

DiffServ를 이용한 의료용 멀티미디어 네트워크의 QoS 보장에 대한 성능평가 (Performance Evaluation of the QoS Guarantee Mechanisms for Medical Multimedia Network Using DiffServ)

이 상 학*
(Sang-Hag Lee)

요 약

본 논문에서는 의료 진단을 기본으로 한 대량의 멀티미디어 데이터를 최단시간에 전달하는 것을 목표로 하는 의료용 멀티미디어 네트워크의 QoS보장에 대한 성능평가를 연구하였다. 먼저 의료용 멀티미디어 서버의 정의와 각 구성요소의 기능을 정의하였다. 그리고 네트워크는 의료용 멀티미디어 서버를 운용하는데 있어서 필수적인 요소이다. 현재 '최선의 서비스'(best-effort service)인 기존의 네트워크에 대한 고찰을 통하여 문제점과 개선 방향을 도출하였으며, 현재 연구중인 QoS 보장에 대한 방법 등을 분석하였다. 이 분석을 바탕으로 본 논문에서는 의료용 멀티미디어 네트워크에 적용할 수 있는 DiffServ를 대상으로 QoS 모델링을 통하여 지연 성능을 측정할 수 있는 방안을 제안하고 Opnet으로 시뮬레이터를 구현하여 모의 실험을 통하여 성능을 평가하였다.

ABSTRACT

The goal of Medical multimedia server is to develop computer hardware and software which would enable electronic access, storage, transmission, and display of patient data and images. Since the current network only provides so called "best-effort" services, it is impossible to satisfy QoS guarantee that is required for real time application services for emergency room, operating room etc. Accordingly, world-wide research is being made for a variety of services to provide QoS.

The goal of DiffServ is to offer scalable differentiated service in Internet which are made possible by traffic classification and conditioning only performed at an edge(or a boundary) node. In case DiffServ was deployed in the Medical multimedia network, it is difficult to estimate how the QoS mechanism would affect totally the network performance. Therefore, we need to verify by simulation the design of algorithm which provide a variety of differentiated services.

In QoS for Medical multimedia network, a simulator is designed and implemented using OPNET to investigate the performance of DiffServ QoS support mechanism. The developed DiffServ simulator may generate packets according to random, and bursty traffic models in order to incorporate diverse traffic conditions in the Medical multimedia network environment. Based on our simulation results, we confirmed that service differentiation is possible by using the EF(Expedited Forwarding) class in DiffServ networks.

* 정회원 : 영남대학교 의료원 생체의공학과 재직

논문접수 : 2001. 11. 19.

심사완료 : 2001. 12. 5.

1. 서론

컴퓨터 하드웨어의 발달과 네트워크의 보편화로 인하여 의료현장에서 발생하는 문자정보, 음성정보 및 X-ray 장치를 비롯한 의료장비 등에서 발생하는 화상정보를 통합적으로 관리할 수 있는 시스템인 의료용 멀티미디어 서버인 Picture Archive and Communication System(PACS)를 구축하는 것이 용이하게 되었다. PACS는 1970년대 말 이후 컴퓨터 단층촬영장치(Computer Tomography : CT) 장비의 발전으로 인하여 방사선과 영상을 컴퓨터 기술을 이용하여 필름의 전달 대신 디지털 영상의 전달을 목표로 시작되었다[5]. 의료장비의 디지털화 추세와 개인용 컴퓨터를 비롯한 그 주변 장치 등이 급속히 발전함에 따라 PACS는 더욱더 요구되는 실정이다. 시스템의 구성은 문자 정보, 음성 정보 및 영상정보 발생 장치, 영상정보 저장 장치, 근거리네트워크(Local Area Network: LAN)을 비롯한 다양한 네트워크로 구성되어 있다. 이와 같은 시스템은 기존의 하드웨어 자원으로 구현하기 위해서는 많은 제약이 있다. 특히 PACS에서 사용되는 정보는 의료 진단을 기본으로 한 대량의 데이터를 최단시간에 전달하는 것을 목표로 하고 있다[4]. 멀티미디어 네트워크는 PACS를 운용하는데 있어서 필수적인 요소이다. 따라서 네트워크에서의 효율적인 처리와 지원되는 네트워크의 QoS 등이 더욱더 중요한 요건이다. 이런 다양한 형태의 멀티미디어 서비스를 어떻게 효율적이며, 경제적으로 제공할 수 있는지의 여부가 PACS를 구축하는데 있어서 아주 중요하지만 이에 대한 심도 있는 연구와 구현기술이 미흡한 실정이다. 그러므로 성능평가는 네트워크에서의 전송 Quality of Service(QoS) 만족 등의 요소들에 의해서 영향을 받는다. 따라서 의료용 멀티미디어 네트워크의 성능평가도 이들 요소들을 고려하여 접근할 필요성이 있다.

기존의 멀티미디어 네트워크에 대한 고찰을 통하여 문제점과 개선 방향을 도출하였으며, 현재 연구중인 QoS 보장에 대한 방법 등을 분석하였다. 이 분석을 바탕으로 본 논문에서는 멀티미디어 네트워크에 적용할 수 있는 DiffServ를 대상으로 QoS 모델링을 통하여 지연 성능을 측정할 수 있는 방안을 제안하고 모의 실험을 통하여 성능을 평가하였다.

