

# 실시간 미디어 전송의 종단간 성능 향상을 위한 혼성 모니터링 기법

정회원 박주원, 김종원\*

## Hybrid Monitoring Scheme for End-to-End Performance Enhancement of Real-time Media Transport

Ju-Won Park, JongWon Kim\* *Regular Members*

### 요 약

네트워크 및 종단 노드의 시스템에 걸친 제한된 자원을 활용하여 실현되는 영상/음성 전달 서비스를 위한 멀티 미디어 응용 프로그램의 품질을 보장하기 위해서는 지연, 지터, 손실과 같은 전송 상태와 CPU, 메모리의 사용량과 같은 시스템의 상태를 동시에 관찰하는 것이 필요하다. 본 논문에서는 액세스그리드 (Access Grid) 경우와 같이 IP 멀티캐스트 상에 동작하는 RTP/RTCP에 기반한 실시간 미디어 응용 프로그램을 대상으로 동적/정적 모니터링 방식을 혼용하여 멀티캐스트 상태와 시스템 상태를 측정하는 혼성 모니터링 방식을 제안한다. 또한 종단간 전송 품질이 저하된 경우 제안한 모니터링 방식에서 측정된 결과를 비교분석하여 품질 저하의 원인을 판단하고 원인에 적합한 대응방안을 연계하고자 한다. 이 결과를 바탕으로 네트워크/시스템의 상태 변화에 적응적인 영상/음성 전송 서비스의 가능성을 타진하고 종단간 전송 품질 저하 방지를 위한 효과를 예상한다.

**Key Words** : Network measurement, IP multicast networks, hybrid monitoring, real-time media, and end-to-end performance.

### ABSTRACT

As real-time media applications based on IP multicast networks spread widely, the end-to-end QoS (quality of service) provisioning for these applications have become very important. To guarantee the end-to-end QoS of multi-party media applications, it is essential to monitor the time-varying status of both network metrics (i.e., delay, jitter and loss) and system metrics (i.e., CPU and memory utilization). In this paper, targeting the multicast-enabled AG (Access Grid) group collaboration tool based on multi-party real-time media services, a hybrid monitoring scheme that can monitor the status of both multicast network and node system is investigated. It combines active monitoring and passive monitoring approaches to measure multicast network. The active monitoring measures network-layer metrics (i.e., network condition) with probe packets while the passive monitoring checks application-layer metrics (i.e., user traffic condition by analyzing RTCP packets). In addition, it measures node system metrics from system API. By comparing these hybrid results, we attempt to pinpoint the causes of performance degradation and explore corresponding reactions to improve the end-to-end performance.

\* 광주과학기술원 정보통신공학과 네트워크미디어 연구실. (jwpark, jongwon}@gist.ac.kr)

논문번호 : KICS2005-03-132, 접수일자 : 2005년 10월 20일

※ 본 연구는 한국과학기술정보연구원(KISTI) 주관의 국가그리드 기반 구축 사업의 지원과 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IIITA-2005-(C1090-0502-0022))

The experimental results show that the proposed hybrid monitoring can provide useful information to coordinate the performance improvement of multi-party real-time media applications.

## I. 서론

최근 인터넷에 대한 기하급수적인 수요 증가와 많은 네트워크 및 시스템 자원을 요구하는 멀티미디어 응용 프로그램들의(화상회의, 온라인 게임, VOD 서비스 등) 사용으로 인해 제한된 자원 내에서 응용 프로그램들의 서비스 품질(QoS: Quality of Service)을 보장하는 것은 매우 중요한 요구사항으로 고려되어지고 있다. 서비스 품질을 보장하기 위해서는 먼저 중단간 성능을 잘 표현할 수 있는 지표(metric: 메트릭)를 정의하고 이를 측정하기 위한 방법을 결정하는 것이 선행되어야 한다. 네트워크의 상태를 잘 반영하는 메트릭으로는 지연(delay), 지터(jitter), 손실(loss), 대역폭(bandwidth) 등이 있다<sup>1)</sup>.

메트릭을 측정하는 모니터링 방식은 크게 동적(active) 모니터링 방식과 정적(passive) 모니터링 방식으로 나뉜다<sup>2)</sup>. 동적 모니터링 방식은 측정 패킷(probe packet)을 이용하여 가용 대역폭(available bandwidth)과 병목(bottleneck) 지점, 손실, 지연, 지터와 같은 네트워크 상태를 측정하는데 사용된다. 동적 모니터링 방식은 측정 패킷의 크기가 작고, 분석되어야 할 패킷의 양이 적기 때문에 시스템에 부하를 적게 준다는 장점이 있는 반면, 동적 모니터링 방식으로 측정된 결과는 실제 사용자 트래픽의 서비스 품질과는 차이가 존재한다는 단점이 있다. 정적 모니터링 방식은 별도의 측정 패킷을 만들어 보내지 않고 실제 사용자의 트래픽(traffic)을 측정하는 방식으로 네트워크에 별도의 패킷을 보내지 않기 때문에 중단 사용자의 데이터 흐름(flow)에 영향을 주지 않을 뿐만 아니라 측정된 결과는 실제 사용자 트래픽의 서비스 품질을 반영한다는 장점이 있다. 반면 측정해야 할 패킷의 크기가 크고 패킷의 양이 많아 시스템 자원을 많이 요구하고 응용 프로그램에 많은 영향을 받는다는 단점이 있다. 동적/정적 모니터링 방식의 단점을 보완하고 효율적이면서 정확한 측정을 위하여 두 가지 방식을 모두 사용하는 혼성 모니터링 기법에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다<sup>3,4,5)</sup>.

