



저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

병원 전산망에서 QoS 보장을 위한
DDS 미들웨어 기반 멀티미디어
PACS 데이터 전송 기법 연구



2012년 8월

부 경 대 학 교 산 업 대 학 원

컴 퓨 터 공 학 과

김 남 호

공학석사 학위논문

병원 전산망에서 QoS 보장을 위한
DDS 미들웨어 기반 멀티미디어
PACS 데이터 전송 기법 연구

지도교수 권 기 룡

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함.



2012년 8월

부 경 대 학 교 산 업 대 학 원

컴 퓨 터 공 학 과

김 남 호

김남호의 공학석사 학위논문을 인준함

2012년 8월 24일



주심 공학박사 문광석 인

위원 공학박사 이석환 인

위원 공학박사 권기룡 인



목 차

I. 서	론	1
1.1	연구 목적 및 필요성	1
1.2	논문의 구성	3
II.	관련 연구	4
2.1	PACS 시스템	4
2.2	병원 네트워크	6
2.2.1	병원 네트워크 구조	6
2.2.2	네트워크 트래픽 분석	7
2.3	Quality of Service 개념	9
2.3.1	유선 네트워크에서의 QoS지원 방법	9
2.3.2	무선 네트워크에서의 QoS지원 방법	14
2.4	DDS(Data Distribution Service)	17
2.4.1	DDS 미들웨어 소개	17
2.5	QoS를 지원하기 위한 기존 연구	19
III.	병원 네트워크에서 DDS를 이용한 QoS지원	21
3.1	병원 네트워크 문제점 분석	21
3.1.1	우선 순위 지원 문제	21
3.1.2	우선 순위 지원 문제 해결방법	23
3.1.3	무선 트래픽의 자원 제한 문제	25

3.1.4 무선 트래픽의 자원 제한 문제 해결방법	29
IV. 우선순위 데이터 전송 기법 설계	32
4.1 문제 해결 방법 설계	32
4.1.1 우선순위 지원 문제	32
4.1.2 무선 트래픽의 자원 제한 문제	34
V. 성능분석 및 평가	36
5.1 성능 분석 환경	36
5.2 성능 분석	39
5.2.1 성능 분석 시나리오	39
5.2.2 기존 병원 네트워크의 성능분석	41
5.2.3 우선순위 지원 알고리즘 성능분석	43
VI. 결 론	47
참고문헌	48

그 립 목 차

그림 1. PACS 구성도	5
그림 2. 병원 네트워크 구조	6
그림 3. 일반 병동의 분당 평균 트래픽 량	7
그림 4. 진료실 및 방사선과 분당 평균 트래픽 량	8
그림 5. RSVP Signaling	11
그림 6. IEEE 802.11e EDCF 동작 과정	16
그림 7. DDS 프로토콜 스택	18
그림 8. DDS의 기본 모델	18
그림 9. PACS 병원에서의 대략적인 네트워크 구성	22
그림 10. 미들웨어를 이용한 병원 네트워크 구성	24
그림 11. IEEE 802.11 DCF 동작 구조	28
그림 12. EDCA에서의 AC(Access Category)와 우선순위 종류	30
그림 13. QoS 요구사항 정의에 따른 계층적 QoS 전략	32
그림 14. 스위치단 QoS 적용 방안	33
그림 15. 무선트래픽의 자원 제한 문제 해결을 위한 프로토콜 스택	34
그림 16. 미들웨어 없는 시뮬레이션 환경	36
그림 17. 미들웨어를 포함한 시뮬레이션 환경	37
그림 18. 기존 병원 네트워크의 Client에서 수신한 데이터 대역폭	42

그림 19. 기존 병원 네트워크에서 Drop 한 데이터 대역폭	42
그림 20. 우선순위 지원 알고리즘에서 수신한 데이터 대역폭	44
그림 21. 우선순위 지원 알고리즘에서 Drop한 데이터 대역폭	44



표 목 차

표 1. IEEE 802.11의 무선 물리 계층 표준과 그 특성 값	26
표 2. Rate와 QoS를 위한 TOS 값	35
표 3. 성능평가 시뮬레이션을 위한 전송 데이터	38
표 4. 성능 평가를 위한 기초 자료	40
표 5. 성능 평가를 위한 설정 인자	40
표 6. 여러 가지 대역폭에 따른 시뮬레이션 결과	46



수 식 목 차

수식 1.		16
수식 2.		40



A Study of DDS Middleware based Multimedia PACS Data Transmission
Scheme for QoS in Hospital Network

Nam-Ho Kim

Department of Computer Engineering,
Graduate School,
Pukyong National University

Abstract

A picture archiving and communication system (PACS) is a digital medical imaging technology which provides storage of and convenient access to images from multiple modalities. In the early stage, the image sizes of Computed Radiography (CR) and Computed Tomography (CT) were 10Mbyte and 0.5Mbyte of 100 slices respectively. But now, the image size of CT has grown up to 2 times and CT of the Cardiac/PET supports the multi frame and has from 300 to 5000 slices. The increased image size brings the network traffic which is a serious problems in hospital networks. Generally, the hospital network must be designed by the best effort method for the stable transmission of PACS data, which effects the medical treatment. Especially, as the multimedia PACS data has been widely used, the hospital network has disturbed more and more the medical treatment in the limited environment. Many network researchers have introduced the Quality of Service (QoS) concept for solving the network traffic. This paper designs DDS(Data Distribution Service) based QoS for the stable transmission of multimedia PACS data in the hospital network and

simulates it on virtual hospital network. Our QoS can control the contribution system in the hospital network. From simulation results, we verified that our QoS can transmit the multimedia PACS data with stable.



I. 서론

1.1 연구 목적 및 필요성

병원네트워크는 다양한 진료용 어플리케이션과 모바일 디바이스의 발전으로 이전보다 훨씬 많은 양의 트래픽을 처리해야한다.

특히, PACS(Picture Archiving and Communication System)와 같은 멀티미디어 데이터의 증가는 병원네트워크의 구조를 변경시켜야 할 만큼 큰 문제를 발생시키고 있다. 더불어 다양한 종류의 모바일 디바이스의 등장으로 실시간 멀티미디어 데이터의 전송 또한 병원네트워크에서 처리해야하는 중요한 데이터로 고려되고 있다.

PACS 데이터는 초창기 CR(Computed Radiography)의 경우 10MB 내외의 데이터를 발생하였으나 의료장비의 발전으로 인해 DR(Digital Radiography)는 20MB 이상의 데이터를 발생한다. 또, CT(Computed Tomography)의 경우 0.5MB 데이터를 100장 내외의 데이터를 발생하였으나, 현재는 Cardiac/PET(Positron Emission Tomography) 등의 CT는 멀티프레임을 지원하며 3000~5000장 이상의 데이터를 발생하게 됨에 따라 네트워크에 상당한 트래픽이 발생하여 병원 진료 환경에 심각한 영향을 초래한다.

병원 진료의 특성상 특정 부서에서 이러한 멀티미디어기반의 PACS 데이터를 이용하게 되는데 IEEE(Institute of Electrical and Electronic Engineers) 802.3기반의 이더넷(ethernet)은 모든 데이터 패킷을 최선형(best effort)방식으로 전송하기 때문에 평상시 용량이 충분한 스위치를

사용하더라도 특정시간에 PACS 데이터로 인해 데이터 전달에 어려움이 발생 할 수 있다.

네트워크를 통하여 전송되는 트래픽은 크게 실시간 트래픽(real-time traffic)과 비 실시간 트래픽(non real-time traffic)으로 구분한다. 실시간 트래픽의 예로는 멀티미디어 전송, 실시간 게임 등 다양한 트래픽들이 있다. 최근에는 실시간 화상회의, VOD(Video-on Demand), 원격의료 등 많은 분야에서 활용되어 실시간 멀티미디어 트래픽 전송의 중요성은 점점 더 커지고 있다. PACS 데이터와 같은 고용량 멀티미디어 데이터를 끊김 없이 서비스하기 위해서는 특정 데이터에 의존적인 QoS(Quality of Service) 제공을 위한 연구가 필수적이다.

그러나 상업성을 추구하는 병원의 경우 네트워크 구조를 물리적으로 변경하기에는 추가적인 시설비용의 투자 문제뿐만 아니라 진료공백으로 인한 비용이 발생한다. 그래서 병원 네트워크에서 QoS를 제공하면서 물리적인 시설투자가 적게 요구되는 방법의 필요성이 대두되고 있다.

본 논문에서는 병원 전산망에서 DDS(Data Distribution Service) 미들웨어 기반으로 QoS를 지원하기 위한 멀티미디어 PACS 데이터 전송 기법을 제안한다. 제안한 기법은 기본적인 네트워크 전송방식인 최선형 방식의 문제점을 확인하고 PACS 서버에서 전송되는 데이터들에 대한 전송의 대역폭을 확보하기 위해 미들웨어를 사용하여 응용계층에서 멀티미디어 PACS 데이터의 토픽을 생성하여 하위계층으로 전달한다. 전송계층은 패킷의 TOS(Type of Service)를 통하여 미들웨어 설계에 따라 우선순위 값을 참조하여 일반 데이터와 멀티미디어 PACS 데이터를 전송하는 환경을 시뮬레이션으로 구현하였다. 이러한 환경에서 미들웨어를 사용하여 PACS 서버로부터 전송되는 데이터에 대해 우선순위 값을 지정하여 트래픽이 발생하는 스위치 단에서의 QoS를 제안하였고, 시뮬레이션 환경에서 기존

네트워크와 비교하여 미들웨어를 사용한 네트워크 환경에서 특정 데이터의 전송손실 없이 원활한 전송을 보였다. 실험결과 병원 네트워크에서 토폴로지의 변경없이 미들웨어의 추가만으로 성능을 향상시킴으로 여러 가지 비용을 줄일 수 있고 네트워크의 성능을 향상시킬 수 있었다.

1.2 논문의 구성

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구로 병원네트워크의 구조와 네트워크 트래픽의 특성을 분석한다. 그리고 유·무선에서의 QoS 개념 및 지원 방법을 설명하고 DDS 미들웨어의 기본적인 개념과 QoS기반의 기존 연구에 대해 조사한다. 3장에서는 병원 네트워크에서 DDS를 이용한 QoS를 지원하기 위해 문제점을 나열하고 각 문제에 대한 해결 방법을 설명한다. 4장에서는 3장에서 제시한 해결방법을 기반으로 본 논문에서 제안하는 우선순위 지원방법과 무선 트래픽의 자원제한 문제해결 방법을 설계하고, 5장에서는 3장과 4장에서 해결방법 및 설계한 각 방법들에 대한 성능을 분석하고 평가한다. 6장에서는 결론 및 향후 연구방향을 제시한다.

II. 관련 연구

본 연구에서는 병원에서 여러 가지 어플리케이션을 지원하기 위한 네트워크 구조에 대하여 알아보고 네트워크에 실제 사용되는 트래픽을 분석한다. 그리고 유·무선 네트워크 기반의 QoS지원 방법 및 DDS 미들웨어에 대하여 알아보고 DDS 관련 표준화 동향을 살펴본다.

2.1 PACS 시스템

PACS는 의료 환경에서 발생하는 각종 의학영상을 DICOM(Digital Imaging and Communications in Medicine) 이라는 디지털 데이터로 획득하고, 컴퓨터 저장장치에 저장하며 이를 네트워크에 연결된 다수의 컴퓨터에 분배하여 조회 활용 할 수 있게 하는 시스템이다.

PACS는 그림 1과 같이 네트워크를 기반으로 데이터 획득을 위한 서버와 데이터 저장을 위한 스토리지가 필요하며, 데이터 조회를 위한 단말장치의 하드웨어를 필요로 하며 PACS 조회를 할 수 있는 프로그램이 필수적이다. 따라서 PACS는 IT 기술의 집약적 솔루션이다. 초창기 PACS는 방사선과 영역에 한정적으로 사용하였으나 디지털 데이터에 대한 사용자의 요청으로 의료와 관련된 비 방사선영역의 영상들도 모두 통합하는 대형 PACS 형태로 발전하고 있고, 의료장비의 또한 급격한 발전으로 인하여 진단에 필요로 하는 더 많은 정보를 담기위해 DICOM 또한 데이터가 커지며 수량 또한 많아지고 있다. PACS의 성능 결정 요소들로는 신속성, 정확성, 안정성을 들 수 있다.