2. 의료용 멀티미디어 서버와 네트워크

2.1 의료용 멀티미디어 서버

임상 진료 시 발생하는 환자의 정보에는 투약, 검사 등과 같은 진료정보와 환자 관리에 필요한 진료 지원 정보가 있다. 이러한 의료정보들은 통합되어 사용되는 것이 아주 효율적이다. 그러나 병원 경영 측면을 위해 진료지원 정보를 관리하는 병원 정보시스템을 중점 구축, 운영하고 있는 것이 현실이다. 상대적으로 진료정보 관리를 위한 시스템의 구축에는 투자 대 이익 측면이 외형적으로 불투명하기 때문에 투자가 빈약하다. 이와 같은 정보처리의 불균형으로 인해 환자 진료 시 이들 정보통합에 소요되는 의료진들의 불필요한 인력손실이 수반된다. 이러한 의료진들의 인력손실은 환자에 대한 양질의 진료에 막대한 차질이 생긴다. 따라서 인력 손실 방지 및 병원 경영의 효율화를 위해 의료행위시 발생하는 진료정보를 컴퓨터와 네트워크를 이용하여 통합 수집하고 처리하는 것이 효과적이다.

현재 병원에서 발생하는 진료정보를 효율적으로 처리하기 위하여 기존의 문자 정보처리 방식인 진료 지원 정보처리에서 벗어나 영상과 신호처리를 위한 멀티미디어 시스템의 도입이 필수적이다. 여기서 의료영상은 임상진단에 필요한 X-ray, CT 등의 의료장비에서 얻어지는 영상정보를 일컫는다. 이들 영상정보는 두 가지로 구분되는데 일반 X-ray 필름 형태로 획득되는 아날로그 영상정보와 CT, Magnetic Resonance Imaging(MRI)과 같이 장비에서 컴퓨터로 처리되어 출력되는 디지털 영상정보로 나눌 수 있다. 기존의 방법으로는 이들 영상정보는 모두 필름형태로 획득된다. 판독은 view box나 alternator를 사용하여 판독되었고, 이때 판독의 결과는 문서로 작성되어 판독의사의 확인을 거친 후, 검사를 의뢰한 의사에게 전달된다. 진료를 마친 X-ray 필름과 판독결과는 창고에 저장된다[3].

이처럼 진료의사에 의해 촬영이 요구되고 나서부터 그 결과에 의해 환자진료에 전달되는데 약 2 - 3일 이상의 기간이 소요된다. 이러한 방법은 환자의 촬영에서부터 필름의 판독까지의 많은 시간이 소요되고 환자의 불편과 병원수입에도 나쁜 영향을 끼친

다. 환자의 증대에 따른 필름을 보관하기 위한 공간이 매년 확대되는 단점이 있다. 따라서 환자의 불편과 필름 소모, 매년 확대되는 필름 저장 공간에 대한 비용, 이에 따르는 인력확충 비용 등의 손실을 줄이고 양질의 의료서비스를 행하기 위하여 의료용 멀티미디어 서버의 구축이 필수적이다.

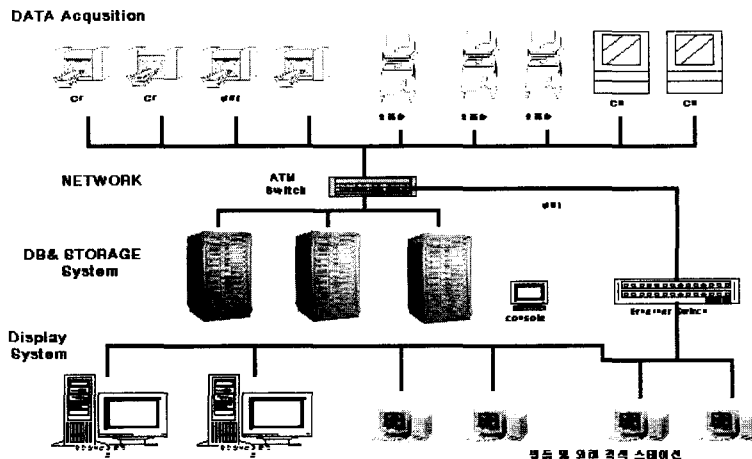
현재 일부 병원에서는 의료용 멀티미디어 서버를 도입, 운영하고 있으나 앞으로 의료용 멀티미디어 서버의 도입에 대한 검토와 고려는 모든 병원에서 실제적인 문제로 부각될 것으로 보여진다. 하지만 의료용 멀티미디어 서버를 설치하여 운영하기 위해서는 여러 가지 해결해야할 문제점이 있는데 그 중에서도 가장 중요한 문제는 대용량의 데이터 저장과 네트워크의 응답 문제이다. 의료용 멀티미디어 서버는 영상정보, 문자정보 및 음성정보를 전달해야하는데 이는 단위시간에 전달 해야될 데이터의 양이 크기 때문에 네트워크에 큰 부담으로 작용하고 있다. 병원에서 사용되는 영상의 종류에는 일반적인 전송을 요구해도 문제가 없는 정보와 응급환자, 중환자의 영상과 같이 실시간 응용 서비스가 요구되는 정보로 나눌 수 있다. 그러나 현재의 의료용 멀티미디어 네트워크에서는 이와 같은 정보의 종류에 구분 없이 모든 멀티미디어 정보를 동일한 전송속도 개념에서의 서비스만을 지원한다. 따라서 실시간 응용 서비스가 요구되는 엄격한 서비스 품질 보장을 만족시킬 수 없어서 사용자의 불만이 가중되고 있다.

2.2 의료용 멀티미디어 서버의 구성요소

의료용 멀티미디어 서버는 DICOM 규격에 따라 촬영한 영상 정보를 저장, 관리, 전달하고 있으며 의료영상장비, 방사선과, 각 임상 의사 및 병동 등 환자를 관리하는 모든 부서들을 하나로 연결하고 있다. 의료용 멀티미디어 서버의 구성요소는 영상획득장치, 영상저장 및 제어장치, 영상출력장치, 그리고 이들을 연결시켜주는 네트워크 장치로 구성된다. [그림 1]에 의료용 멀티미디어 서버의 기본 구성도를 나타내었다.