본 논문에서는 액세스그리드(Access Grid)<sup>6)</sup>를 비롯한 멀티캐스트 기반의 실시간 미디어 전송 시스템에서 서비스 품질 보장을 위한 방안을 모색한다. 이를 위해서 QoS 측정(measurement), QoS 결정

(decision), 그리고 QoS 관리(management) 단계(stage)로 나누어서 고려해 본다. 먼저 QoS 측정을 위해서 본 논문에서는 멀티캐스트 네트워크와 노드 시스템의 상태를 동시에 측정하는 혼성 모니터링 방식을 제안한다.<sup>1)</sup> 제안된 혼성 모니터링 기법은 정적/동적 모니터링 접근 방식을 모두 이용하여 멀티캐스트 네트워크의 상태를 측정하고 시스템 API(Application Programming Interface)로부터 노드 시스템의 CPU와 메모리 사용량을 측정한다. 동적/정적 모니터링 접근 방식을 모두 이용함으로써 서로의 단점을 보완해 주기 때문에 효율적이면서 정확도가 높다. 혼성 모니터링 방식으로 측정된 결과를 바탕으로 중단간 서비스 품질을 추정하고 품질 저하가 있을 경우, 품질 저하의 원인을 판단한다. 자원 관리자(Resource Manager)는 판단된 품질 저하 원인에 따라 적절한 적응형 기법을 선택함으로써 중단간 서비스 품질을 유지한다.

본 논문의 구성은 제2절에서 현존하는 멀티캐스트 측정 도구와 혼성 모니터링 측정 방식에 대해서 알아본다. 이어서 제3절에서는 중단간 성능 향상을 위한 혼성 모니터링 기법에 대해서 알아본다. 제4절에서는 혼성 모니터링 기법에 의해 구현된 모니터링 틀을 소개하고, 제5절에서는 구현된 모니터링 틀을 액세스그리드 환경에 적용한 실험결과를 제시한다. 제6절에서 마감한다.

## II. 관련 연구

### 2.1 멀티캐스트 측정도구

현재 멀티캐스트 네트워크를 측정하는 도구에는 mhealth, mtrace, multicast beacon 등 여러 가지가 있다<sup>11,12)</sup>. 멀티캐스트 네트워크 측정 도구들의 네트워크 상태 정보를 수집하는 방식은 크게 3가지로 나눌 수 있다. SNMP를 이용하여 라우터로부터 멀티캐스트 세션의 참가자와 그 사이 네트워크 상태를 측정하는 방식, 라우터와 같이 다른 장비의 도움을 받지 않고 자신의 응용 프로그램에서 측정하는 방식, 다른 멀티캐스트 모니터링 도구를 이용하는

1) 기존의 혼성 모니터링 기법은 동적/정적 모니터링 기법을 모두 사용하는 방식을 지칭하지만, 본 논문에서의 혼성 모니터링 기법은 네트워크와 시스템의 상태를 모두 측정하는 기법을 의미한다.

방식이 있다. Mtrace 같은 경우 라우터를 이용하여 수신자로부터 송신자까지의 경로에 존재하는 모든 라우터의 상태를 측정하는 방식이다. 이에 반해, Multicast beacon<sup>[11]</sup>은 응용 프로그램 자체에서 측정 패킷을 만들어 보내고 측정 패킷을 응용 프로그램에서 분석하여 송신자와 수신자 사이의 네트워크 상태를 추론한다. Mhealth<sup>[12]</sup>의 경우 mtrace라는 멀티캐스트 모니터링 도구를 이용하여 송신자와 수신자 사이에 존재하는 모든 라우터를 검색하고 검색한 결과를 토폴로지 형식으로 그려준다.

### 2.2 혼성 모니터링 측정 방식

최근 측정 성능을 증대시키기 위해서 동적 모니터링과 정적 모니터링을 혼용하여 사용하려는 노력이 확대되고 있다. B.B. Lowkamp는 그리드 상에서 확장성 있는 측정을 위해서 정적 모니터링 기법과 동적 모니터링 방식을 결합하는 방법을 제안하였다<sup>[3,4]</sup>. 기본적인 개념은 그리드 응용 프로그램이 실행되고 있을 경우에는 측정 패킷을 만들어서 네트워크의 부하를 주는 대신에 정적 모니터링을 이용하고, 응용 프로그램이 실행되고 있지 않을 경우에만 동적 모니터링 기법을 사용하여 네트워크의 상태를 측정하는 방법이다<sup>[3]</sup>. B. Landfeldt 등은 무선 인터넷 상에서 동적 모니터링 기법과 정적 모니터링 기법을 결합한 형태를 제시하였다<sup>[2]</sup>. 모바일 노드에서 연결을 설정할 경우 유선 네트워크 상태를 알기 위해서 먼저 EXPAND 서버에게 요청 패킷(측정 패킷)을 만들어 보낸다. EXPAND 서버는 요청 패킷에 유선 네트워크 정보를 입력하여 모바일 노드로 보내준다. 응답 패킷을 받은 모바일 노드는 응답 패킷의 상태를 분석하여 유선 네트워크 부분과 무선 네트워크 부분 상태를 모두 파악하여 종단간의 경로(path) 상태를 계산할 수 있다<sup>[2]</sup>. M. Aida 등은 동적 모니터링 기법의 정확도를 높이기 위해서 정적 모니터링 기법으로 측정된 데이터를 이용하는 방법을 제시하였다<sup>[5]</sup>.