PACS의 구분으로 Full PACS은 병원 내에서 발생하는 의료영상을 획득, 저장, 분배, 조회 하는 시스템으로 HIS(Hospital Information System)와 연동이 되는 형태이다. Departmental PACS는 특정 장비 및 특정 과에서 사용하는 전문성을 요하는 시스템 구성이다. Tele PACS는 원격진료를 위한 PACS 등이 있으며 현재는 모바일 단말장치의 발전으로 인하여 모바일 PACS가 대세를 이룬다[1,2].

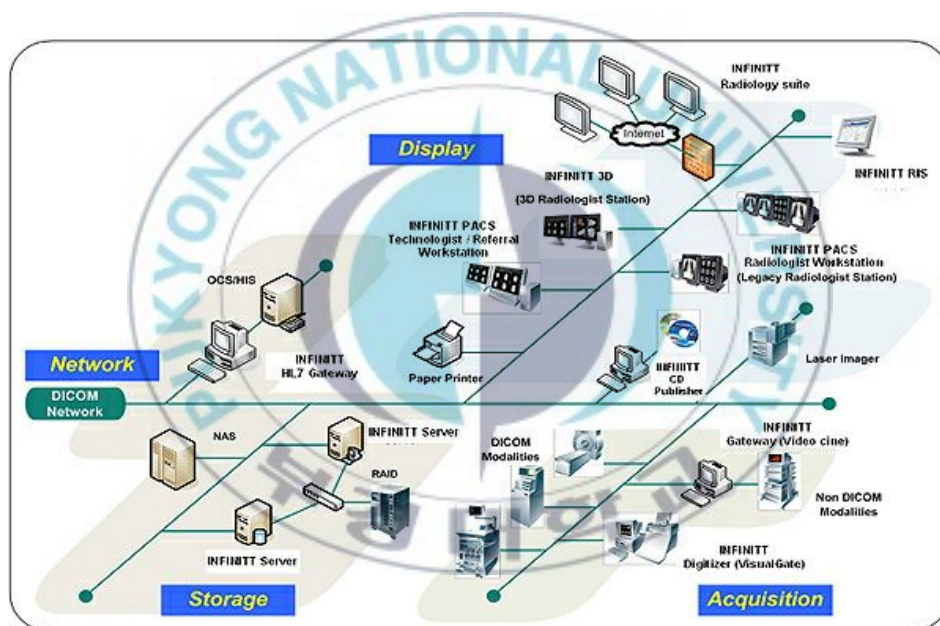


그림 2. PACS 시스템 구성도

2.2 병원 네트워크

2.2.1 병원 네트워크 구조

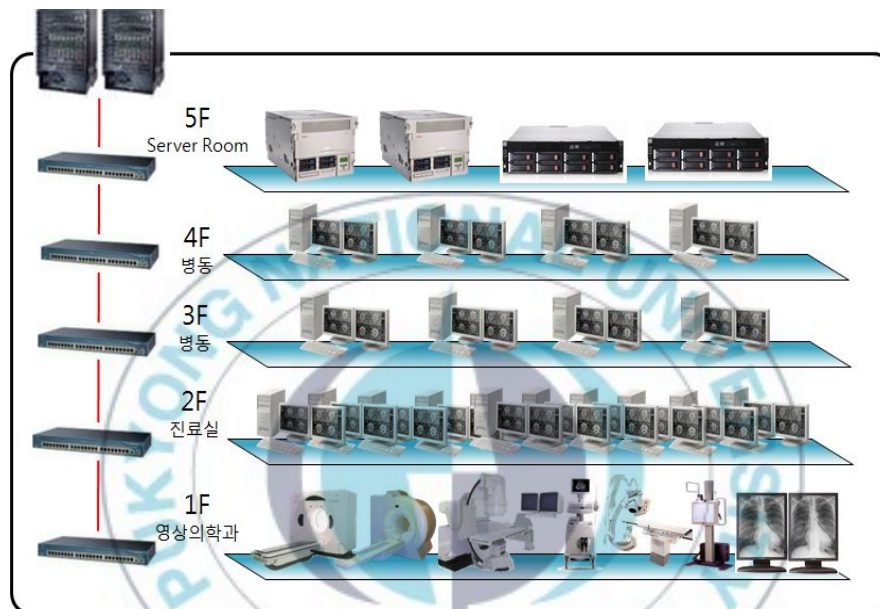


그림 2. 병원 네트워크 구조

그림 2는 일반적인 병원 네트워크 구조이며 병원 네트워크는 네트워크 트래픽이 밀집되어 있는 특정부서인 영상의학과, 진료실이 밀집되어 있는 것이 일반적이며 대부분의 병원들은 지하, 1층, 2층에 걸쳐 부서들이 위치해 있다. 그림 2.에서와 같이 특정 부서가 아닌 곳의 경우 네트워크 노드가 적고 트래픽 양도 적은 것이 현실이다.

2.2.2 네트워크 트래픽 분석

병원 네트워크의 트래픽 특성을 분석하기 위해 국내 대학병원 의료 정보실의 협조를 통해 실제 네트워크 트래픽을 수집하여 분석하였다. 분석시간은 네트워크 트래픽이 원활히 발생해야 하기 때문에 진료시작시간인 오전 9시부터 1시간 동안 수집한 데이터를 사용하였다. 트래픽의 특징을 나타내기 위해 분 단위 평균 트래픽을 조사했으며, PACS 데이터에 의한 트래픽 특성을 나타내기 위해 일반병실과 방사선과를 지원하는 스위치를 구분하여 조사하였다. 스위치단에서 수집된 데이터이므로 PACS 데이터 이외의 데이터를 필터링하지는 못했지만 특성만을 나타내기에는 충분하다고 판단된다.

그림 3은 일반병동의 스위치에서 수집한 데이터를 분단위로 평균을 하여 나타내었다. 의료정보 및 일반적인 인터넷 데이터로 분석되며 평균 10Mbps의 데이터를 사용하는 것을 확인할 수 있다.

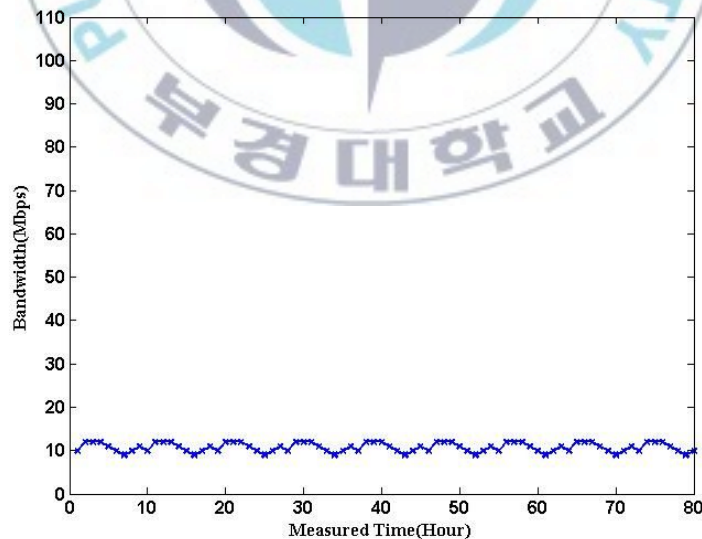


그림 4. 일반 병동의 분당 평균 트래픽 량

그림 4는 비교적 많은 양의 영상정보가 전달되는 방사선과의 분단위 평균 트래픽 양을 나타낸다. 평균 95Mbps의 트래픽을 사용하는 것을 확인할 수 있다. 이러한 트래픽 사용 분포는 일시적으로 서비스를 요청하는 사용자들 모두에서 영향을 미칠 수 있기 때문에 적절한 큐잉기법을 사용하여 스케줄링 하지 않으면 방사선과와 진료실 전체 사용자에게 원활한 서비스를 지원하지 못 할 수 있다. 본 데이터 분석에는 PACS와 같은 멀티미디어 데이터 외에 다수의 다른 정보들 예를 들어 동영상 멀티미디어 데이터 등이 포함될 수도 있으므로 특징만을 이해하는 것이 중요하다.

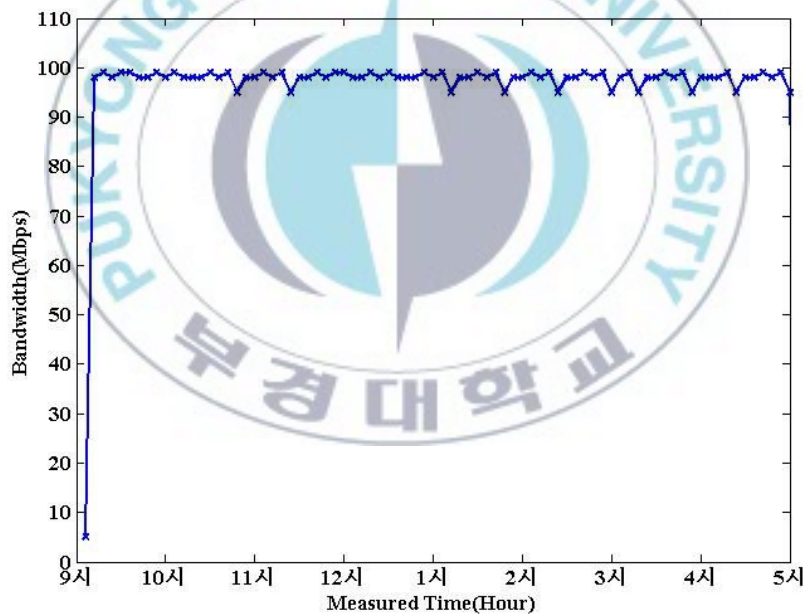


그림 5. 진료실 및 방사선과의 분당 평균 트래픽 량

2.3 Quality of Service 개념

2.3.1 유선 네트워크에서의 QoS 지원

인터넷의 발전에 따라 사용자가 서비스에 대한 요구가 다양해지는 동시에 서비스의 품질에 대한 요구가 높아지고 있다. 특히 멀티미디어 서비스의 도입에 따라 화상 전송과 같은 넓은 대역폭을 요구하는 서비스, 더 나아가 영상, 방송과 같은 높은 대역폭과 실시간 전송을 요구하는 서비스가 많이 도입된다. 많은 사용자가 요구하는 멀티미디어 서비스를 지원하기 위하여 망을 확장하는 동시에 기존 망을 효율적으로 최대 활용하는 방안에 대한 연구가 활발히 진행하고 있다.

기존의 인터넷은 최선형 서비스만을 지원하며 서비스의 품질에 대한 고려는 미약하다. IPV4(Internet Protocol Version 4)에서는 패킷의 헤더 중 여러 종류의 서비스 클래스를 지원할 수 있는 TOS라는 8비트 필드가 규정되어 있지만, 현재까지 많이 사용하지 않는다. 서비스의 품질을 고려하지 않은 경우에 패킷을 빨리 처리할 수 있는 장점이 있지만 데이터 전송의 지연을 보장해 줄 수 없다. 인터넷의 사용자가 요구하는 서비스 품질은 목적에 따라 많이 다를 수 있다. 예를 들어 일반 PC 통신 사용자는 연결만 요구하는 반면 인터넷 폰, 화상 회의와 같은 사용자는 실시간 데이터의 전송에 대한 보장을 요구한다. 그래서 인터넷의 표준화 기구인 IETF(Internet Engineering Task Force)에서는 현재 인터넷상에서 QoS를 제공하는 방법에 대하여 표준화 작업을 진행하였다. IntServ(Integrated Services) 모델, DiffServ(Differentiated Services) 모델 등은 IETF에서 제안된 대표적인 유선 인터넷 QoS 방안이다[3,4].