2.3 의료용 멀티미디어 네트워크

의료용 멀티미디어 네트워크는 영상획득 장치에서 추출한 각종 의료영상정보를 영상저장 및 제어장치를 통해서 방사선과나 외래 진료실, 병동 등의 사용자에게 전달하도록 하는 경로의 역할을 한다. 컴퓨터 네트워크의 특성상 네트워크를 통한 정보 전달의 한계성이 있기 때문에 효율적인 네트워크의 구성 및 운영이 의료용 멀티미디어 네트워크의 중요한 부분중의 하나이다. 의료용 멀티미디어 네트워크의 특성중의 하나가 고해상도의 대용량 의료영상을 실시간 적으로 전송하기 위한 것이기 때문에 네트워크에서 전송속도의 최적화와 에러율의 최소화를 유지해야한다. 네트워크 구축



[그림 1] 의료용 멀티미디어 네트워크 기본 구성도
[Fig. 1] Block diagram of Medical multimedia network

시에는 신뢰성, 확장성, 표준성, 경제성 등을 고려하여 설계한다. 조회용의 경우에는 전송 시간의 제약을 크게 받지 않으나 진단용의 경우에는 정확하고 신속한 진료를 위하여 의료장비에서 생성된 영상이 일정시간 이내에 영상표시장치로 전송되어야 한다. 의료용 멀티미디어 네트워크에서 사용되는 네트워크 기술은 대량의 데이터를 고속으로 전송하기 위해서 *Asynchronous Transfer Mode(ATM)*이나 *Fiber Distributed Data Interface(FDDI)* 기술을 사용하나 멀티미디어 정보 전송이 우수한 *ATM*이나 기가비트 백본에 *Fast Ethernet*을 사용하는 추세로 진행되고 있다.

1999년에 가동하기 시작한 서울 중앙병원의 *Phase II PACS*의 네트워크 구성을 살펴보면 영상전송을 위한 네트워크(*ImgNet*), DB 데이터전송 및 타 시스템과의 연동을 위한 네트워크(*InfNet*), 각각의 검사장비로부터 영상 출력장치로 영상을 전송하기 위한 네트워크(*AcqNet*) 등으로 구성 되어있다. *ImgNet*는 영상데이터 전송을 위하여 *155Mbps*를 지원하는 *ATM*을 사용하였다. 영상출력장치는 *ATM*을 통하여 파일서버로 영상 데이터를 전송하고 출력장치도 *ATM*을 통하여 영상 데이터를 전송 받아 표시한다. 특히 파일서버는 4 대의 *ATM*을 가지고 동시에 발생하는 의료영상 처리를 분산 처리한다. *Phase II*에서는 현재 사용하고 있는 *ATM* 용량이 포화되어 있고 투자 대비 효율을 고려하여 기가비트 백본의 *100MB* 패스트 이더넷을 사용하고 있다. *InfNet*은 *PACS*내의 모든 클라이언트들을 통합하는 네트워크으로서 *Phase I*에서의 *100 Mbps* 전송대역폭을 갖는 *Dual-FDDI*를 백본으로 하는 *10 Mbps Switched Ethernet*으로 구성되어 있다. *Phase II*에서는 기가비트 백본의 *100 Mbps* 패스트 이더넷으로 구성할 예정이다. 기능으로서 데이터베이스의 데이터 전송이 주 기능이며, *ATM* 링으로 접속될 수 없는 일부 클라이언트의 영상정보의 전송을 담당한다. *AcqNet*은 각 검사장비나 *DICOM* 게이트웨이로부터 해당 영상출력장치에 영상정보를 전송하기 위한 네트워크이다. 영상출력장치에서는 의료영상 획득 네트워크와 전송 네트워크 분리함으로써 전체 네트워크의 부담을 줄이도록 하였다[1].

3. 의료용 멀티미디어 네트워크를 위한 QoS 보장 기법

현재 병원 정보통신 환경은 처방전달 및 원무 정보 처리를 위한 전산 시스템으로 구성되어 있는 문자 정보 지향 네트워크로 설계되어 있어서 멀티미디어 정보를 처리하기에는 부족한 점이 있다. 따라서 원활한 임상진료를 위해서 환자의 영상정보, 진료소견에 필요한 음성정보 및 동영상 정보의 전달 필요성이 대두되고 있다. 하지만 의료정보들을 최대한 유기적으로 활용하기 위해서는 현재 사용되고 있는 의료정보시스템과 환자 검사에 관련한 영상정보와 음성정보를 통합하는 방향으로 진행되고 있다. 이와 같이 정보들의 통합은 하나의 네트워크로 묶어서 사용해야 한다. 통합 망에서는 여러 가지 다양한 트래픽이 혼합되어 존재하므로 사용자의 요구에 충족할 수 있는 서비스 품질(QoS)을 제공 되어야 한다. 그리고 같은 의료 정보라고 하더라도 응급실 등과 같은 부서에서는 실시간 응용 서비스가 요구되는 엄격한 서비스 품질이 보장된 정보를 전달해야하는 필요성이 있다. 따라서 다양한 트래픽에 대해서 서로 다른 QoS를 제공하기 위한 연구가 필요하다[10].

3.1 QoS

기존의 네트워크에서 처리되는 모든 정보는 지연이나 손실에 대하여 보장이 되지 않는 '최선의 서비스'(best-effort service)인 비보장형 서비스(non-guaranteed service)를 제공하고 있다. 이것은 사용자의 요구에 관계없이 모든 패킷이 라우터에서 동일하게 처리되는 결과이다. 그러나 의료용 멀티미디어 네트워크에서는 실시간 보장성이 중시되고 있는바, 기존의 네트워크와는 달리 각 플로우에 대한 QoS 보장과 더불어 망의 속도 개선이 요구된다. 여기서 QoS는 사용되는 대역폭, 패킷 손실률, 패킷 지연과 같은 파라미터에 의하여 기술되는 패킷 전달 서비스의 특징을 의미한다[6].