그러나 현재까지의 혼성 모니터링 기법은 네트워크 상태를 좀 더 정확하게 측정하는 방법론에 초점이 맞추어져 있다. 그러나 현재 많이 사용되고 있는 멀티미디어 응용 프로그램은 네트워크 자원 뿐 아니라 많은 시스템 자원을 요구하기 때문에 이러한 응용프로그램의 서비스 품질을 보장하기 위해서는 네트워크의 상태와 시스템의 상태를 모두 측정해야 한다. 본 논문에서 제안된 혼성 모니터링 기법은 네트워크 상태 측정에 한정된 기존의 혼성 모니터링

기법과는 달리 측정 성능을 향상과 더불어 네트워크와 시스템의 상태를 동시에 측정함으로써 멀티미디어 응용프로그램의 서비스 품질 향상에 도움을 주고자 한다.

### III. 종단간 성능 향상을 위한 혼성 모니터링 기법

그림 1은 실시간 미디어 전송의 종단간 성능 향상을 위한 혼성 모니터링 기법의 프레임워크를 나타낸다. 본 논문에는 IP 멀티캐스트 네트워크를 통해서 RTP/RTCP에 기반한 실시간 미디어 응용 프로그램인 액세스그리드를 대상으로 멀티캐스트 네트워크와 액세스그리드 노드 시스템의 상태를 모두 측정하는 혼성 모니터링 기법을 제안하고, 혼성 모니터링 기법을 사용하여 측정된 결과를 바탕으로 서비스 품질 저하의 원인을 판별하고자 한다. 물론 서비스 품질 저하의 원인으로는 여러 가지가 있을 수 있지만, 본 논문에서는 멀티캐스트 네트워크와 종단 노드 시스템 중 어느 곳의 영향으로 서비스 품질 저하가 발생하는지를 판단하는데 초점을 맞추고자 한다. 현재의 사용되고 있는 대부분의 적응형 기법은 네트워크 자원 부족으로 인하여 발생하는 서비스 품질 저하를 방지하는 기법들이기 때문에 이러한 적응형 기법을 네트워크와 종단 시스템 중 서비스 품질 저하의 원인 판단 없이 사용하게 될 경우 서비스 품질을 더욱 악화시킬 우려가 있다.

그러므로 응용 프로그램의 서비스 품질을 보장하기 위해서는 적응형 기법을 선택하기에 앞서 서비스 품질 저하 원인을 정확히 판단하는 것이 선행되어야 한다. 이를 위해서 QoS 측정(measurement), QoS 만족도/문제점 파악 및 조정 단계로 나누어 고려해 본다.

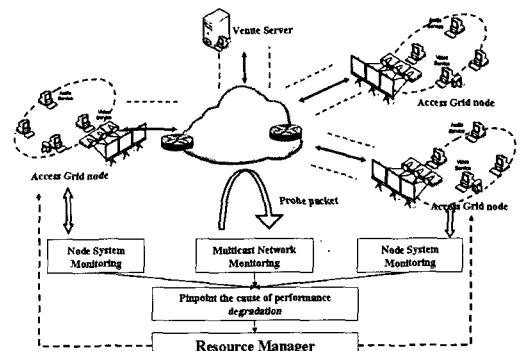


그림 1. 실시간 미디어 전송의 종단간 성능 향상을 위한 혼성 모니터링 기법.

### 3.1 혼성 모니터링에 의한 QoS 측정 단계

QoS 보장/관리를 위한 첫 단계인 측정 단계에서는 참가중인 세션의 멀티캐스트 네트워크(지연, 지터, 손실률)와 참가자의 노드 시스템의 상태(CPU & 메모리 사용량)를 모두 측정한다. 이를 위해 본 논문에서는 혼성 모니터링 기법을 제안한다. 먼저 제안된 혼성 모니터링 기법은 동적/정적 모니터링 접근 방식을 모두 사용하여 멀티캐스트 네트워크의 상태를 측정한다. 동적 모니터링 접근 방식은 중단 사용자가 사용하는 응용프로그램에 관계없이 측정 시나리오에 따라 측정 패킷을 만들어 원하는 시간, 측정하고 싶은 곳에 보낼 수 있기 때문에 정확한 제어가 가능하다는 장점이 있지만 측정 패킷으로부터 측정된 결과는 실제 사용자의 트래픽 품질과는 상당한 차이가 있다는 단점이 있다. 이를 보완하기 위해서 실제 사용자의 서비스 상태를 측정하는 정적 모니터링 기법을 혼용한다. 즉, RTCP<sup>[7]</sup> 패킷을 수집하고 분석하여 실제 사용자 트래픽의 지연, 지터, 손실률을 측정함으로써 모니터링의 정확도를 향상시킨다. 이에 반해, 정적 모니터링 접근 방식은 실제 사용자의 서비스 상태를 잘 반영하지만 응용 프로그램이 실행되는 동안에만 측정이 가능하다는 단점이 있다. 이 경우 사용자의 서비스 상태를 측정하지는 못하지만 동적 모니터링 접근 방식으로 측정된 결과를 이용하여 멀티캐스트 네트워크의 상태를 유추해 볼 수 있다. 이와 같이 동적/정적 모니터링 접근 방식을 혼용하면 서로의 단점을 보완해 주기 때문에 정확하고 효율적인 측정이 가능하다<sup>[6]</sup>. 혼성 모니터링 기법은 시스템 API로부터 액세스그리드 노드 시스템의 CPU와 메모리 사용량을 측정함으로써 시스템의 상태를 유추한다. 물론 시스템의 상태를 CPU와 메모리 사용량으로 정확히 판단하기는 어렵다. 그러나 액세스그리드를 통한 HD 비디오 스트리밍과 같은 영상 전송 시스템에서 무거운 프로세스들에 의해 CPU의 가용 처리능력이 현저히 감소되었거나 CPU의 낮은 성능으로 인하여 부호화/복호화를 고속으로 처리하지 못하는 경우, 영상 복원이 지연될 수 있다<sup>[6]</sup>. 또한 메모리 부족으로 가상 페이지 교환이 빈번해지면, CPU의 부하가 현저히 증가하기 때문에 영상 복원에 문제가 발생할 수 있기 때문에 본 논문에서는 액세스그리드 노드 시스템의 상태를 유추하기 위해서 CPU와 메모리 사용량을 이용하도록 한다.