① IntServ 모델

IntServ 모델은 최선형 서비스 외에 두 개의 새로운 서비스 클래스를 추가하였다. 보장형 서비스(guaranteed service)와 예측 서비스(predictive service)이다. 보장형 서비스는 수용할 수 최대 지연 내 서비스를 주어야 하는 서비스이고, 예측 서비스는 통계적으로 수용할 수 있는 지연 내에서 서비스를 지원하는 것이다. 이러한 서비스를 추가하기 위하여 라우터에서는 특정한 패킷 스트림(stream) 또는 플로우(flow)에 대하여 요구된 서비스 품질을 보장하는 데 필요한 자원을 확보하여야 한다. 즉, 하나의 스트림 또는 플로우가 설정하기 전에 경유된 라우터들에게서 사용자가 요구한 자원을 확보하여야 한다. 확보된 자원은 대역폭, 메모리 등이 포함되어 있다. 스트림 또는 플로우를 설정하기 위하여 라우터들 간의 자원을 확보하기 위한 시그널링(signaling) 프로토콜이 필요하다. IntServ 모델에서는 시그널링 프로토콜로 RSVP(Resource Reservation Protocol)를 사용한다. RSVP를 사용해서 자원을 할당하는 과정은 그림 5와 같다.

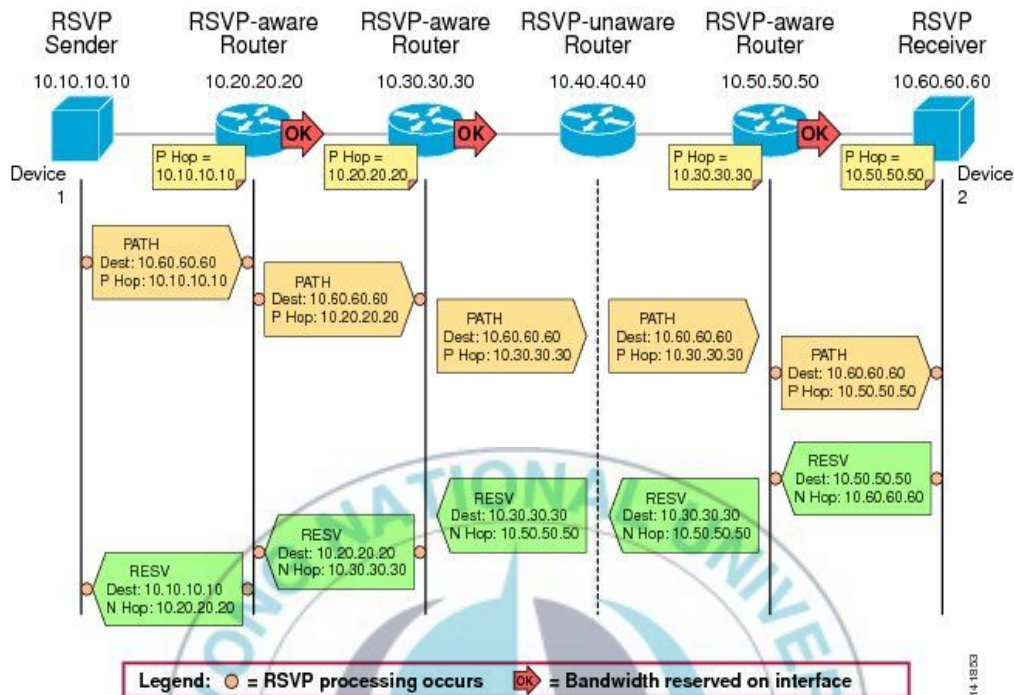


그림 6. RSVP Signaling [http://www.cisco.com]

발신자가 연결 설정 시 요구된 트래픽 특성 정보를 포함하는 PATH 메시지를 수신자에게 보낸다. 중간에서 경과된 라우터들은 PATH 메시지를 받을 때 라우팅 테이블을 이용하여 다음 허브로 전송한다. 수신자가 PATH 메시지를 수신한 후 RESV(reservation) 메시지를 답장처럼 수신측으로 보내며 자원의 할당을 요청한다. 중간 라우터들은 RESV를 수신한 후 요구된 자원을 제공할 것인지에 따라 RESV 메시지를 허락하거나 거부할 수 있다. RESV 요구를 거부하는 라우터는 에러 메시지를 수신자에 전송하며 연결 설정은 실패로 종료된다. 모든 중간 라우터에서 요구된 연결을 설정이 가능한 경우에는 각 라우터에서 경로 설정 시 요구된 대역폭 및 메모리를 할당하고 연결 상태에 관련된 정보를 저장한다.

IntServ 모델을 지원하기 위하여 각 중간 라우터에서 플로우의 연결 상태에 관련된 정보를 저장하여야 하기 때문에 라우터에서 이런 정보를 저장하는 공간을 요구할 뿐만 아니라 라우터의 처리 오버헤드가 커질 수 있다. 인터넷 백본 라우터인 경우 전송 속도가 상당히 높고 연결된 플로우의 개수가 많으므로 IntServ 모델을 지원하기는 힘들다. IntServ 모델을 지원하기 위하여 라우터마다 RSVP, 연결 관리, 패킷의 스케줄링 등의 기능을 지원하여야 하며 라우터에 대한 요구가 높다. 그리고 IntServ 모델을 지원하기 위하여 모든 중간 라우터에서 IntServ 모델을 지원하여야 한다. 이러한 요구로 인하여 IntServ는 모든 라우터가 IntServ를 지원하는 망에서만 사용할 수 있다.

② DiffServ 모델

확장성 문제 때문에 IntServ 모델은 구현과 도입하는데 문제가 있다. IETF에서 이러한 문제를 해결하기 위하여 DiffServ 모델을 도입하였다. DiffServ 모델에서는 다양한 플로우가 많지 않은 서비스 클래스로 분류되며 중간 라우터에서는 이러한 서비스 클래스별로 처리한다. Diffserv 모델에서는 모든 라우터에 대하여 플로우 상태 관리 및 시그널링을 요구하지 않는다. Diffserv는 IP 헤더의 TOS의 부분 중의 6비트를 QoS를 정하는 부분으로 바꿨다. 이러한 방법은 모든 트래픽을 요구하는 QoS에 따라 나누고 이에 따라 트래픽을 집적(aggregation)함으로써 스케줄링 문제를 해결하였다. RSVP와는 달리 목적지와 원천지간의 어떠한 QoS 요구사항에 대한 정보교환이 일어나지 않게 함으로써 RSVP가 가지고 있던 연결설정 비용에 대한 문제를 제거하였다. Diffserv의 단기접속(short-lived) 플로우는 응답성을 개선하였으며 다른 호스트와의 빠른 검증(quick discussion)을 할

때 발생하던 과부하를 줄였다.

Diffserv에서 사용되는 트래픽 집적(traffic aggregation) 모델은 예측성이 떨어진다는 단점이 있다. 예약, 시그널링 메카니즘, 트래픽 형상이 Diffserv에서는 없기 때문에 트래픽의 수준은 매우 동적이다. 이러한 이유 때문에 Diffserv에서 특정한 수준의 서비스를 보장하는 것은 매우 어려운 일이 되었다. 따라서 Diffserv에서는 어떤 수준의 서비스를 보장하기 보다는 각각의 집적에 대한 규칙에 근거하여 상대적으로 서비스가 제공되도록 한다. 즉 어떤 집적은 다른 집적보다 더 데이터를 잘 받거나 못 받도록 하는 것이다. 본 논문은 IntServ와 DiffServ의 특징을 미들웨어를 이용하여 사용하고자 한다[5-7].



2.3.2 무선 네트워크에서의 QoS 지원

병원에서 사용하는 무선 네트워크기술로는 대표적으로 IEEE 802.11기술이 있다. 많은 무선 기술들이 병원에서도 응용될 수 있을 것으로 판단되나 본 논문에서는 서비스적인 측면만을 고려한 IEEE 802.11기반의 무선 LAN 서비스만을 설명하겠다. 최근 모바일 장비(스마트폰, 노트북, 아이패드 등)의 급속한 확장에 힘입어 사용자들은 언제 어디서나 무선으로 인터넷 서비스를 지원받기 원한다[8].

인터넷서비스의 서비스 모토인 최선형 또한 여기서도 적용되는데 이러한 측면에서 사용자에게 차별화된 서비스를 위해 IEEE에서는 802.11e라는 표준을 제정하였다. 무선 LAN에서의 QoS는 IEEE 802.11e라고 설명하여도 과언이 아니다. IEEE 802.11e를 설명하기에 앞서 기본적인 무선 LAN 기술에 대하여 이야기하면, Wi-Fi라고도 불리는 무선 LAN은 유선 LAN의 전송 방식을 무선 환경에 맞도록 변화시킴으로써, 이더넷이나 토큰링과 같은 전통적인 유선 LAN 기술의 이점과 기능을 무선 주파수(radio frequency) 기술을 이용하는 무선 망 환경에서 제공하여 사용자에게 자유로운 이동성을 보장하고 LAN 설치비용도 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다[9-11].

무선 LAN은 전파를 전송매체로 사용하므로 단말기가 빈번히 이동하는 경우나 배선의 설치가 어려운 환경에서 단기간 사용을 목적으로 하는 경우에 유용하게 사용된다. 무선 LAN 시스템의 특징으로는 일반 이동전화 단말기가 발산하는 전력보다 낮은 전력의 사용, 전 세계적으로 인정된 비허가 주파수 대역(license-free radio)의 사용, 신호간섭이 존재하는 곳에서도 수신강도가 강한 속성을 가지는 대역확산(spread spectrum) 기술의 이용 등을 들 수 있다. 그러나 무선 LAN은 가정내에서 전체 네트워크를 수용할 수 있는 구조로 설치되기에는 주파수 간섭이나 전달 영역 한계의 모호성,

보안 및 데이터 노출에 의한 불안전성 등의 문제점들이 지적되기도 한다 [12,13].

무선 LAN 기술은 크게 PHY계층과 MAC계층 두 부분으로 구성되어 있다. IEEE 802.11WG내에서는 PHY 또는 MAC 계층에 특성화된 기술에 따라 임무그룹 (TG : task group)가 구성되고, 각 TG별로 표준화가 진행되고 있다.

IEEE 802.11e기술은 MAC계층에서 QoS를 지원하기 위한 것으로 EDCF (Enhanced Distributed Coordination Function)를 사용한다. EDCA (Enhanced Distributed Channel Access) 전송 방식은 8개의 서로 다른 우선순위(User Priority: UP)를 갖는 QSTA(QoS Station)가 무선 매체에 대하여 차별화되고 분산되어 접근할 수 있도록 정의하고 있다. IEEE 802.1D 브리지 규격에서 정의하는 데이터의 QoS 우선순위를 따라서 규정된 UP는 각각의 트래픽 특성에 따라 다시 4개의 접근분류 (AC: access categories)로 분류되어 각 우선 순위에 따라 독립적으로 EDCA의 서비스를 제공한다. 이 때, 서로 다른 우선순위를 갖는 각 AC에 대한 TXOP 경쟁 (contention)은 AIFS[AC], aCWmin[AC], aCWmax[AC] 등과 같이 QAP의 dot11 QAPEDCATable MIB(Management Information Base)와 non-AP QSTA의 dot11EDCATable MIB에 저장되어 있는 EDCA 파라미터 셋의 각 변수를 사용하여 독립적으로 이루어지며, 전송하고자 하는 프레임이 존재하는 각 AC들은 그림 6에서 보이는 것과 같은 IFS 관계를 가지고 경쟁을 통해 매체에 대한 접근을 시도한다[14].