QoS 보장을 위하여 가장 쉬운 방법은 폭주(congestion)가 일어나지 않도록 백본(backbone)망의 대역폭을 충분히 크게 확보하는 것이다. 그러나 대역폭을 크게하고 기존 망의 최선의 서비스 구조를 그대로

유지할 경우 QoS가 보장될 수 없다. 현재의 서비스 구조에서는 특정 노드나 네트워크에서 불시에 폭주 현상이 발생할 수 있는데, 이런 폭주를 모두 대비하여 대역폭을 높인다는 것은 비용 효율적이지 못하고, 불가능한 것이다. 따라서 대역폭을 충분히 크게 하여도 최소한의 QoS 보장 방법이 수반되어야 원하는 성능을 얻을 수 있다[7,8].

3.2 QoS 보장 방법

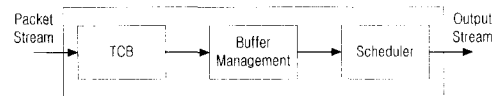
3.2.1. DiffServ

DiffServ 네트워크의 목표는 인터넷에서 확장가능한 차별 서비스를 제공하는 것이다. DiffServ는 네트워크 에지 라우터에서만 수행되는 트래픽 분류와 조절로서 확장 가능하다. DiffServ 네트워크에서 패킷 집합 분류 및 처리는 트래픽 처리가 많지 않은 에지 라우터에서 수행을 하고 코어 라우터는 패킷별 처리만으로 빠른 전달만을 수행하도록 한다[2]. 코어 라우터에서의 패킷 처리가 단순해지게 된 것은 홉간의 패킷처리 규칙을 규정된 PHB 개념의 도입으로 가능해졌다. DiffServ에서 PHB는 한 라우터에서 다른 라우터로 트래픽을 전달하는 기본 방침이 된다. DiffServ 네트워크의 입구 에지 라우터에서는 먼저 패킷을 분류한 다음, 분류된 패킷은 TCA를 기준으로 트래픽 조절기에 의해 미터링, 마킹, 셰이핑 기능으로 처리된 IP 패킷은 DSCP 값을 헤더에 싣고 DiffServ 네트워크로 진입한다. 도착한 패킷의 DSCP에 의해 라우터는 PHB를 적용한다. DSCP 값을 이용해 Internet Draft에 권고된 PHB 그룹으로는 Default, Assured Forwarding, Expedited Forwarding, Class Selector Compliant, Dynamic RT/NRT PHB 그룹 등으로 분류된다. 이들 PHB들은 DSCP에 의해 탈락 우선권 (Drop Precedence: DP) 레벨을 설정할 수 있다. 각 PHB를 위한 DSCP 값들은 다음과 같다. DP0=000xxx, DP1=001xxx, DP2=010xxx, DP3=011xxx, DP4=100xxx, DP5=101xxx, DP6=110xxx, DP7=111xxx. 탈락 우선권이 낮은 레벨(DP0)은 상대적으로 높은 순서를 나타낸다. DiffServ 트래픽 차별화에서의 주요 개념은 상대적으로 높은 순서를 나타내는 DP 레벨로 마킹된 패킷이 상대적으로 낮은 순서를 나타내는 DP 레벨로 마킹된 패킷

보다 적시에 전달되는 확률이 더 높다는 것을 보장하는 것이다[9]. PHB의 구현을 위해서 버퍼관리와 패킷 스케줄링 메커니즘 등이 이용된다.

3.2.2 DiffServ 모델

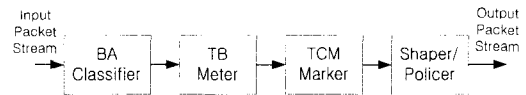
DiffServ 모델에서 핵심 노드가 DiffServ 라우터라고 할 수 있다. DiffServ 라우터에는 두 가지 유형이 있다[8]: 에지 라우터, 코어 라우터. 본 논문에서는 에지 라우터에 초점을 맞춘다. DiffServ 네트워크의 핵심 부분인 DiffServ 에지 라우터 구조[그림 2]에 나타내었다. 에지 라우터의 구성 요소로는 TCB, 버퍼 관리, 스케줄러의 요소로 이루어져 있다.



[그림 2] DiffServ 에지 라우터 구조

[Fig. 2] Diagram of DiffServ edge router

TCB는 트래픽 분류기능과 조절기능이 조합되어 있는 블록이다. 트래픽 분류기는 BA 분류기를 사용하여, DSCP 필드를 이용하여 패킷을 분류한다.



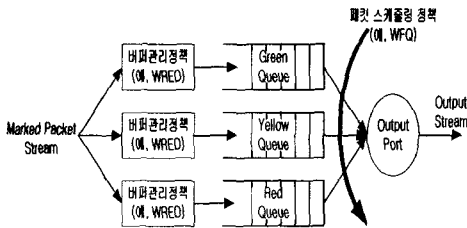
[그림 3] TCB 구조

[Fig. 3] Diagram of TCB

분류된 패킷은 [그림 3]에서처럼, TB Meter를 통과하게 된다. TB Meter는 각 패킷을 Metering하고 그 패킷과 Metering 결과를 Marker로 보낸다. Metering은 토큰 버킷을 이용하고, Marker는 특별한 코드포인터에 DS 필드를 설정함으로써 Metering 결과를 반영한다.

