에서 무작위로 추출되었다.

그림 4 는 VOD 시스템에 서비스 요구가 누적되어 동시 사용자수가 증가하고 있는 동안의 사용자가 요구한 QoS 수준과 실제로 서비스 받게 되는 QoS 수준의 차이를 보여준다. 동시 사용자수가 증가함에 따라 QoS 수준의 증가 폭은 줄어들어 가는 경향을 보이는데, 이는 서비스되는 QoS 수준을 지나치게 높여서 자원이 고갈되는 것을 막기 위한 QoS Mapper 에서의 협상의 결과이다. 또한 QoS 수준의 증가 폭은 사용자가 요구한 QoS 수준의 범위에 비례하는 경향을 보이는데, 이는 사용자가 QoS 수준 범위를 크게 지정하였을 경우 그에 따른 비용을 모두 부담하겠다는 것을 가정하므로 사용자가 요구한 최대의 QoS 수준에 근접하려는 QoS Mapper 의 의도를 보여준다.

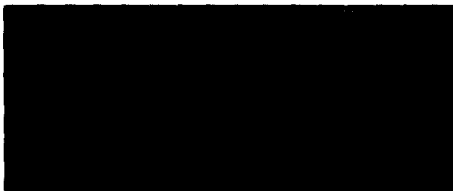


그림 4. 서버 부하 증가에 따른 사용자 만족도



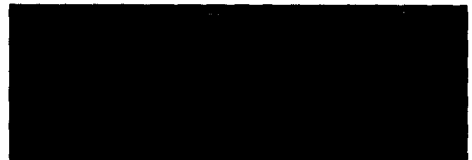
(a) Max-min Distributor 로 서비스를 할당한 경우



(b) Round-Robin Distributor 로 서비스를 할당한 경우  
그림 5. 저장 서버에서의 자원고갈

그림 5 는 동시 사용자수가 증가함에 따라 특정 저장서버에서 자원들이 고갈되어 가는 상황을 보여준다. 이 실험은 논문에서 제안하는 QoS Manager 의 Max-min Distributor 를 사용하였을 경우와 저장서버의 모든 자원의 부하균등을 고려하지 못하는 Round-Robin Distributor 를 비교하였다. 그림 5.(a)는 본 논문에서 제안한 QoS 아키텍처의 QoS Manager 모듈을 사용한 경우로써 Near-Optimal 하게 자원을 사용하고 있는 상황을 보여준다. 서비스가 이루어지고 있는 동안 각 저장 서버들의 가용 자원량들이 비슷하게 남아있어 거의 최적화된 자원분배가 이루어졌음을 볼 수 있다. 이 경우 시스템의 효율측면에서는 모든 자원의 부하균등을 통해 동시사용자수를 늘릴 수 있으며 사용자에게도 안정적인 서비스를 보장해 줄 수 있다. 그림 5.(b)의 경우는 특정서버에 할당되어 있는 네트워크가 모두 고갈되어 다른 자원들이 남아 있음에도 불구하고 더 이상 서비스를 할 수 없는 상황을 보여준다.

그림 6 은 동시사용자수가 증가함에 따라 한 종류의 자원이 과 저장서버에 서 얼마나 균일하게 소비되고 있는지를 보여주며 그림 5 의 실험결과 같이 Max-min Distributor 와 Round-Robin Distributor 를 이용하여 비교한다. 그림 6.(a) 는 클러스터 서버내의 다섯 저장서버의 자원을 거의 균일하게 소비하는 모습을 보여주고 있지만, 그림 6.(b)는 동시사용자수가 증가함에 따라 특정자원의 소비 폭이 커지는 모습을 보여준다. 이는 특정자원을 과도하게 소비하는 VOD 서비스가 하나의 저장서버에 반복적으로 할당된 결과이다



(a) Max-min Distributor 로 서비스를 할당한 경우



(b) Round-Robin Distributor 로 서비스를 할당한 경우  
그림 6. 동시 사용자 수 증가에 따른 각 저장서버의 자원상황

5. 결론

본 연구에서는 IP 네트워크 기반한 확장 가능한 클러스터 VOD 에서 QoS 선택의 다양성과 선택한 수준 이상의 서비스 보장을 제공해주는 QoS 아키텍처를 제안하였다.