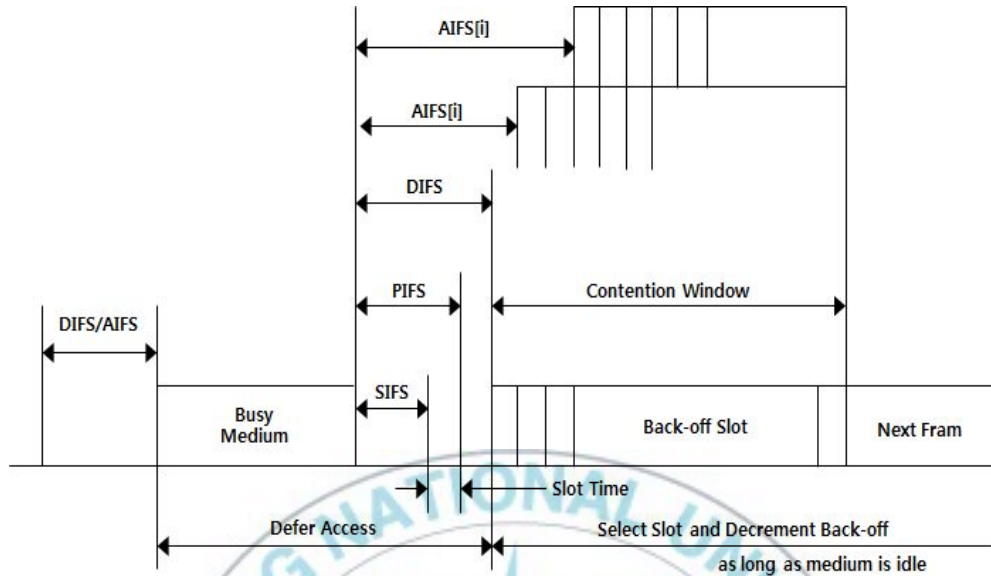


그림 6. IEEE 802.11e EDCF 동작 과정

$$AIFS[AC] = aSIFSTime + aSlotTime \times AIFSN[AC] \quad (1)$$

각 AC에 따른 $AIFS[AC]$ 의 식(1)을 통해서 얻어진 값은 각 AIFS (Arbitration Interframe Space)의 값으로 설정되며, 개별적인 AC에 대하여 존재하는 채널 접근을 위한 타이머는 매체가 Busy에서 Idle로 상태가 전이 되는 순간 각 트래픽의 우선순위에 따라서 결정된 $AIFS[AC]$ 동안 채널이 Idle인지 기다리고, 채널이 Idle이면 백오프 과정을 수행한다.

각 AC가 갖는 독립적인 채널 접근 방식은 그림 6에서 보이는 것과 같이, 앞서 설명한 $AIFS[AC]$ 값을 사용함으로써 경합을 기반으로 수행된다. 이때, Non-AP QSTA의 $AIFSN[AC]$ 는 그림 6의 값과 같거나 큰 값으로 QAP가 전송하는 경로나 회신되는 신호에 포함되어 각 STA에게 전달된다. 반면 QAP의 $AIFSN[AC]$ 는 1이거나 1보다 큰 값을 유지하게 된다.

EDCA의 각 AC는 AIFS와 백오프 타이머를 통해 채널에 대한 점유를 획득하게 되면 EDCA TXOP을 얻을 수 있다. EDCA 전송 방식은 STA의 어떤 AC가 TXOP 동안 전송을 성공적으로 유지하면, 전송할 프레임이 존재하지 않더라도 ACK 프레임을 수신하거나 임의의 프레임 교환 시퀀스(frame exchange sequence)가 성공적으로 전송된 후에 계속 채널에 대한 접근 권한을 시도할 수 있는 포스트 백오프 과정을 지원한다[15-19].

2.4 DDS

2.4.1 DDS 미들웨어 소개

DDS는 OpenDDS와 상용DDS로 나눌 수 있다. OpenDDS는 Object Computing사에서 개발하고 있는 C++ 기반으로 구현된 OMG(Object Management Group)의 DDS 오픈 소스 버전이다. DDS 표준을 따르고 있는 미들웨어이면서도 공개 소프트웨어이므로 연구 목적으로 초기 개발이 용이하다는 장점을 가진다. 따라서 본 연구에서는 OpenDDS를 사용하여 병원 네트워크에서 QoS 설계방안을 제안한다[20,21].

추가적인 OpenDDS의 장점으로서는 OCI사의 ACE(Adaptive Communication Environment)를 사용하여 유닉스, 리눅스, 윈도우 등의 OS 플랫폼에 구애 받지 않고 크로스 플랫폼 개발이 가능하다. 또한 JNI(Java Native Interface)와 JMS(Java Message Service), JBoss에 대한 인터페이스를 제공함으로써 기본적으로는 C/C++기반이지만 자바 언어와 연동 가능하게 하여 GUI(Graphic User Interface) 개발에 용이한 장점을 제공한다[22- 24].

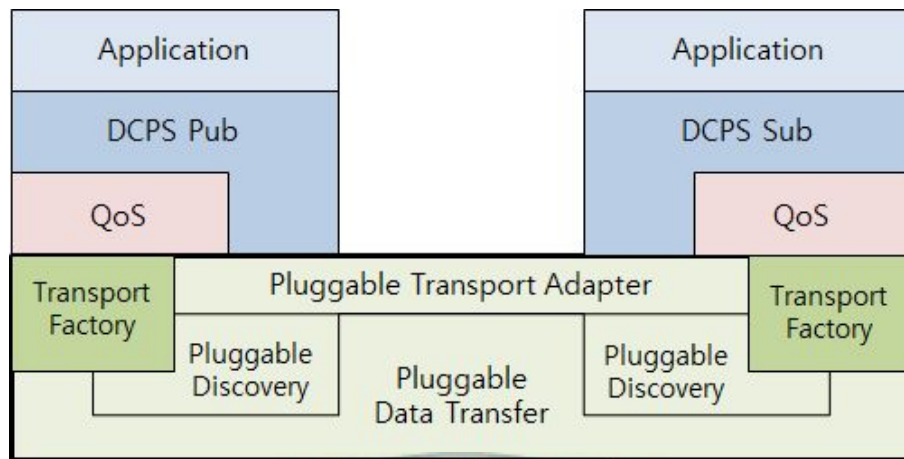


그림 8 DDS 프로토콜 스택

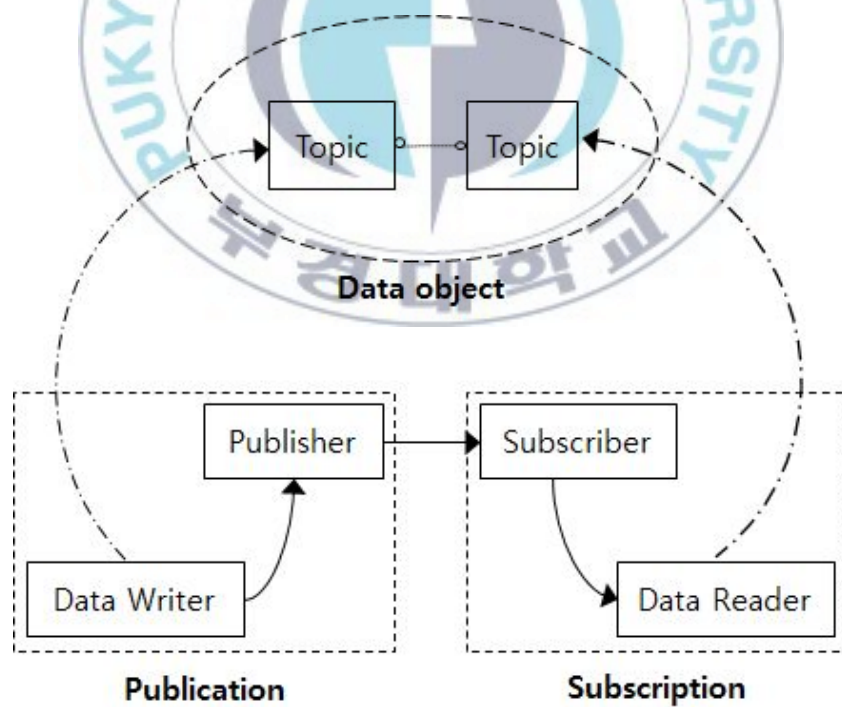


그림 8. DDS의 기본 모델

그림 7은 OpenDDS에서 제공하는 프로토콜 스택으로써 구조적인 설계를 보여준다. 기본적으로 유선환경에서 TCP/UDP/Multicast 프로토콜을 선택적으로 사용하면서 상위응용 단계에는 QoS를 제공해 주는 것을 알 수 있다.

그림 8은 DDS 기반의 기본 응용 프로그램인 Publisher(이하 Pub)와 Subscriber(이하 Sub)가 어떤 방식으로 통신하는지 그 구조를 보여준다. Pub와 Sub는 상호간의 위치와 주소에 관계없이 관심이 있는 토픽을 중심으로 네트워크가 만들어 지는 데이터 중심적(data centric) 네트워크이며 동일한 토픽으로 연결되었을 때 Pub와 Sub가 통신이 이루어지며 이러한 일련의 과정들이 미들웨어에서 중재된다[25].

2.5 QoS를 지원하기 위한 기타 기존 연구

유선 네트워크에서는 QoS를 지원하기 위해 Intserv와 DiffServ와의 연동을 고려한 연구들이 있다. 이러한 연구들은 SIP(Session Initiation Protocol)에서 QoS를 제공하기 위해 연구되었다.

그리고 멀티미디어 응용의 활성화에 따라 광대역 접속망에서 QoS를 지원하기 위한 연구가 활성화되고 있다. 대표적인 광대역 접속망 솔루션인 DSL 망 구조에 대한 표준화를 담당하는 DSL 포럼은 TR-059와 TR-094를 통해 QoS 지원 광대역 접속망의 구조를 제시하고 있으나, 기존의 QoS 미지원 광대역 접속망과의 호환성 등을 고려하여 정적 프로비저닝 기반의 DiffServ 구조에 기초하고 있고, SIP의 동적 QoS를 효과적으로 지원할 수 있는 동적 프로비저닝 기반의 DiffServ 솔루션은 미래의 과제로 남아있다. ENRICO 모델은 ATM 집약형과 Ethernet 집약형 DSL 광대역 접속망에서 동적인 QoS 제공 방안을 제시하고 있다. 그러나 ENRICO 모델은 동적인

SIP QoS의 종단간 제공을 위해 필수적인 SIP QoS와 IP QoS(DiffServ QoS)간의 변환 문제와 DiffServ와 DSL 접속망 QoS간 변환에 대한 솔루션을 제공하고 있지 않기 때문에 SIP QoS 제공에 적용하기에 부족하다. [10]은 SIP QoS를 제공하기 위해 COPS 프로토콜 기반의 시그널링 메커니즘을 통해 동적 DiffServ를 제어하는 메커니즘을 제시하고 있다. 그러나 [5]는 에지 라우터(edge router)와 에지 라우터 간의 인터넷 백본망에서 DiffServ 지원을 고려할 뿐 광대역 접속망에서 SIP QoS를 위한 DiffServ 지원에 대해서는 다루지 않는다. 더구나 [5]은 SIP QoS와 DiffServ간의 동적 변환만 고려할 뿐 DiffServ와 하위중속망의 QoS(광대역 접속망의 802.1D/Q 기반 QoS)간의 변환에 대해서는 다루고 있지 않다.

무선 LAN 상에서 QoS를 지원하는 방법은 트래픽의 특성에 따른 우선순위를 두어 시간에 구애를 받는 트래픽일 경우 보다 빠른 처리를 해줌으로써 사용자에게 보다 높은 서비스를 제공해 주는 방법과 각 사용자가 보낼 수 있는 대역폭을 보장해주는 방법으로 구분 할 수 있다. 유선망에서 이미 그 효율성이 입증된 많은 알고리즘들이 최근 무선망에서 연구가 진행 중이며 유사한 성능을 보이고 있다. 하지만, 대부분의 연구는 공평성이나 우선순위 중 하나에 목표를 두고 그 성능평가를 하기 때문에 최근에 등장한 유비쿼터스 환경에서 복합적 트래픽을 처리하기에 역부족이다. 따라서 이러한 환경에서 효율적인 트래픽 관리를 위해서는 QoS 기법 또한 복합적인 기법을 제공해야만 한다. 특히 멀티미디어 데이터를 전송하기에 필요한 방송패킷의 경우 QoS기법이 적용되지 않기 때문에 유니캐스트와 동일한 조건에서 방송패킷에도 QoS가 적용될 수 있는 방안이 연구되어야 한다.