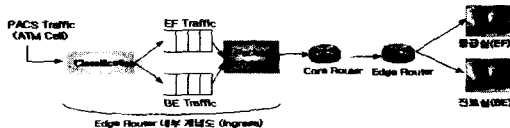
TCM Marker는 마킹을 하기 위해서 세 가지 파라미터를 사용한다: 평균율, 침투율, 버스트 크기. 먼저 평가된 트래픽율이 평균율보다 작거나 동일하다면 녹색으로 표시하고, 평가된 율이 평균율보다는 크지만 침투율보다 작거나 동일하다면 노란색이나 녹색으로 표시한다. 평가된 율이 침투율을 초과한다면 빨간색

으로 표시한다. 마킹된 패킷은 큐잉 단계(큐잉/디큐잉)로 넘어가는데, 본 연구에서 이용할 큐잉 요소 메커니즘은 WFQ, Weighted Round-Robin(WRR)과 같은 패킷 스케줄링 알고리즘을 사용[그림 4]해 차별 서비스를 지원한다.



[그림 4] Buffer management와 scheduler 구조
[Fig. 4] Diagram of Buffer management and Scheduler

본 연구에서는 FIFO 와 WFQ 스케줄링 알고리즘을 사용하여 DiffServ에서 얼마나 좋은 성능을 지원할 수 있는가를 모의 실험하였다. [그림 5]에 DiffServ를 이용한 PACS 망의 시뮬레이션 모델을 제시하였다.



[그림 5] DiffServ를 이용한 의료용 멀티미디어 네트워크의 시뮬레이션 모델

[Fig. 5] Simulation model of medical multimedia network using DiffServ

4. QoS 보장기법의 모의실험 및 성능평가

본 장에서는 QoS 보장을 위해 제시된 DiffServ 기법의 성능을 평가하기 위하여 시뮬레이터를 설계 및 구현하고 성능분석 결과를 제시한다.

4.1 DiffServ 시뮬레이터 설계 및 구현

본 절에서는 소프트웨어 시뮬레이션 도구인 OPNET을 사용해, DiffServ의 QoS 기능을 성능 평가하기 위하여 시뮬레이터를 구현하였다. 패킷 크기는 512 바이트(Byte)이며, 패킷 전송율은 155(Mbps)로 설정했다. DiffServ 구조 내의 메커니즘을 이해하고 구현된 네트워크가 올바르게 동작하는지 검사하기 위해서는 통계치가 필요하다. 네트워크 성능을 위해 사용한 통계치는 평균 종단간 지연 통계치(Average End-to-End delay statistic)이다. 평균 종단간 지연 통계치는 시스템의 성능을 분석하고 개선을 연구하기 위해 사용되었다. 먼저 DiffServ 시뮬레이터에서 구현된 트래픽 조절 기능들을 설명한다.

4.1.1 트래픽 조절 기능

1) 분류(Classifying)

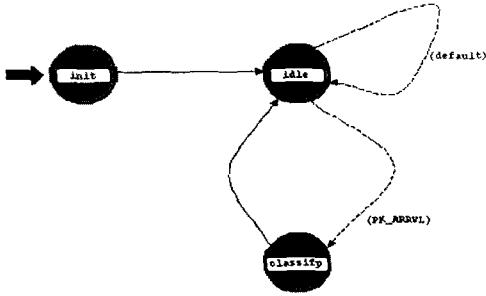
BA 분류는 코드포인트만으로 분류하여 구현되었다. 패킷간 차별화를 만들기 위해 IPv4 헤더에 있는 DSCP에 접근하도록 만들었다. OPNET에서는 IP 패킷의 모든 헤더 필드가 필요한 것이 아니기 때문에, 실제로 이용되는 필드만 구성했다. [그림 6]은 DSCP 필드(DS byte)를 포함하는 IP 패킷 필드를 보여준다.



[그림 6] DS Code Point를 가지는 IP 패킷 필드
[Fig. 6] IP packet field include DS Code Point

2) 마킹(Marking)

도착하는 패킷은 코드포인트의 클래스 선택자에 의해 트래픽 클래스 EF, BE 트래픽으로 분리된 후, 마킹되고 큐잉된다. [그림 7]은 TCB의 프로세스 모델을 보였고, "classifier" 상태에서 입력 스트림을 통해 입력되는 패킷을 BA 분류 방법으로 분류하고, "marking" 상태에서 marker에 의해 DSCP에 마킹을 한다.



```

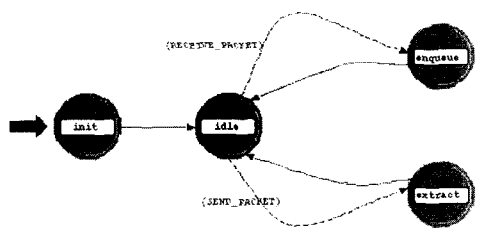
/* classify & marking */
op_pk_nfd_get(pkptr, "tos", &tos_value);
switch(tos_value)
  case tos : Classify to PHB Class;
             DSCP marking;
             break;

```

[그림 7] 분류 및 마킹 프로세스 모델
 [Fig. 7] processor model for classification and marking

3) 큐잉(Queuing)

DiffServ 구조의 장점을 얻는데 큐잉 알고리즘은 매우 중요하다. 여기서는 FIFO와 WFQ(Weighted Fair Queue) 스케줄링 알고리즘이 시스템에서 구현되었다. [그림 8]은 WFQ 큐잉 프로세스 모델과 간단한 알고리즘을 보여준다. 마킹된 패킷들은 해당하는 각 큐에 입력이 된다. 그 다음 WFQ 트래픽 스케줄링을 사용해, 가중치를 부여받은 패킷 스트림은 차등화된 대역을 할당받는다.



```

pkptr=op_pk_get(op_intrpt_strm());
switch(DSCP)
  case BE: Insert into low weight Queue;
  case EF: Insert into high weight Queue;
  |
  Service according to each Queue weight

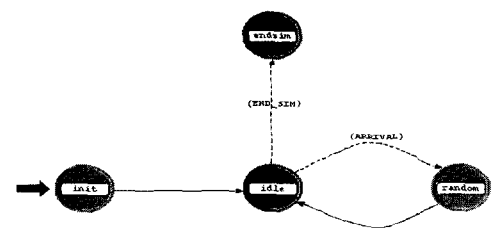
```