### 3.2 QoS 만족도/문제점 파악 및 조정 단계

먼저 그림 2는 QoS 만족도 및 문제점을 파악하

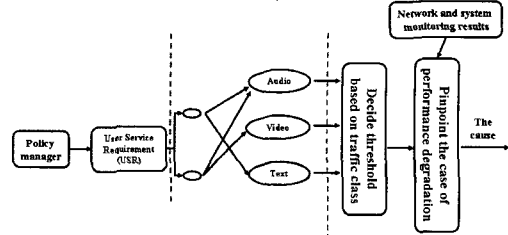


그림 2. QoS 만족도/ 문제점 파악을 위한 과정.

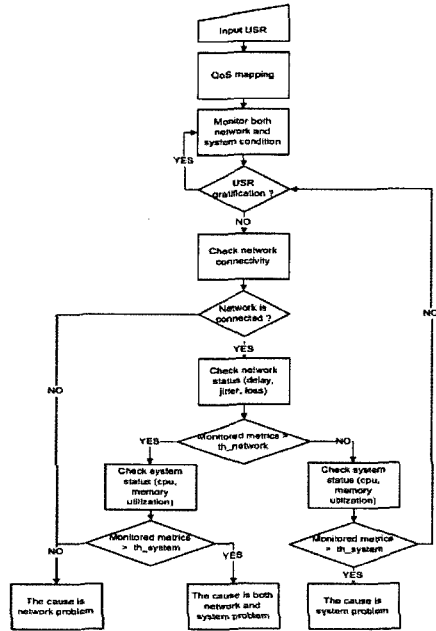


그림 3. 서비스 품질 저하 원인 판단을 위한 순서도

는 과정을 나타낸 그림이다. 사용자는 정책 관리자(policy manager)를 통하여 사용자 서비스 요구치(USR: user service requirement)를 입력한다. 액세스그리드에서는 비디오/오디오/텍스트 등 다양한 미디어 서비스를 제공하고 있기 때문에 이들 서비스에 따라 서로 다른 경계치가 정해져야 한다. 비디오와 오디오 서비스의 경우에는 손실보다는 패킷의 지연, 지터에 더욱 민감한 반면에 텍스트 서비스의 경우에는 패킷의 지연, 지터 보다는 손실에 더욱 민감하다. 그러므로 QoS 만족도/문제점 파악 단계에서는 제공하는 미디어 서비스 종류에 따라 사용자의 요구치를 만족하는 경계치(Threshold)가 정해지고 QoS 측정단계에서 측정된 결과와 경계치를 비교하여 서비스 품질 저하의 원인을 판단한다.

그림 3은 서비스 품질 저하가 발생 하였을 경우 품질 저하의 원인을 판단하기 위한 순서도를 나타낸 것이다. 먼저 현재 서비스되는 품질이 사용자 서

비스 요구치를 만족하는지 검사한다. 사용자 서비스 요구치에 도달하지 못할 경우에는 경계치와 모니터링 결과를 비교, 분석하여 멀티캐스트 네트워크와 액세스그리드 노드 시스템 중 서비스 품질 저하의 원인을 파악한다.

QoS 보장을 위하여 자원 관리자(Resource manager)는 파악된 성능 저하의 원인에 따라 중단간 서비스 품질을 향상시키기 위해서 적절한 조정 기법을 선택해야한다. 예를 들어, HD 미디어 전송을 위해서는 많은 네트워크 자원뿐만 아니라 시스템 자원을 요구한다. HD 전송 서비스에서 낮은 시스템 사양으로 인한 시스템 자원 부족으로 인하여 전송 품질 저하가 발생 하였을 경우, FEC나 sender & receiver based repair scheme<sup>[8]</sup>과 같은 적응형 기법은 서비스 품질을 더욱 악화 시킨다. 이와 같은 경우 네트워크 및 시스템 자원의 사용량을 줄일 수 있도록 송신측에서 전송량을 줄여야한다.