Ⅲ. 병원 네트워크에서 DDS를 이용한 QoS

본 연구에서는 병원 네트워크에서 PACS 데이터에 따른 네트워크의 부하 집중 문제점을 파악하고 이에 대한 해결 방법을 기술한다.

3.1 병원 네트워크 문제점 분석

3.1.1. 우선순위 지원 문제

본 논문은 병원 네트워크에서 PACS와 같은 멀티미디어 데이터의 전송에 따른 네트워크 혼잡 문제를 해결하고자 한다. 2.1.2 네트워크 트래픽 분석에서 PACS 데이터를 사용하는 방사선실과 일반병동에서의 네트워크 트래픽 양을 통해 이와 같은 문제를 확인하였다.

병원 네트워크에서 데이터 전송방식은 기본적으로 인터넷 서비스의 전송방식인 최선형을 기본으로 한다. 분실되거나 손상된 패킷을 복원하는 기능을 네트워크가 제공하지 않고 수행하는 전송방식으로 복구 기능 필요성을 제거함으로써 네트워크를 효율적으로 운용할 수 있다. 우편배달 업무에서 배달 확인을 하지 않고 배달만 하는 것으로 필요하면 별도의 확인 시스템을 이용하는 것과 같다. TCP/IP 프로토콜의 경우 TCP는 수신인 배달 확인과 유사한 기능을 수행하여 송신인에게 수신 메시지에 대한 정보를 회신해주는 일을 하고, IP는 분실 또는 손상에 구애받지 않고 최선을 다해 목적지로 전송하면 되는 안정정보보다 시간성을 더 강조한 방식이다.

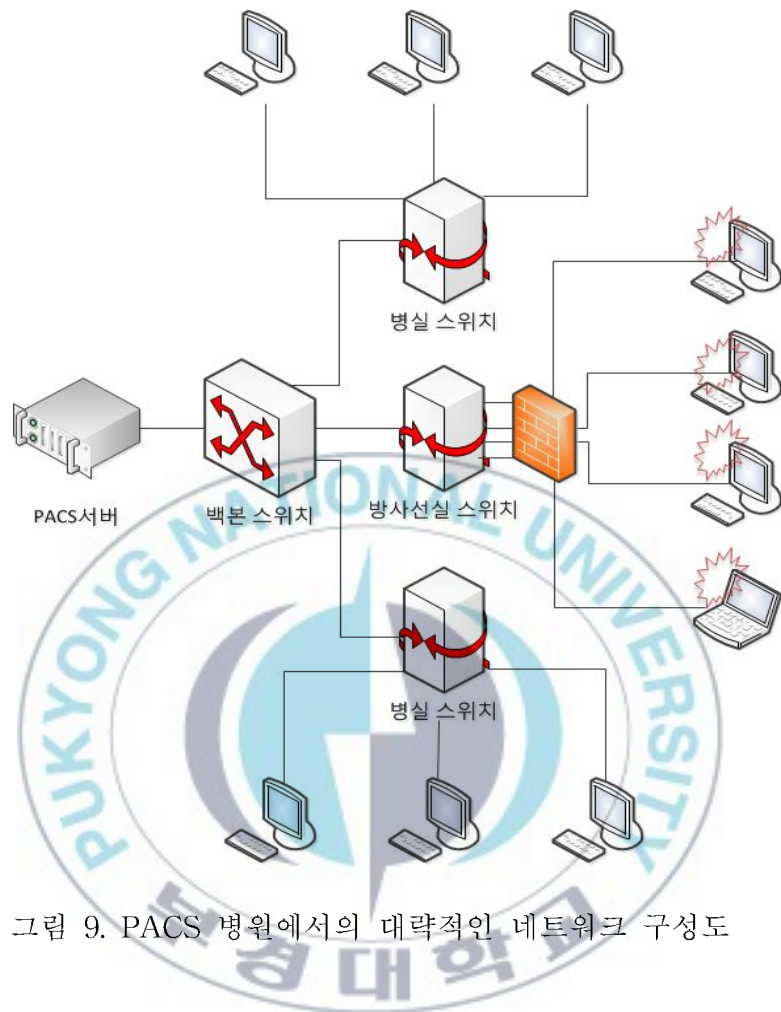


그림 9. PACS 병원에서의 대략적인 네트워크 구성도

그림 9는 PACS 서버를 포함한 전반적인 네트워크 구성도를 보여준다. 최선형과 같은 방식으로 데이터 송수신이 이루어질 경우 방사선실에서는 모든 사용자들이 PACS 서버에게 데이터를 요청할 것이고, 방사선실 네트워크 장비는 이러한 정보를 백본 스위치에게 전달하여 전달받은 정보를 각 사용자에게 보여준다.

이때 방사선실 스위치에서는 동시에 요청하는 데이터를 처리하기 위해 CSMA/CD(Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect)기반의 매체탐

지기법을 통해 통신을 시도할 것이다. 이 과정에서 제한적인 매체 용량으로 원활한 서비스가 이루어지기 힘들고 그로인해 PACS 데이터뿐만 아니라 여타 다른 서비스의 지원까지도 문제를 발생시킬 수 있다. 물론 물리적으로 스위치와 사용자 컴퓨터와의 구조를 변경시키는 방법으로 이러한 문제를 풀 수도 있을 것이다. 그러나 상업적인 목적을 기본으로 하는 병원에서의 물리적인 네트워크 구조 변경은 비용으로 이어 질뿐만 아니라 지속적인 사용자의 증가를 대비하기에는 무리가 있다.

3.1.2 우선순위 지원 문제 해결방법

네트워크의 부하 집중문제를 해결하기 위해 DDS 미들웨어를 이용하고자 한다. DDS 미들웨어를 이용한 부하분산시스템은 기존의 네트워크 구조를 변경할 필요가 없기 때문에 비용적인 측면, 시간적인 측면에서 훨씬 유리하다고 할 수 있다. 그림 10은 기존 병원네트워크 구조에 DDS 미들웨어를 추가한 그림이다. 미들웨어는 백본 스위치에 직접 연결된다. 물리적으로는 서버 한대가 추가되는 개념으로 공사에 대한 부담이 적고 비용(시간)으로 훨씬 유리한 접근방법이다.

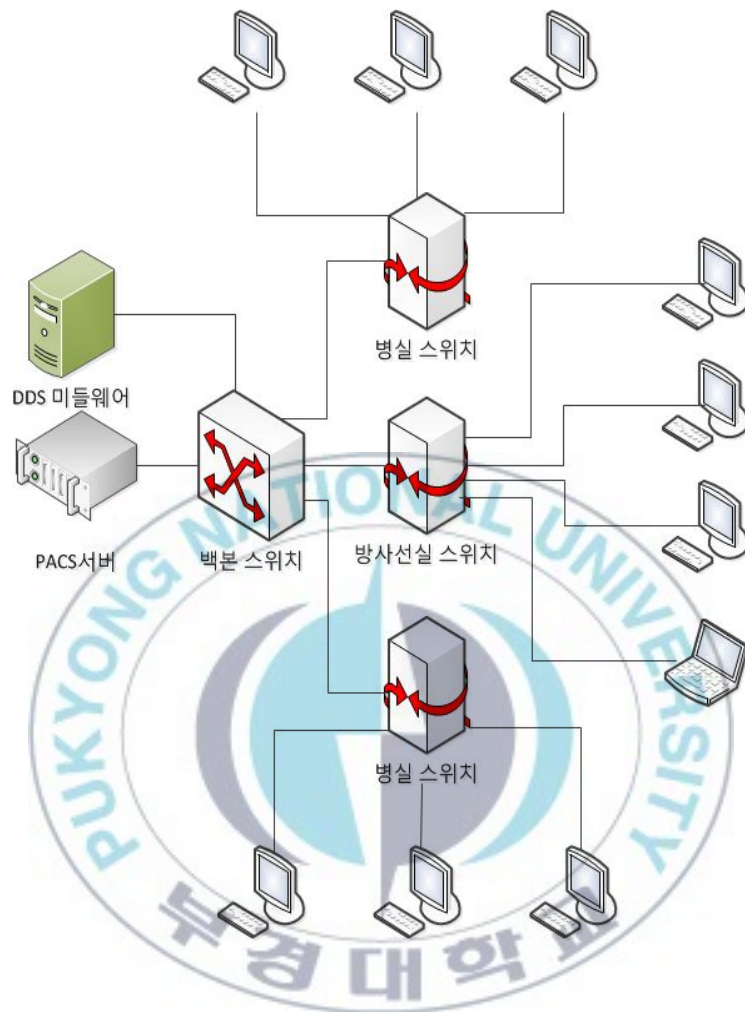


그림 10. 미들웨어를 이용한 병원 네트워크 구성도

기본적으로 사용자는 PACS 서버에 데이터를 요청하게 된다. 그러면 PACS 서버는 사용자에게 바로 데이터를 보내는 것이 아니라 DDS 미들웨어에게 데이터를 전송하고 미들웨어는 자신이 가지고 있는 데이터 형태로 만들어 네트워크에 전달하게 된다. 이렇게 전달된 데이터는 네트워크 스위치의 정책에 따라 우선순위를 가지고 해당 사용자에게 정보를 전달한다.

모든 데이터 패킷이 미들웨어를 거쳐 가는 것이 아니기 때문에 미들웨어의 부하를 줄일 수 있을 것으로 판단되며, 단순히 정보를 받아서 전달해주던 네트워크 스위치들은 미들웨어의 데이터 형태에 따라 다른 방법으로 동작해야하나 별도로 처리해야하는 데이터가 PACS 데이터만이라면 추가적인 부하에 의한 시스템 성능 저하는 미미할 것으로 예측된다.

3.1.3 무선 트래픽의 자원 제한 문제

표 1은 현재 표준으로 정의된 IEEE 802.11의 여러 무선 물리 계층 표준과 그 특성 값을 정리한 것이다. 현재 가장 널리 쓰이는 기술은 2.4GHz 대역의 IEEE 802.11g 기술이다. 그런데 최근 IEEE 802.11n 기술이 도입되면서 802.11n을 사용하는 단말이 빠르게 늘고 있다. 특히 최신의 스마트폰들은 대다수가 802.11n을 기반으로 할 것으로 예상된다. 다만 이미 출시된 스마트폰에서는 802.11n을 지원하지 않는 경우도 적지 않다.

최근 출시되고 있는 AP 역시 802.11n 지원 모델이 빠르게 늘고 있다. 다만 802.11b나 802.11g를 사용하는 기존 단말 장비들과의 호환성을 위해 802.11b/802.11g/802.11n을 혼용하여 지원하는 경우가 대부분이다. 반대로 최신 802.11n을 지원하는 단말이라 할지라도 접속하려는 AP가 802.11b나 802.11g에 기반할 수 있으므로 이러한 기존 AP 장비와의 호환성을 위해 역시 802.11b/802.11g/802.11n을 혼용하여 사용하는 경우가 대부분이다.

표 1. IEEE 802.11의 여러 무선 물리 계층 표준과 그 특성 값

802.11 Protocol	Release	Frequency [GHz]	Bandwidth [MHz]	Data rate per stream [Mbit/s]	Modulation
Original	Jun 1997	2.4	20	1, 2	DSSS
a	Sep 1999	5	20	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54	OFDM
b	Sep 1999	2.4	20	1, 2, 5.5, 11	DSSS
g	Jun 2003	2.4	20	1, 2, 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54	OFDM, DSSS
n	Oct 2009	2.4/5	20	7.2, 14.4, 21.7, 28.9, 43.3, 57.8, 65, 72.2	OFDM
			40	15, 30, 45, 60, 90, 120, 135, 150	

Wi-Fi 망의 이러한 호환성 제약 조건을 고려할 때 Wi-Fi Broadcasting Infra를 위해 현 시점에서는 IEEE 802.11g를 기준으로 AP를 구현하는 것이 바람직할 것으로 생각한다. 802.11g는 IEEE 802.11 Original 및 802.11b와의 하위 호환성을 지원하는 기술이다.