[그림 8] WFQ 프로세스 모델
 [Fig. 8] WFQ processor model

4.1.2 패킷 생성기

1) 랜덤 트래픽 모델

랜덤 트래픽 생성기에서의 패킷 도착은 파라미터 traffic_load를 가지며 베르누이 프로세스(Bernoulli Process)에 의해 생성된다. 파라미터 traffic_load는 사용자 입력 파라미터이며, 그 값은 $0 \leq \text{traffic_load} \leq 1$ 이다. traffic_load는 임의의 타임 슬롯에 패킷이 생성될 확률이고 $(1 - \text{traffic_load})$ 는 패킷이 생성되지 않을 확률이다. [그림 9]는 랜덤 트래픽 생성기 프로세스 모델 및 알고리즘을 보여준다.



```

Generate a random number r;
if(r <= traffic_load)
  {
  pkptr=op_pkt_create_fmt("ip_header");
  /* Generate Packet with ToS field */
  op_pk_nfd_set(pkptr, "tos", "tos_value");
  op_pk_send(pkptr, next_node);
  }

```

[그림 9] 랜덤 트래픽 생성기 프로세스 모델
 [Fig. 9] Random traffic generation processor model

4.2 DiffServ 성능분석 시나리오

DiffServ 기능 검증을 위하여 앞 절에서 구현된 DiffServ 시뮬레이터를 사용하여 DiffServ 네트워크를 구현해 PACS QoS 지원 기능에 대한 성능 평가를 수행할 필요가 있다. 그래서 성능분석을 위한 시나리오를 두 가지 만들어 DiffServ 시뮬레이터를 이용하여 모의실험을 수행하고 성능 평가를 수행하였다.

네트워크 성능평가에 사용될 파라미터로는 큐잉 지연, 처리율, 버퍼 점유율, 패킷 손실률 등이 있는데 여기서는 트래픽의 평균 종단간 지연에 초점을 맞추었다.

4.2.1 적용 트래픽 스트림

여러 가지 시뮬레이션 시나리오를 통해 DiffServ 시뮬레이터의 장점을 보여주려고 하였다. 시나리오에 적용된 트래픽 스트림은 두 가지, EF와 BE PHB 트래픽으로 시나리오마다 모든 트래픽이 동일하게 사용된다.

첫 번째 시나리오는 DiffServ가 없는 기존의 의료용 멀티미디어 네트워크를 나타낸다. 나머지 시나리오는 DiffServ로 작동하지만 약간의 차이점이 있다. 두 번째 시나리오는 라우터 개수를 3개로 설정했고, 전송되는 트래픽 스트림은 시나리오 1과 동일하다. 다른 환경설정은 동일하다. 각 시나리오를 <표 1>에 요약했다.

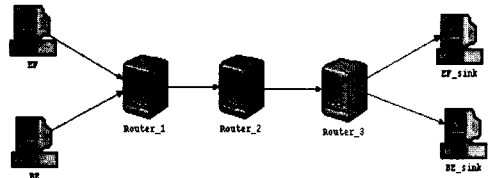
<표 1> 성능분석을 위한 시나리오
 <Table 1> Scenario for performance evaluation

시나리오	트래픽 모델	PHB	큐잉 알고리즘	라우터 개수	통신 모드
시나리오 1	- 랜덤 트래픽 모델	- EF - BE	FIFO	3	단방향
시나리오 2	- 랜덤 트래픽 모델	- EF - BE	WRQ	3	단방향

4.2.2 기존 의료용 멀티미디어 네트워크

[그림 10]은 기존의 의료용 멀티미디어 네트워크에서의 시나리오를 보여준다. 이 시나리오는 DiffServ 시

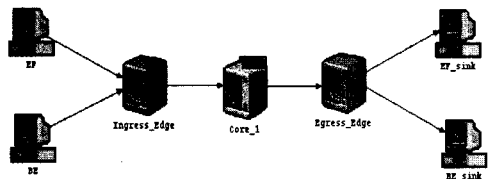
나리오의 장점을 보여주기 위해 만들어졌다. 이 모델에서는 TCB가 없고, 오로지 한 개의 큐만이 모든 입력 트래픽을 받아들인다. 적용되는 트래픽 스케줄링 정책은 FIFO이다.



[그림 10] 시나리오 1
 [Fig. 10] Senario 1

4.2.3 DiffServ 망

본 논문에서 제안한 DiffServ 시뮬레이터가 적용될 시나리오에서는 앞 절에서 설명된 DiffServ 기능을 가진 라우터가 사용된다[그림 11]. 라우터는 세 개가 사용되며, 코어 라우터(Core_1)는 트래픽을 분류, 마킹, 재분류하지 않고 포워딩 기능만을 가지므로 보다 작은 큐와 작은 처리지연을 가진다. 그러나 에지 라우터(Ingress_Edge, Egress_edge)에서는 DiffServ 기능을 가진 TCB 기능이 사용된다.