#### IV. 혼성 모니터링 시스템 구현

액세스그리드는 미국 에너지부 산하 아르곤 국립 연구소(Argonne National Laboratory)를 중심으로 개발되고 있는 원격 협업 시스템으로, VIC(Video Conference Tool)과 RAT(Robust Audio Tool)를 이용하여 영상과 음성 서비스를 제공하고 있다. 뿐만 아니라 공유 서비스, 공유 데이터, 공유 응용프로그램을 지원하고 안전한 협업 환경을 보장하기 위한 보안성 있는 통신 채널을 제공하고 있다<sup>[7]</sup>. 현재까지 액세스그리드에서 모니터링을 위한 서비스는 제공되고 있지 않고 있다. 다만 액세스그리드 운영자들은 멀티캐스트 비콘을 사용하여 연결 가능성, 멀티캐스트 네트워크의 지연, 지터, 손실률을 측정하고 있다. 본 논문에서는 액세스그리드에서 모니터링 서비스를 제공할 수 있도록 혼성 모니터링 시스템을 구현하고 액세스그리드 운영자들이 구현된 혼성 모니터링 시스템을 통하여 멀티캐스트 네트워크와 액세스그리드 노드 시스템의 상태를 정확히 측정하여 서비스 품질 저하가 발생 하였을 경우 품질 저하의 원인을 파악하는데 도움을 주고자 한다. 액세스그리드에서는 개발한 응용 프로그램을 액세스그리드에 접목할 수 있도록 공유 어플리케이션(Shared Application)과 같은 다양한 방법을 제공하고 있지만 본 논문에서 구현된 혼성 모니터링 시스템은 아직 액세스그리드와 연동되지 않기 때문에 모니터링을 위해서는 사용자가 모니터링 시스템을 직접 실

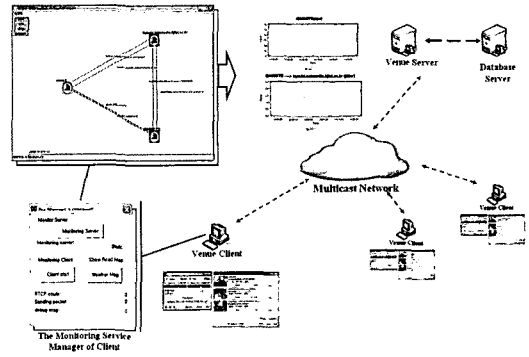


그림 4. 혼성 모니터링 시스템 구현 결과.

행시켜야 한다.

그림 4는 구현된 혼성 모니터링 시스템의 구현 결과를 보여준다. 혼성 모니터링 시스템은 크게 모니터링 클라이언트와 서버로 구성된다. 혼성 모니터링 클라이언트는 메뉴 클라이언트에서, 모니터링 서버는 메뉴 서버에서 실행된다. 혼성 모니터링 클라이언트를 실행하면 그림 4에서와 같은 다이얼로그창이 실행된다. 모니터링 서버(Monitoring Server) 버튼을 클릭하여 혼성 모니터링 서버의 IP를 입력하고 클라이언트 시작(Client Start) 버튼을 클릭하면 멀티캐스트 네트워크 상태(지연, 지터, 손실률)와 중단 노드의 시스템 상태(CPU & 메모리 사용량)를 측정하기 시작한다.

#### 4.1 멀티캐스트 네트워크 & 노드 시스템 측정

그림 5는 혼성 모니터링 클라이언트의 구조를 나타낸 것이다. 먼저 혼성 모니터링 클라이언트는 멀티캐스트 측정 패킷을 이용하여 멀티캐스트 네트워크의 가용성, 지연, 지터, 손실률을 측정한다. 이를 위해서 멀티캐스트 네트워크 측정 툴인 멀티캐스트 비콘을 수정하여, 송신, 수신, 보고, 테이블 갱신 스텝을 다음과 같이 구성한다.

송신 스텝은 멀티캐스트 측정 패킷을 일정한

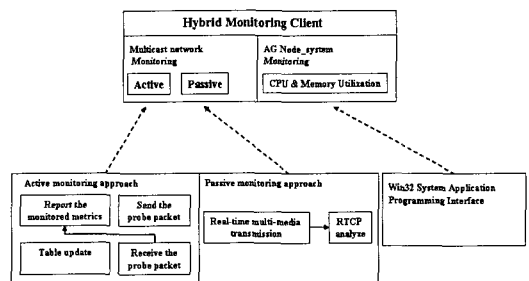


그림 5. 혼성 모니터링 클라이언트의 구조.

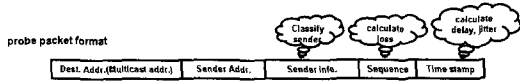


그림 6. 측정 패킷 형식.

주기로 세션에 참가중인 모든 참가자에게 전송한다. 그림 6은 측정 패킷의 형식을 나타낸 것이다. 측정 패킷은 수신자 주소, 송신자 주소, 송신자의 정보, 패킷 번호(packet sequence), 시간 정보(Time-stamp)로 구성되어 있다.