구체적 물리 망 표준이 무엇이든 IEEE 802.11 무선 LAN 기술은 표 1의 Data Rate에서 표현한 것과 같이 다양한 Data Rate, 즉 전송 속도를 지원한다. 일반적으로 전송 속도가 낮은 경우 전송 신호의 세기도 더 세게 전송할 수 있고 그 신호의 안정성도 높아 보다 넓은 지역을 서비스할 수 있다. 전송 속도가 높은 경우 전송 신호 세기에 제약이 있고 안정성도 떨어

지기 때문에 서비스 범위가 좁아진다. 실제 무선 랜에서는 Beacon 프레임을 포함한 각종 제어(control) 및 관리(management) 프레임을 가장 낮은 전송 속도로 전달하도록 규정하고 있다.

AP에서 전송 속도 별 전송 신호 세기, 단말에서의 수신 감도 민감성은 장비마다 조금 다를 수 있다. Atheros 사의 6세대 무선 LAN 칩셋을 사용하는 Engenius 사의 NMP 8602 PLUS-S라는 IEEE 802.11g 무선 Mini-PCI 어댑터 카드의 Datasheet에 따르면 이 인터페이스의 2.4GHz의 일반적 수신 감도 민감성은 1Mbps에서 -95dbm, 6Mbps에서 -91dbm, 11Mbps에서 -90dbm, 54Mbps에서 -72dbm을 가진다. 이에 따르면 1Mbps로 전송할 경우 54Mbps에 비해 23dbm이나 신호가 약하더라도 수신 가능성이 있다는 의미이다. 반면 전송 시 신호 세기를 보면 1, 2, 5.5, 11Mbps의 경우 28dbm, 6~24Mbps의 경우 27dbm, 36Mbps는 25dbm, 48Mbps는 24dbm, 54Mbps는 23dbm의 신호 세기로 전송한다. 즉 1Mbps에 비해 54Mbps는 5dbm이나 약하게 신호를 전송한다는 의미이다. IEEE 802.11에서는 방송 패킷에 대해 최대한 많은 사용자들을 지원하기 위하여 가장 낮은 전송 속도로 전송하도록 제한하고 있다. 즉 802.11g의 경우 방송 패킷을 1Mbps의 속도로 전송한다. 1Mbps의 전송 속도는 높은 전송 신호 세기 및 낮은 수신 감도 요구 조건에 따라 상당히 넓은 서비스 영역을 지원하는 장점이 있다. 그러나 Wi-Fi 방송 서비스의 경우 1Mbps보다 높은 서비스 대역폭 요구가 있을 것으로 보인다. 더구나 에러 보정을 위한 추가 정보 전달을 고려할 때 훨씬 높은 대역폭 제공이 필요하다. 뿐만 아니라 방송 서비스 외에 사용자들의 다른 Wi-Fi 서비스 지원을 고려할 때 방송 패킷에 대한 1Mbps 전송 속도 제한을 해제하고 보다 높은 속도로 방송 패킷을 전송할 수 있도록 하여야 한다.

IEEE 802.11 무선 랜에서는 CSMA/CA 기술에 기초하고 있는 DCF

(Distributed Coordination Function)라는 경쟁 기반의 다중 접속, 즉 MAC 기술이 사용되고 있다.

DCF MAC의 개괄적 동작 구조는 그림 11에 표시한 것과 같다. 그림에서 A, B, C, D 네 개의 가로 축은 시간 축으로 단말(STA) A, B, C, D의 동작을 시간에 따라 표시하기 위해 사용하였다. 단말들은 전송할 프레임이 있으면 우선 채널 상태를 확인하여, 즉 Carrier Sensing을 시행하여 채널이 Idle 한지 확인한다. 채널이 Busy하면 충돌을 회피하기 위해 Random 백오프를 위한 백오프 값을 $\text{Uniform}[0, CW]$ 라는 Random 함수를 실행시켜 구한다. CW(Contention Window)는 혼잡 회피를 위해 사용하는 경쟁구간 값이며 AP에 의해 그 값이 단말들에게 주어진다.

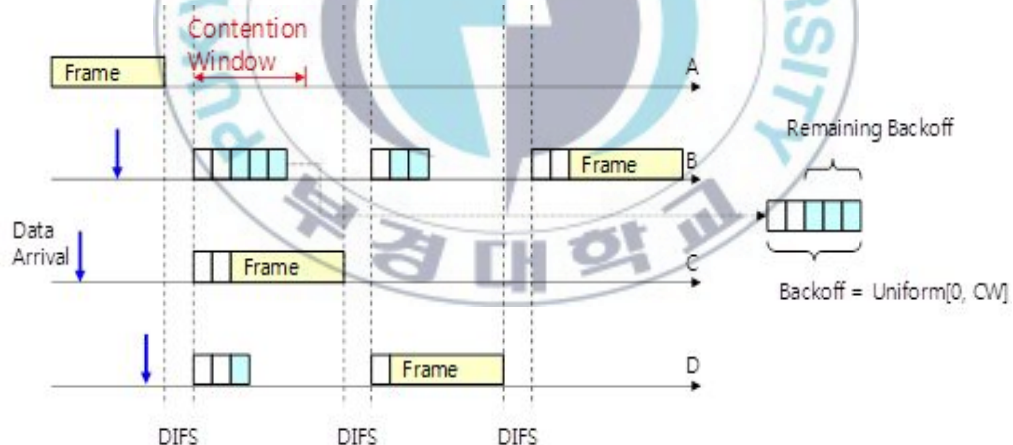


그림 12. IEEE 802.11 DCF 동작 구조 예

그림 11에서 단말 B, C, D는 랜덤(random) 백오프 과정을 통해 각각 5, 2, 3의 백오프 값을 구했다고 가정한다. B, C, D는 A의 전송이 끝나고 체

널이 Idle 해지면 바로 전송을 하는 것이 아니다. 먼저 DIFS(DCF Inter Frame Space)라는 시간 동안 기다리고 난 후 자신의 백오프 값을 한 슬롯이 지날 때 마다 1씩 감소시킨다. 그리고 백오프 값이 0이 되면 그 Slot에서 프레임을 전송한다. 자신의 백오프 값이 0이 되기 전에 다른 단말이 전송을 시도하는 것을 감지하면 자신의 백오프 값 감소를 멈추고 전송이 완료될 때까지 기다린다. 그림 11에서는 단말 C의 백오프 값이 가장 먼저 0이 되어 전송이 이루어지고 이어서 D, B의 순으로 전송이 이루어진다.

DCF는 단순하고 효과적인 분산 MAC 기술이지만 VoIP(voice over IP)와 같은 실시간 응용을 지원하기에는 적합하지 않음이 여러 연구를 통해 밝혀졌다. 물론 IEEE 802.11 MAC에는 DCF 외에 경쟁이 아닌 AP가 Polling을 통해 전송 권한을 결정하는 PCF(Point Coordination Function)라는 기술이 정의되어 있다. 그러나 이 PCF 역시 인자 조정의 비유연성으로 VoIP 등에 적합하지 않음이 밝혀졌다. 게다가 이 기술의 경우 거의 대부분의 AP에서 지원을 하지 않고 있는 실정이다.

3.1.4 무선 트래픽의 자원 제한 문제 해결 방법

무선 LAN의 자원 제한 문제를 풀기 위한 방법으로는 크게 물리적인 자원 자체를 향상시키는 방법과 QoS 등을 지원함으로써 다른 사용자보다 매체를 먼저 점유하게 하는 방법 등이 있다.

앞 절에서 설명하였듯이 1998년에 제정된 IEEE 802.11의 MAC은 VoIP와 같은 실시간 멀티미디어 응용을 지원하는데 적절하지 않음이 여러 연구를 통해 밝혀졌다. 2000년대 들어서면서 하위 호환성을 유지하면서도 실시간 멀티미디어를 지원하기 위한 QoS MAC에 대한 연구가 활발히 진행되었고 그 결과 IEEE 802.11e라는 QoS MAC 기술 표준이 2005년 개발되었다.

이 표준에서는 새로운 경쟁 기반의 MAC인 EDCA와 무경쟁 MAC인 HCCA(HCF Controlled Channel Access)를 정의하였다. 이 두 가지 MAC 중 Wi-Fi 방송을 위해서는 HCCA가 보다 적합하나 현 단계에서는 이를 지원하는 장비를 찾기가 어렵다. 따라서 현 시점에서는 EDCA를 사용하는 것이 현실적 대안이다. 실제 WMM/WME (Wi-Fi MultiMedia/Wi-Fi Multimedia Extension) 인증으로 알려진 Wi-Fi의 실시간 멀티미디어 기능 인증은 실상 EDCA 기능의 지원 여부를 나타내는 것이다.

EDCA는 그림 12에 표시한 것과 같이 프레임을 백그라운드, 최선형, 영상, 음성의 4가지 AC로 분류하고 이들을 각각의 전송 큐(queue)를 통해 분리 관리하도록 한다. 동일한 AC 내에서도 우선순위에 차이를 둘 수 있어 실제 적용 가능한 우선순위의 종류는 모두 8가지이다.

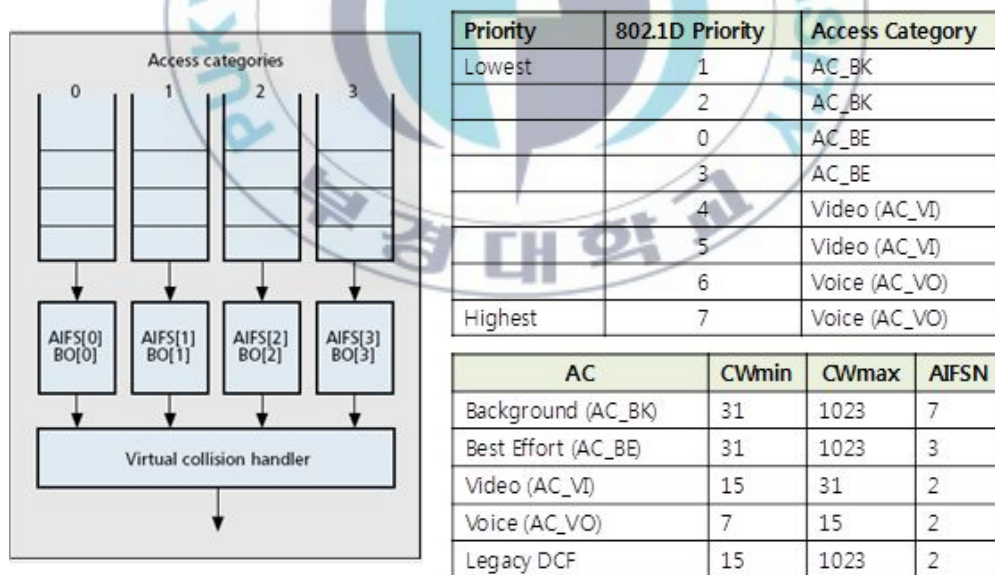


그림 13. EDCA에서의 AC와 우선순위 종류

EDCA에서 실제 우선순위를 부여하며 그 성능을 제어하는 역할은 AC 별로 다른 AIFS 및 CW 값에 기반하고 있다. 표준에서 정의한 AIFS 및 CWmin, CWmax 값은 그림 12의 우측 하단 표에 표시되어 있다.

EDCA에서 AIFS의 역할은 DCF에서의 DIFS와 같다. 다만 AC마다 AIFS 값을 다르게 함으로써 매체 접근의 우선순위를 제어할 수 있도록 하는 역할을 한다. CW도 역시 기존 DCF와 동일하지만 이 역시 AC마다 다른 값을 가지게 하여 AC간 우선순위 제어의 역할을 하게한다.