[그림 11] 시나리오 2
 [Fig. 11] Senario 2

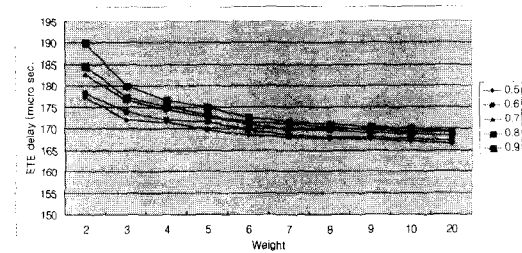
4.3 DiffServ 성능평가

본 절에서는 차별 서비스를 지원할 수 있는 시뮬레이터를 개발하여 성능 모의실험 결과를 제시하고 분석하였다. 구현된 시뮬레이터는 DiffServ 네트워크

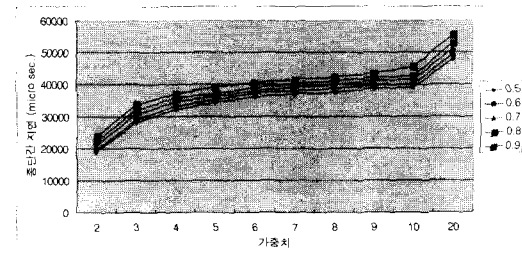
의 핵심인 DiffServ 라우터의 성능 분석을 위하여 사용될 수 있다. 이 시뮬레이터에서는 버스티 트래픽, 랜덤 트래픽에 대해서 차등화 서비스의 QoS 지원 기능을 성능 평가할 수 있다. 그러므로 본 논문에서는 구현된 각 트래픽 모델(즉, 랜덤, 버스티 모델)에 대해 EF 및 BE PHB 두 가지 트래픽 클래스로 차별 서비스에 대한 모의실험을 수행하였다.

4.3.1 랜덤 트래픽

[그림 12]의 (a)와 (b)는 트래픽 부하량 50%에서 90%까지에 대하여 EF와 BE 트래픽의 평균 종단간 지연을 보여주고 있다. 여기서는 가중치가 높을수록 EF 트래픽의 평균 종단간 지연이 감소하고 있는 것을 보여주고 있다. 반면 BE 트래픽의 평균 종단간 지연은 증가하는 것을 알 수 있다. 즉, EF와 BE 서비스의 분리로 현재 인터넷에서는 제공되지 않는 차등화 서비스가 가능함을 보여준다.



(a) EF 클래스 평균 종단간 지연
(a) Average ETE delay of EF class

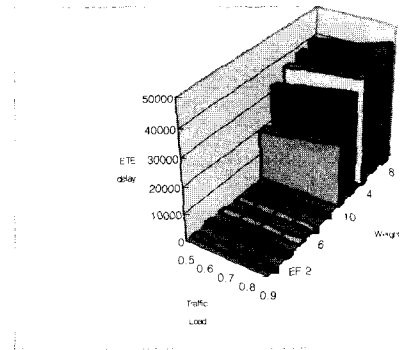


(b) BE 클래스 평균 종단간 지연
(b) Average ETE delay of BE class

[그림 12] 가중치 값에 따른 평균 종단간 지연
[Fig. 12] Average ETE delay according to Weight value

EF 트래픽은 모든 부하에 대해서 가중치 8 이후는 거의 조금씩 감소하고 있는 것을 보여주며, BE 트래픽은 가중치 10까지는 서서히 증가하지만, 그 이후는 급격히 증가하고 있다. 가중치 10 이상의 값에서는 EF 트래픽의 평균 종단간 지연이 줄어드는 것에 비해 BE 트래픽의 평균 종단간 지연이 많이 증가하는 것을 볼 수 있다. 즉, EF 트래픽이 얻는 지연의 감소에 비하여 BE 트래픽의 종단간 지연이 더 많이 증가됨을 알 수 있다. 그러므로, WFQ 큐잉 스케줄링에서 너무 큰 값의 가중치 할당은 좋지 않은 것으로 분석할 수 있다. 네트워크 부하에 따른 가중치 할당에 관한 튜닝 작업도 DiffServ 네트워크에서는 아주 중요한 작업으로 판단된다. [그림 12]에서 BE 클래스의 지연은 전체적인 트래픽 인가부하보다 가중치의 값에 더 많은 영향을 받는 것으로 또한 분석된다.

[그림 13]은 EF와 BE 트래픽의 평균 종단간 지연을 한 그래프 내에 나타내었다. 이 그림에서는 EF와 BE 서비스간의 지연이 확실히 차별화되는 것을 비교할 수 있다. 높은 전체 인가 부하에서도 EF 서비스는 QoS가 보장되는 반면에 BE 트래픽의 종단간 지연은 상대적으로 크게 증가됨을 볼 수 있다.



[그림 13] EF와 BE 서비스의 평균 종단간 지연비교
[Fig. 13] Average ETE delay compare to Weight value

4.3.2 QoS 보장 대비 보장 기법의 성능 비교

[그림 14]는 랜덤 입력 트래픽 모델에 대하여, EF 클래스에 대하여 Non-DiffServ(즉, FIFO 서비스)와

DiffServ를 사용한 경우 모의 실험한 결과를 보여준다. Non-DiffServ 시뮬레이터에서는 FIFO 큐잉 스케줄링 정책을 사용(시나리오 1)했고, DiffServ 시뮬레이터에서는 WFQ 큐잉 스케줄링 정책을 사용(시나리오 2)하여 모의실험 하였다. 동일한 EF 클래스에 대해, FIFO 큐잉 스케줄링 정책을 사용한 경우보다 WFQ 큐잉 스케줄링 정책을 사용한 경우가 종단간 QoS 보장이 분명하게 지원됨을 알 수 있다.

여기서, 그래프 결과로는 나타내지 않았지만, 다른 트래픽 특성인 버스티 특성을 가진 EF 트래픽에 대해서도 라우터 개수가 증가할수록 종단간 지연이 증가함을 볼 수 있었다. 그러므로 실제 테스트베드 구축 시 라우터 개수 튜닝 작업에 이 결과가 도움이 될 수 있을 것으로 예상된다.