수신 스레드는 송신 스레드에서 보낸 측정 패킷을 받아 이전 패킷의 번호와 현재 패킷의 번호를 비교하여 손실을 구하고, 시간 정보에 있는 값과 현재 시간을 비교하여 단방향 지연, 지터의 평균을 구한다. 보고 스레드는 모니터링 결과를 모니터링 서버에 전송하고, 테이블 갱신 스레드는 모니터링 결과가 저장되는 테이블을 갱신함으로써 현재 세션의 참가자를 갱신한다. 그러나 측정 패킷을 사용하여 측정된 결과는 실제 멀티캐스트 네트워크의 상태를 정확히 반영하지 못한다. 그러므로 오디오 전송 프로그램인 RAT<sup>[14]</sup>에서 만들어지는 RTCP 패킷을 분석하여 중단 사용자의 서비스 상태(지연, 지터, 손실률)를 직접 측정함으로써 모니터링의 정확도를 향상시킨다. 또한 혼성 모니터링 클라이언트는 API로부터 CPU와 메모리 사용량을 측정하여 시스템의 상태를 유추한다.

#### 4.2 Weather Map 형식의 사용자 인터페이스

혼성 모니터링 클라이언트에서 측정된 결과는 모니터링 서버로 전송된다. 혼성 모니터링 서버는 클라이언트에서 측정된 결과를 수집하여 데이터베이스에 저장한다. 사용자가 멀티캐스트 네트워크와 시스템의 상태를 보고자 할 경우, Weather Map 버튼을 클릭하게 되면 혼성 모니터링 클라이언트는 모니터링 서버로부터 데이터를 받아 그림4에서와 같이 자바 애플릿(JAVA applet)으로 보여준다. 그림 4를 자세히 들여다보면 컴퓨터 이미지와 컴퓨터 이미지를 연결하는 링크를 볼 수 있다. 컴퓨터 이미지는 노드 시스템의 상태를 표시하고 링크는 두 노드 사이의 멀티캐스트 네트워크의 상태를 나타낸다. 구현된 혼성 모니터링 틀은 사용자가 쉽게 알 수 있도록 경계치에 따라 서로 다른 색으로 상태를 표시하였다. 즉 하한 경계치를 초과하지 않을 경우 매우 양호를 의미하는 파란색으로, 하한 경계치와 상한 경계치 사이는 양호를 의미하는 노란색으로, 상한 경계치를 초과할 경우에는 문제가 있음을 의미하는

적색으로 표시하였다. 예를 들어, 파란색 컴퓨터 이미지는 노드 시스템의 상태가 매우 좋음을 의미하고 적색의 링크는 두 노드사이의 멀티캐스트 네트워크의 상태가 좋지 않음을 의미한다. 지연, 지터, 손실률을 동시에 표시 할 경우 사용자에게 혼동을 줄 수 있기 때문에 탭을 사용하여 각 메트릭 별로 표시하였다. 즉, 지연 탭을 선택하면 링크의 상태는 멀티캐스트 네트워크의 지연의 상태를 의미한다. 그러므로 사용자는 자바 애플릿을 통하여 멀티캐스트 네트워크의 상태는 물론 세션에 참가하고 있는 모든 노드 시스템의 상태를 쉽게 파악하여 서비스 품질 저하의 원인을 쉽게 판별할 수 있다.

## V. 실험 결과

### 5.1 실험환경 구성

본 논문은 그림 7과 같이 시스코 라우터 2621을 사용하여 기존 사용 중인 망(203.237.53.0)과 다른 사설 망(10.0.0.0)을 구성하고 라우터에서 멀티캐스트 트래픽을 사용할 수 있도록 설정하였다. 세 개의 노드에 베뉴 클라이언트와 혼성 모니터링 클라이언트를 실행하고 베뉴 서버에는 혼성 모니터링 서버를 실행하였다. 또한 MySQL<sup>[15]</sup>를 사용하여 데이터 베이스 서버를 구축하였다. 혼성 모니터링 클라이언트가 멀티캐스트 네트워크의 상태와 노드 시스템의 상태를 측정하여 혼성 모니터링 서버로 전송하면, 모니터링 서버는 측정된 메트릭을 수집하여 데이터 베이스에 저장하였다. 본 논문의 실험은 멀티캐스트 네트워크의 과부하로 인한 서비스 품질 저하가 발생했을 경우와 노드 시스템의 과부하로 인하여 서비스 품질 저하가 발생했을 경우로 나누어 이에 따른 모니터링 결과를 바탕으로 서비스 품질 저하의 원인을 추론해 본다.

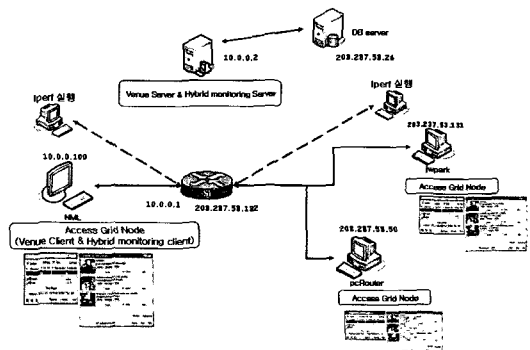


그림 7. 실험 구성도.

5.2 실험결과

5.2.1 네트워크 과부하로 인하여 성능 저하가 발생하였을 경우

첫 번째 실험은 멀티캐스트 네트워크 과부하로 인하여 서비스 품질 저하가 발생했을 경우를 가정한 실험이다. 멀티캐스트 네트워크에 부하를 가하기 위해서 Iperf<sup>[13]</sup>를 사용하여 네트워크의 가용 대역폭을 채우는 정도로 많은 패킷을 만들어 보내는 방법을 사용했다. Iperf는 그림 8과 같이 실험중인 노드 시스템의 상태에 영향을 주지 않기 위해서 별도의 시스템에서 실행하였다.