IV. 우선순위 데이터 전송 기법 설계

본 연구에서는 병원 네트워크에서 PACS 데이터에 따른 네트워크의 부하 집중 문제점을 해결하기 위한 설계환경 및 개념에 대하여 기술한다.

4.1 문제 해결 방법 설계

4.1.1 우선순위 지원 문제

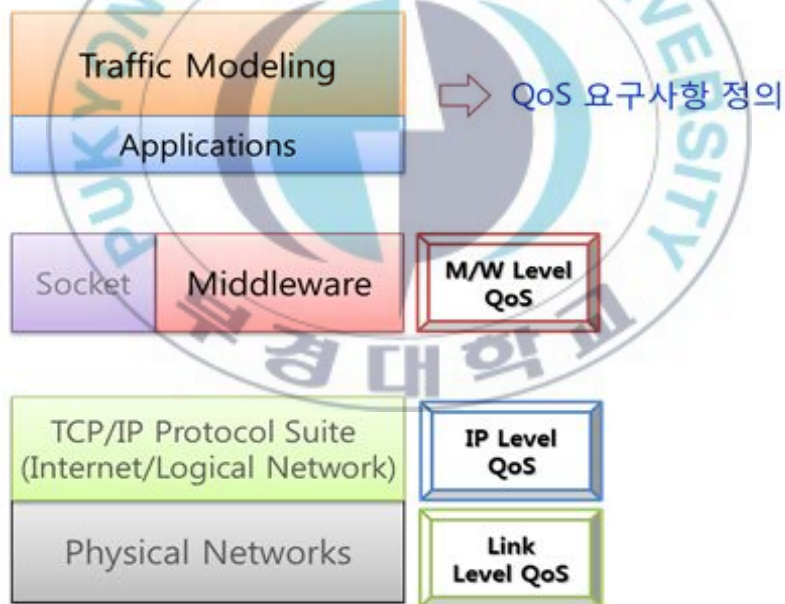


그림 14. QoS 요구사항 정의에 따른 계층적 QoS 전략

그림 13은 QoS를 지원하기 위한 네트워크 구조를 나타낸다. 먼저 DDS의 데이터 단위인 토픽을 설계한다. 토픽에 따라 트래픽 모델링을 할 수 있을 것이며, 이것을 바탕으로 스위치단의 경로를 배분할 수 있다. 그림 13은 이것을 네트워크 계층적으로 나타내고 있는데 응용계층에서 생성된 DDS 토픽을 전송계층 이전인 미들웨어 단에서 구별하여 전송을 하게 한다[26,27].

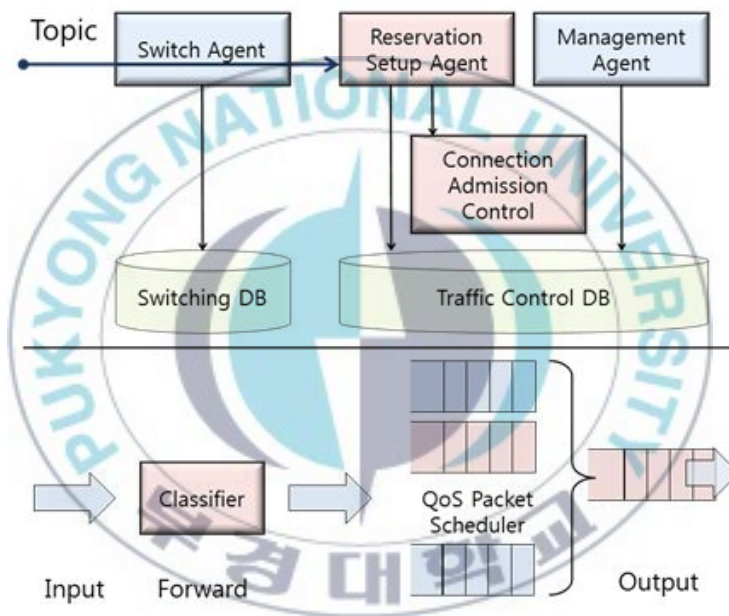


그림 15. 스위치단 QoS 적용 방안

그림 14는 스위치 단에서의 QoS 적용 방안을 나타낸다. 응용계층에서 생성된 PACS 데이터는 미들웨어의 토픽에 따라 분류되고 이렇게 분류된 데이터는 전송계층으로 내려가서 전송이 된다. 이후에 IP패킷으로 캡슐화되기 때문에 인터넷 망에서 전송이 가능해진다. 이때 스위치의 데이터베이스

이스를 통해 전송경로를 결정하는데 구분자로는 IP 패킷의 TOS 필드를 이용하는 것이 일반적이고 본 연구에서도 이것을 이용하여 스위치에서 PACS 데이터와 비 PACS 데이터를 구분하고자 한다.

4.1.2 무선 트래픽의 자원 제한 문제

그림 15는 무선 트래픽의 자원 제한 문제를 해결하기 위한 네트워크의 프로토콜 스택의 구조를 나타낸다. PACS 데이터를 실시간으로 전송하기 위해 IEEE 802.11 MAC 프레임을 기본으로 하며 UDP 패킷을 통해 서비스를 지원한다. UDP 패킷의 특성상 에러 보정이 어렵기 때문에 Reed Solomon을 이용한 FEC(Forward Error Correction)를 사용한다. 모니터링 레이어를 통한 현재 시스템의 상태를 확인하는 것을 특징으로 한다. 모니터링 레이어의 위치는 변경 가능하다.

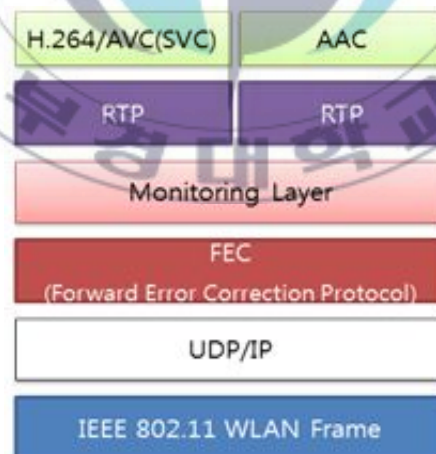


그림 15. 무선 트래픽의 자원 제한 문제를 해결하기 위한 프로토콜

그리고 QoS와 데이터 전송 속도를 제어할 수 있는 TOS 필드를 표 2와 같이 설계하였다. Rate & QoS 필드는 1바이트(Byte) 크기이며 상위 4비트와 하위 4비트로 나뉘어진다. 상위 4비트는 AP의 Broadcasting 혹은 Multicasting Rate을 의미하고 하위 4비트는 AP QoS를 의미한다. 이 필드를 통해 AP의 Rate과 QoS를 셋팅 할 수 있다.

표 2. Rate과 QoS를 위한 TOS 값

Rate (상위 4bit)	의미	QoS (하위4bit)	의미
0x10	1 Mbps	0x00	Default
0x20	2 Mbps	0x40	Voice
0x30	5.5 Mbps	0x80	Video
0x40	6 Mbps	0x0C	Background
0x50	9 Mbps		
0x60	11 Mbps		
0x70	12 Mbps		
0x80	18 Mbps		
0x90	24 Mbps		
0xa0	36 Mbps		
0xb0	48 Mbps		
0xc0	54 Mbps		

V. 성능분석 및 평가

5.1. 성능분석 환경

제안한 방법에 대한 성능을 평가하기 위해 네트워크 시뮬레이션 도구인 OPNET 9.1 교육용 버전을 이용하였다. 그림 16는 미들웨어가 없는 병원 네트워크를 나타내었다. 데이터의 흐름은 PACS Server에서 PC로 백본과 스위치를 거치는 구성으로 시뮬레이션 환경을 설정 하였다.

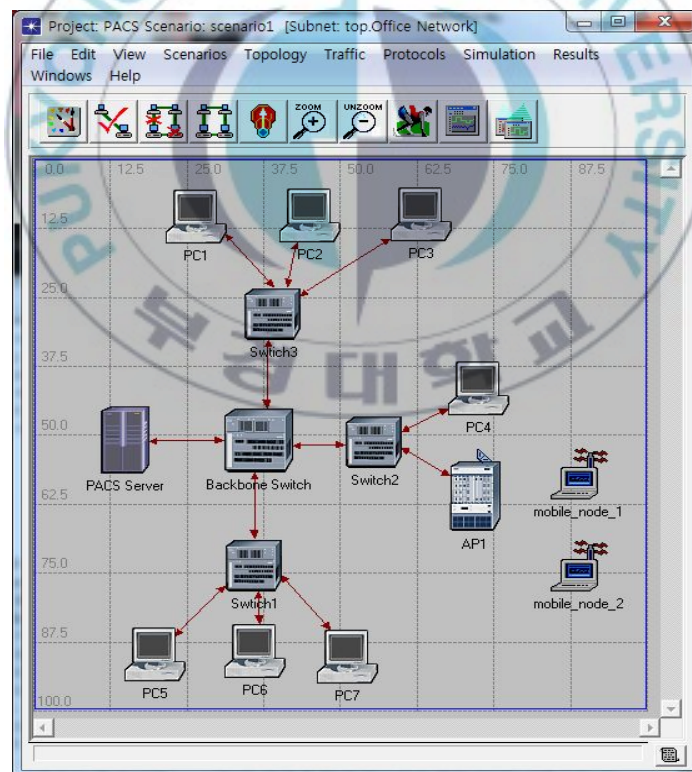


그림 17. 미들웨어 없는 시뮬레이션 환경

그림 17은 미들웨어를 포함한 네트워크 시뮬레이션 환경이며 이 환경에서 미들웨어에 제안한 알고리즘을 적용하여 평가하였다. 데이터의 흐름은 PACS Server에서 미들웨어를 거쳐 백본과 스위치를 통해 스케줄링 되는 시뮬레이션으로 구성하였다.

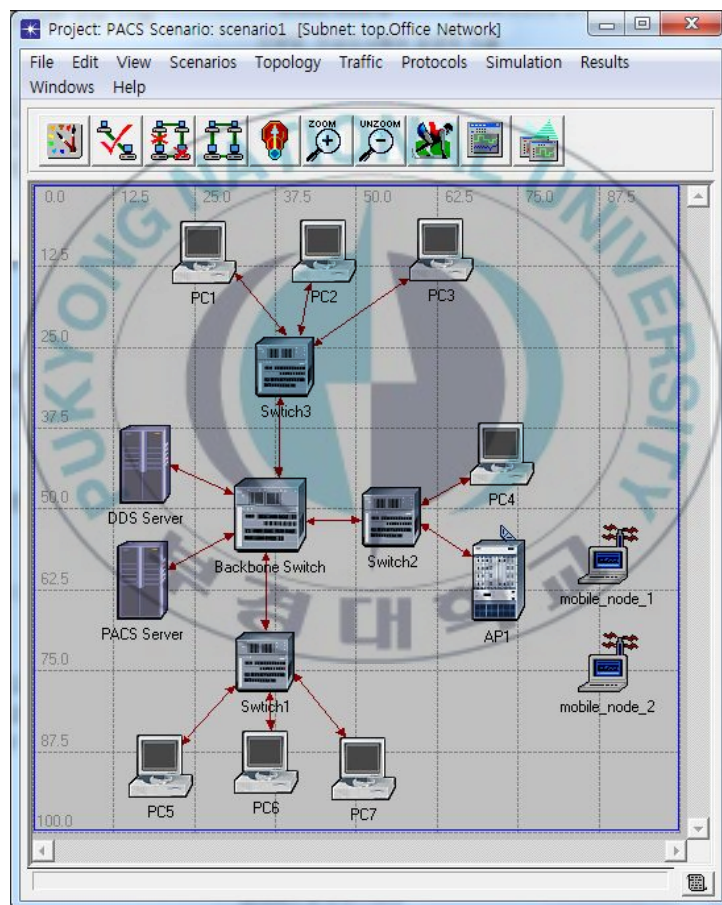


그림 18. 미들웨어를 포함한 시뮬레이션 환경

표 3과 같이 QoS를 제공하기 위한 카테고리는 일반적으로 사용되는 음성, 영상, 백그라운드(BK), 디폴트(default)로 나누어 전송했다. 전송 데이터율은 비교를 용이하게 하기 위해 4Mbps로 통일시켰고 시간차 전송을 위하여 전송 패킷을 음성 50,000, 영상 30,000, 백그라운드 20,000, 디폴트 10,000으로 전송 하였다.