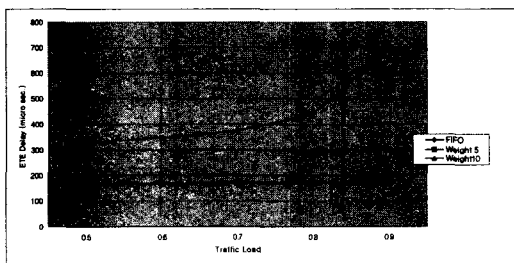


그림 14) 큐잉 스케줄링에 따른 랜덤 트래픽 모델의 평균 종단간 지연

[Fig. 14] Average ETE delay of random traffic according to queing scheduling

5. 결론 및 향후 연구과제

의료용 멀티미디어 네트워크에 적용되는 데이터는 멀티미디어 특성을 가지고 있다. 이러한 데이터를 효율적으로 사용하려면 네트워크에서의 실시간 데이터 전송을 위한 QoS 보장이 요구되고 있다. 따라서 네트워크의 QoS를 보장할 수 있는 기법을 필요로 한다.

본 논문에서는 사용자의 실시간 데이터 전송요구에 충분히 응답하기 위해서는 QoS 보장이 필요하다. QoS 보장을 위해서 본 논문에서는 DiffServ 네트워크를 OPNET으로 구현해 성능평가를 하기 위한 방안을 제안하고 성능 분석을 수행하였다. 설계된 DiffServ 네트워크에서는 패킷생성기를 이용하여 패킷을 발생시킨 후, DiffServ 라우터에서 분류, 미터링 및 마킹을 하고 마킹 결과에 따라 WFQ 트래픽 스케줄링 정책으로 QoS 보장을 제공받게 된다.

4.3.3 라우터 개수에 따른 결과 및 분석

[그림 15]는 라우터 개수에 따른 EF 트래픽의 평균 종단간 지연을 보여준다. 여기서는 랜덤 트래픽만을 고려하고, DiffServ 시뮬레이터에서 Weight는 10으로 설정해 모의 실험한 결과를 보여준다. 트래픽 부하에 상관없이 라우터 개수가 증가할수록 평균 종단간 지연도 증가함을 확실하게 볼 수 있다.

본 논문에서 구현한 DiffServ 시뮬레이터를 통하여 랜덤, 버스티 트래픽 모델을 사용하였을 경우에 대하여, 다양한 입력 파라미터에 대하여 모의실험을 수행하고 성능평가를 수행하였다. PACS 환경에서 DiffServ 기능을 이용하여 EF와 BE 클래스의 서비스 분리가 가능함을 확인할 수 있다. 그러나 BE 클래스에 대하여는 상황에 따라서 지연이 과다하게 발생함으로 의료용 멀티미디어 네트워크의 입력단에 수락 제어등을 통한 트래픽제어가 필요한 것으로 사료된다. 그리고 주어진 자원을 EF와 BE 클래스 사이에 효율적으로 분배하기 위하여 WFQ에서의 Weight factor에 대해서도 망의 상태를 고려한 튜닝 작업이 절대적으로 필요한 것으로 분석된다.

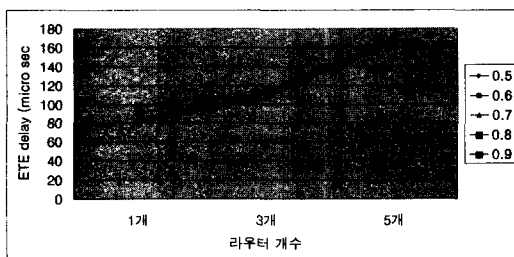


그림 15) 라우터 개수 따른 평균 종단간 지연

[Fig. 15] Average ETE delay according to No. of routers

본 논문의 향후 연구과제는 다음과 같다. DiffServ 네트워크에서 망의 QoS를 제공하더라도 문제가 발생하는 경우는 폭주가 발생했을 때인데 이 경우 폭주를 미리 예방하거나 폭주를 빨리 벗어나는 것이 네트워크 성능에 중요하다. 그러므로 DiffServ 네트워크에 있는 라우터의 수락 제어 알고리즘을 반영하여 네트워크의 성능을 향상시키는 것이 요구된다.

※ 참고문헌

- [1] 송근식 외, "서울중앙병원의 2단계 PACS 현황", 대한 PACS 학회지 제5권 제1호, pp. 1-7, 1999.
- [2] 전용희, "DiffServ를 이용한 인터넷 QoS 보장 기술", 한국통신학회지 9월호, pp.1152- 1173, 2000.
- [3] Arenson. RL, et al: Clinical evaluation of a medical image management system for chest images. AJR Vol. 150: 55-59, 1988.
- [4] Arenson. RL, Chakraborty, Seshadri, Kundel, "The digital imaging workstation." pp 303-315, Radiology 1990.
- [5] DeSimone, DN, Kundel, HL, Arenson, RL, et al "Effect of a digital imaging network on physician behavior in an intensive care unit." pp 41-44, Radiology 1988.
- [6] ITU-T Rec I.350, General Aspects of QoS and Network Performance in Digital Networks, including ISDNS, 1993.
- [7] L. Mathy and O. Bonaventure, "QoS Negotiation for Multicast Communications", Multimedia Transport and Teleservices, International COST 237 Workshop Proceedings, pp.199-218, Nov. 1994.
- [8] I. Miloucheva and K. Rebenburg, " Quality of Service based Transport Architecture Using XTP", The 4th IEEE Workshop on the Future Trends in Distributed Computing Systems, pp.90-96, Sep. 1993.
- [9] K. Nichols, et al. "Definition of the Differentiated Services Field(DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers", RFC 2474, Dec. 1998.
- [10] Ralf Steinmetz and Klara Nahrstedt, Multimedia: Computing, Communication & Applications, Prentice-Hall(Series in Innovative Technology), 1995.

이 상 학



1987년 2월 경일대학교

전자계산학과 학사

1993년 8월 계명대학교

교육대학원 석사

2001년 8월 대구가톨릭대학교

대학원 전산통계학과

(이학박사)

1983년~현재 영남대학교

의료원 생체의공학과 재직

관심분야 : 멀티미디어통신,

통신망 성능분석, 초고속망

프로토콜