그림 8은 멀티캐스트 네트워크의 과부하로 인하여 중단간 전송 품질의 성능 저하가 발생 하였을 경우, 혼성 모니터링 시스템에서 측정된 결과를 나타낸 그림이다. 두 개의 그래프 중 점선은 특별한 부하를 가하지 않은 네트워크 상태에서 측정된 결과이고, 실선은 iperf를 사용하여 네트워크에 많은 부하를 가하였을 경우 측정된 결과이다. 그림 8(a)은 중단 사용자 트래픽의 상태를 반영하는 RTCP 패킷을 분석하여 얻어진 지연을 나타낸 그래프로 실선의 그래프가 점선의 그래프에 비해 많이 증가 하였음을 확인 할 수 있다. 그러나 이 결과만으로 멀티캐스트 네트워크와 시스템 중 어느 곳의 영향으로 증가하였는지 알 수 없다. 그림 8(b)는 측정

패킷으로부터 측정된 결과인 멀티캐스트 네트워크상의 지연을 나타내는 그래프이고 그림 8(c)은 시스템의 CPU 사용량을 나타낸 그래프이다. 멀티캐스트 네트워크상의 지연은 크게 증가한 반면 시스템의 CPU 사용량의 증가는 크지 않다. 그러므로 중단간 성능 저하는 시스템이 아닌 멀티캐스트 네트워크 문제로 인한 서비스 품질 저하임을 추론할 수 있다.

5.2.2 시스템의 과부하로 인하여 성능 저하가 발생하였을 경우

두 번째 실험은 중단 노드 시스템의 과부하로 인한 서비스 품질 저하 발생 경우를 가정한 실험이다. 멀티캐스트 네트워크 상에는 부하를 가하지 않고 수신측 중단 시스템에 HD 영상 처리와 같이 시스템 자원을 많이 필요로 하는 프로그램을 실행함으로써 중단 시스템의 CPU 사용량을 증가시켰다.

그림 9는 중단 노드 시스템의 많은 부하로 인하여 중단간 서비스 품질이 저하된 경우의 혼성모니터링의 결과이다. 그림 9(a)에서 나타난 중단간 지연의 증가는 멀티캐스트 네트워크상의 지연을 반영하는 그림 9(b)에 비해 시스템 메트릭인 CPU 사용량(그림 9(c))의 증가가 크기 때문에 시스템 과부하로 인한 서비스 품질 저하임을 추론 할 수 있다.

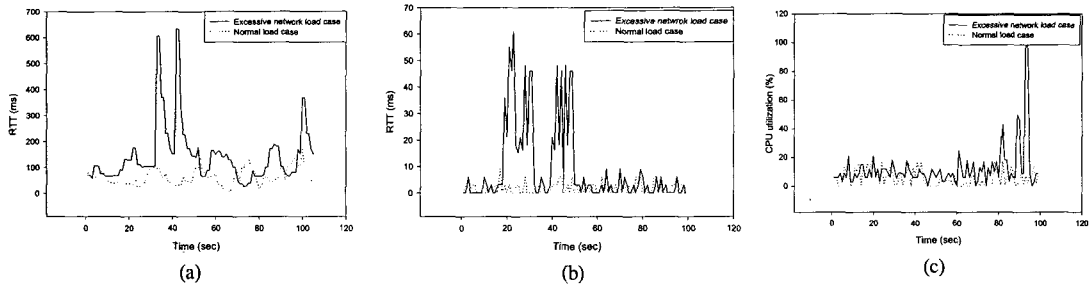


그림 8. 네트워크의 과부하로 인하여 성능 저하가 발생했을 경우. a) 중단간 지연. b) 멀티캐스트 네트워크상의 지연. c) 시스템의 CPU 사용량.

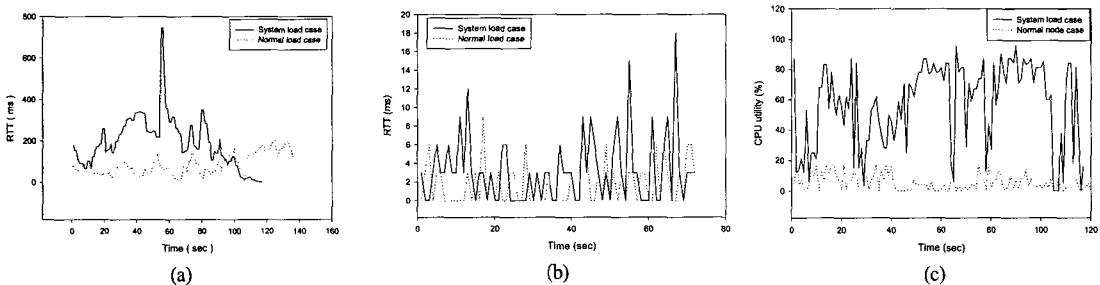


그림 9. 시스템의 과부하로 인하여 성능 저하가 발생했을 경우. a) 중단간 지연. b) 멀티캐스트 네트워크상의 지연. c) 시스템의 CPU 사용량.