IP 네트워크 기반한 기존 웹 응용 서비스들이 best-effort 정책으로 서비스를 제공한 반면, 제안하는 QoS 아키텍처를 사용한 VOD 에서의 사용자에게 서비스의 수준을 폭 넓게 선택할 수 있게 하였으며 시스템의 자원상태를 고려하여 요구한 수준 이상의 서비스가 가능하게 되었다. 또한 클러스터 시스템의 저장 서버간의 부하조절을 통하여 QoS 보장과 서버의 효율성을 꾀하였다. 외부적으로는 QoS 아키텍처에서 제공하는 모듈을 이용하여 IP 네트워크 자원 예약을 용이하게 되어 QoS 수준을 보장해준다.

본 연구에서는 소규모로 구축한 RBone 에서의 자원예약 절차실험을 하였으며, 이를 통해 RSVP 를 이용하여 원하는 수준의 IP 네트워크 자원 예약이 가능함을 확인하였다. 또한 QoS 아키텍처 내의 핵심 모듈인 QoS Mapper 와 QoS Manager 의 성능을 확인하는 실험을 하였는데, QoS Mapper 의 사용으로 시스템의 부하상태와 사용자의 QoS 요구 수준 폭에 따라 실제로 서비스되는 QoS 수준이 적절히 증가하였음을 확인할 수가 있었고, QoS Manager 의 사용으로 클러스터 시스템의 저장서버들간의 부하를 효과적으로 분산시켜 VOD 시스템의 동시 사용자수를 증가시키고 안정적인 서비스를 할 있음을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] Jane Hunter, Vartuni Wilana, Mark Antoniadis, "A Review of Video Streaming over the Internet", DSTC SuperNOVA, 1997
- [2] Nalini Venkatasubramanian, Klara Nahrstedt, "An Integrated Metric for Video QoS", ACM Multimedia, November 1997
- [3] Kiyokuni Kawachiya, Hideyuki Tokuda, "Dynamic QoS Control Based on the QoS-Ticket Model", IEEE Proceedings of MULTIMEDIA, 1996
- [4] A.Youssef, H.Abdel-Wahab, K.Maly, and C.Wild, "A Comparative Study of Two Generic Resource Allocation Models", Old Dominion University, Technical Report, 1997
- [5] Klara Nahrstedt, Hao-Hua Chu, Srinivas Narayan, "QoS-Aware Resource Management for Distributed Multimedia Applications", Journal on High-Speed Networking, 1997
- [6] Varnui Witana, Antony Richards, "A QoS Framework for Heterogeneous Environments", DSTC Symposium 97, July 1997
- [7] Rainer Koster, "Design of a Multimedia Player with Advanced QoS Control", Tech. Report, Dept. Computer Science and Engineering, University of Oregon
- [8] Danny J. Mitzel, Deborah Estrin, Scott Shenker, Lixia Zhang, "An Architectural Comparison of ST-II and RSVP", Tech Reports, Dept. Computer Science University of Southern California, 1994
- [9] R. Braden, L. Zhang, et al, "Resource ReSerVation Protocol(RSVP)", RFC2205, September 1997
- [10] Dorgham Sisalem, Frank Emanuel, "QoS Control using Adaptive Layered Data Transmission", IEEE Multimedia System '98, June 1998
- [11] Dell, Storage Area Network(SAN) Technology, White Paper
- [12] 정지아, "클러스터 기반의 VOD 를 위한 QoS 아키텍처", 정보처리학회 추계 학술발표논문집 제 6 권 2 호, 1999