## VI. 결론

현재의 멀티미디어 응용 프로그램은 네트워크 자원 뿐 아니라 많은 시스템 자원을 요구하고 있다. 이러한 응용 프로그램의 서비스 품질을 보장하기 위해서는 네트워크와 시스템의 상태를 정확히 측정해야 한다. 본 논문에서는 액세스그리드를 비롯한 RTP/RTCP 기반 실시간 미디어 응용 프로그램을 대상으로 효율적이고 정확한 측정을 위한 혼성 모니터링 기법을 제시하였다. 제안된 혼성 모니터링 기법을 이용하여 멀티캐스트 네트워크와 노드 시스템의 상태를 모두 측정할 수 있는 멀티캐스트 모니터링 툴을 구현하고, 구현된 모니터링 툴을 활용하여 실제 액세스그리드 환경에서 실험을 진행하였다. 이 실험을 통하여 응용 프로그램의 서비스 품질이 저하되었을 경우, 멀티캐스트와 노드 시스템 중 서비스 품질 저하의 원인을 추론할 수 있음을 보였다.

그러나 본 논문에서는 서비스 품질 저하의 원인을 추론할 수 있도록 방안을 제시하였을 뿐 원인에 따른 적응형 기법을 적용함으로써 실제 서비스 품질이 보장됨을 입증하지 못하였다. 이에 대한 연구는 추가로 진행되어야 할 것이다.

## 참고 문헌

- [1] B. Lowekamp, et al., "A hierarchy of network measurements for Grid applications and services(DRAFT)," *GGF NMWG internal Draft*, 2002.
- [2] B. Landfeldt, P. Sookavatana, A. Seneviratne, "The Case for a Hybrid Passive/Active Network Monitoring Scheme in the Wireless Internet" in *Proc. of IEEE international conference networks*, 2002.
- [3] B.B. Lowekamp. "Combining active and passive network measurements to build scalable monitoring systems on the grid." *Performance Evaluation Review*, 30(4): 19-26, 2003.
- [4] M. Angrilli and B.B. Lowekamp "Comparing Passive Network Monitoring of Grid Application Traffic with Active Probes" in *Proc. of Fourth International Workshop on Grid Computing*, November 2003.
- [5] M. Aida, K. Ishibashi, and T. Kanazawa, "CoMPACT-Monitor: Change-of-measure based passive/active monitoring weighted active sampling scheme to infer QoS," in *Proc. of Applications and the Internet(SAINT) Workshops*, 2002.
- [6] J-W. Park and J. Kim, "Hybrid monitoring scheme for real-time media delivery over the multicast network," in *Proc. APAN Network Research Workshop*, pp. 1-8, Cairns, July 2004.
- [7] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, and V. Jacobson, "RTP: A transport protocol for real-time applications," *IETF RFC 3550*, January 2003.
- [8] C. Perkins, O. Hodson, and V. Hardman, "A survey of packet loss recovery techniques for streaming audio," *IEEE Network Magazine*, vol. 12, no. 5, pp. 40-48, September/October 1998.
- [9] Argonne National Laboratory/MCS/<http://www.accessgrid.org/>.
- [10] Internet2/E2E piPEs,<http://e2epi.internet2.edu>.
- [11] NLANR/DAST/, "Multicast Beacon," <http://dast.nlanr.net/Projects/Beacon/>.
- [12] Makofske D. B and Almeroth KC, "MHealth: A Real-time Multicast Tree Visualization and Monitoring Tool," *Technical report, University of California, Santa Barbara. Makofske's Master Thesis*.
- [13] NLANR/DAST/,Iperf,iperf,<http://dast.nlanr.net/Projects/Iperf/>.
- [14] Robust Audio <http://www-mice.cs.ucl.ac/multimedia/software/tat/>.
- [15] MySQL, <http://www.mysql.com/>.
- [16] S. Han and J. Kim, "High-quality video services for the Access Grid," in *Proc. 14th International Conference on Artificial Reality and Telexistence*, pp. 542-547, Seoul, Nov. 2004.
- [17] R. Stevens et. al., "Advanced collaboration environments and scientific workplaces of the future," in *Proc. Advanced Collaborative Environments*, Nice, France, Sept. 2004.



박 주 원 (Ju-Won Park)

정회원

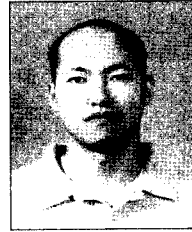


2002년 8월 한국항공대학교 통  
신정보공학과 학사  
2004년 8월 광주과학기술원 정  
보통신공학과 석사  
2004년 9월~현재 광주과학기술  
원 정보통신공학과 박사과정  
<관심분야> Internet QoS, Mul-

ticast Monitoring, Optical Networking

김 종 원 (JongWon Kim)

정회원



1987년 2월 서울대학교 제어계  
측공학과 학사  
1989년 2월 서울대학교 제어계  
측공학과 석사  
1994년 2월 서울대학교 제어계  
측공학과 박사  
2001년 9월~현재 광주과학기술

원 정보통신공학과 부교수

2000년 7월~2001년 6월 미국 InterVideo Inc., Fre-  
mont, CA, 개발자문

1998년 12월~2001년 7월 미국 Univ. of Southern  
California, Los Angeles, CA, EE-Systems Depart-  
ment 연구조교수

1994년 3월~1999년 7월 공주대학교 전자공학과 조  
교수

<관심분야> Networked Media Systems and  
Protocols focusing "Reliable and Flexible  
Delivery for Integrated Media over Wired/  
Wireless Network"