표 3. 성능평가 시뮬레이션을 위한 전송 데이터

Priority	전송 bit Rate	전송 Packet 갯수
Voice	4Mbps	50,000
Video	4Mbps	30,000
BK	4Mbps	20,000
Default	4Mbps	10,000

5.2 성능분석

5.2.1 성능분석 시나리오

본 논문에서 제안한 미들웨어 기반 병원 네트워크에서 QoS적용 알고리즘의 성능을 분석하였다. 이와 더불어 기존 병원 네트워크 환경에서의 트래픽을 같이 평가함으로써 제안한 방법과의 비교성능을 평가하였다.

본 논문에서는 다음과 같은 설정으로 성능을 시험 하였다. 혼잡한 상황을 만들기 위해서 대역폭을 12Mbps로 제한하였다. 물론 100Mbps로 제한할 수 있지만 트래픽의 특징만을 설명하기에 너무 많은 데이터는 분석의 효율을 떨어뜨릴 수 있기 때문에 위와 같이 12Mbps로 제한하였다. 큐(queue)의 개수는 음성, 영상, 백그라운드, 디폴트 우선순위로 나눈 4개의 큐와, 필터에 의해 구별되는 패킷과 구별하기 위해 1개의 추가적인 큐로 구성하였다.

그리고 혼잡한 상황을 만들기 위해서 4개의 우선순위에서 각각 4Mbps로 총 16Mbps로 전송을 하였다. 음성, 영상, 백그라운드, 디폴트 순서대로 약 5~10초 간격을 두고 전송을 시작한다. 전송되는 대역폭은 같고, 전송되는 패킷의 간격은 일정하다. 하지만 서로 다른 영향을 끼치는지 혹은 음성, 영상 데이터가 QoS를 보장 받을 수 있는 지를 확인하기 위해 음성 패킷 수를 50,000개, 영상 패킷 수를 30,000개, 백그라운드 패킷수를 20,000개, 디폴트 패킷수를 10,000개를 전송하였다. 평가를 위하여 전송손실률의 파라미터는 식(2)와 같이 설정되었다.

표 4는 일반 네트워크 환경에서의 1,000 바이트에 패킷을 전송 하였을 때 전송 되는 인자 값이며 손실률을 나타내는 기초자료이며, 표 5는 시뮬레이션에 앞서 표 4의 기초자료를 바탕으로 전체 전송대역폭의 각 카테고리

리벨 점유되는 대역폭을 나타내었고 손실률도 예측하였다.

$$\begin{aligned}
 \text{Maximum Threshold} &= \frac{0.01 * \text{Bandwidth Share} * \text{Desired Latency} * \text{Bandwidth}}{8 \text{bits / byte} * 1000 \text{ms / sec}} \\
 \text{Minimum Threshold} &= \frac{\text{Maximum Threshold}}{2} \\
 \text{Avgpkt} &= \text{Average Packet Length} \\
 \text{Burst} &= \frac{2 * \text{Min Threshold} + \text{Max Threshold}}{3 * \text{Avgpkt}} \\
 \text{Lim} &= 4 * \text{Max Threshold} \\
 \text{Bandwidth (12Mbps)} &= 12 * 1024 * 1024 \text{bits / sec} = 12582912 \text{bits / sec}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

표 4. 평가를 위한 기초 자료

Priority	평균 packet 길이(Byte)	Max Threshold (Byte)	Min Threshold (Byte)	Burst	Limit	Drop 확률
Voice	1,000	62,914	31,475	41	251,656	N/A
Video	1,000	47,185	23,592	31	188,740	0.05
BK	1,000	31,475	31,475	20	125,900	0.1
Default	1,000	15,728	7,864	10	62,912	0.15

표 5. 성능 평가를 위한 설정 인자

Priority	평균 packet 길이(Byte)	Expected Bandwidth Share	Maximum Desired Latency	Drop 확률
Voice	1,000	40%	100ms	N/A
Video	1,000	30%	100ms	0.05
BK	1,000	20%	100ms	0.1
Default	1,000	10%	100ms	0.15

5.2.2 기존 병원 네트워크의 성능분석

본 실험의 목표는 병원 네트워크에서 기본적으로 제공하는 토폴로지를 이용하여 네트워크의 대역폭을 측정하고 성능을 시험 및 분석하였다. 큐의 개수는 3개, 즉 대역이 3개이며 전통적인 FIFO(first input first output) 구조의 큐를 사용하였다.

그림 18은 클라이언트(client)에서 수신한 데이터들의 대역폭을 나타낸다. 4Mbps의 전송속도로 음성, 영상, 백그라운드, 디폴트 순으로 시간차를 두고 전송하였다. 음성과 영상을 동시에 전송할 때까지만 해도 Drop되는 패킷은 없었다. 하지만 그림의 ① 즉, 백그라운드가 전송하기 시작하면, 음성과 영상 데이터가 영향을 받으면서 대역폭이 떨어지게 되며, 그림 18, 19의 ㉠처럼 패킷이 Drop 되기 시작한다. 이런 상황에서 디폴트 데이터가 전송이 되면 그림 18, 19의 ㉡처럼 전송되는 음성, 영상, 백그라운드 데이터는 모두 영향을 받는다. 더불어 음성, 영상, 백그라운드 데이터는 모두 Drop되는 패킷의 대역폭은 높아지게 된다. 디폴트 데이터는 FIFO에서 우선순위가 가장 높으므로 Drop 되지 않는 것을 볼 수 있었다. 반면에 음성, 영상, 백그라운드 데이터는 디폴트 데이터의 영향을 받아서 더 많은 패킷이 Drop 된다.

디폴트 데이터가 모두 전송이 되면 음성, 영상, 백그라운드 데이터만 전송이 되기 때문에 그림 18 19의 ㉢처럼 다시 ㉠의 상태와 동일하게, 다소 Drop 대역폭이 떨어지게 된다. 또한 순차적으로 모두 전송이 되면 점점 Drop 되는 패킷이 없어지게 되며, 정상적인 대역폭 상태로 돌아오게 된다.

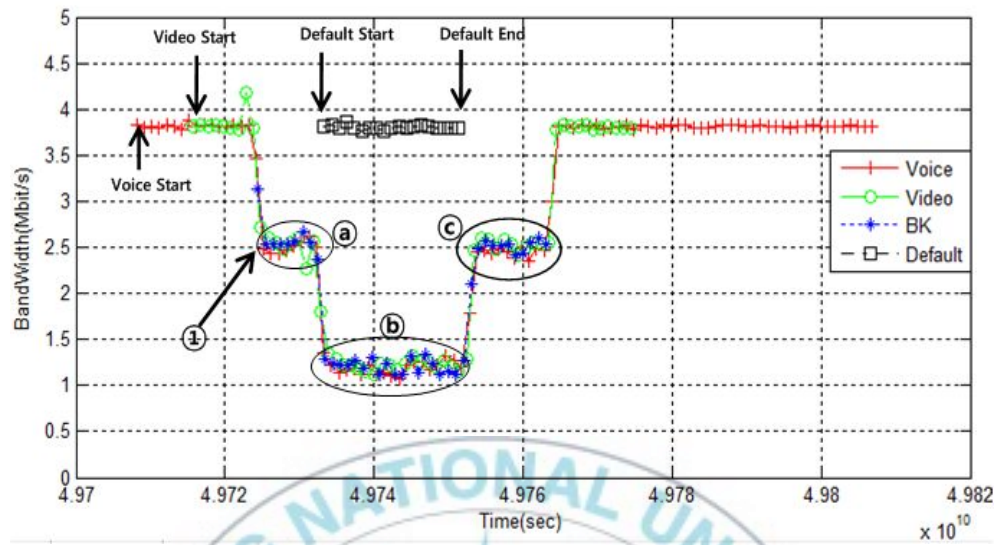


그림 18. 기존 병원 네트워크의 Client에서 수신한 데이터 대역폭

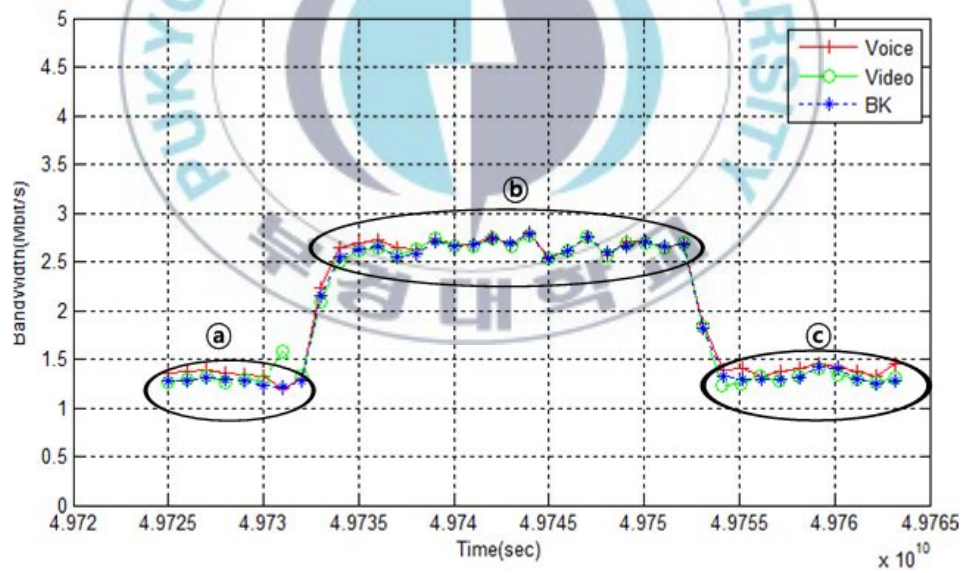


그림 19. 기존 병원 네트워크에서 Drop 한 데이터 대역폭

5.2.3 우선순위 지원 알고리즘 성능 분석

본 실험의 목표는 본 논문에서 제안하는 우선순위 지원 알고리즘을 네트워크와 미들웨어에 적용하였을 때의 성능을 시험 및 분석하는 것이다. 큐의 개수는 3개이며 기존 병원 네트워크의 성능 분석과 같이 FIFO 큐를 기반으로 한다. QoS를 지원하는 관점에서 네트워크가 혼잡할 때 Tail Drop의 문제점을 일부 해결하기 위해서 패킷 Drop방식으로 Early Drop을 사용하였다.

그림 20은 클라이언트에서 수신한 데이터들의 대역폭 나타내고, 그림 21은 스위치에서 Drop 되는 데이터들의 대역폭을 나타낸다. 4Mbps의 전송속도로 음성, 영상, 백그라운드, 디폴트 순으로 시간차를 두고 전송한다. 제안한 알고리즘에서는 백그라운드, 디폴트 데이터를 전송하더라도 음성이나 영상 데이터가 전혀 지장을 받지 않는다. 큐가 3개이기 때문에 백그라운드, 디폴트 데이터는 같은 큐를 사용한다. 그래서 디폴트 데이터와 백그라운드 데이터는 서로 영향을 미친다.

제안한 알고리즘은 Early Drop을 사용하기 때문에 백그라운드, 디폴트 데이터는 Drop 되는 대역폭이 높았다. 또한 Early Drop을 사용하기 때문에 그림 20에서 확인 할 수 있듯이 네트워크가 혼잡한 상황에서 낮은 우선순위 데이터는 기아 현상이 일어나게 된다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘의 단점이라 할 수 있다.

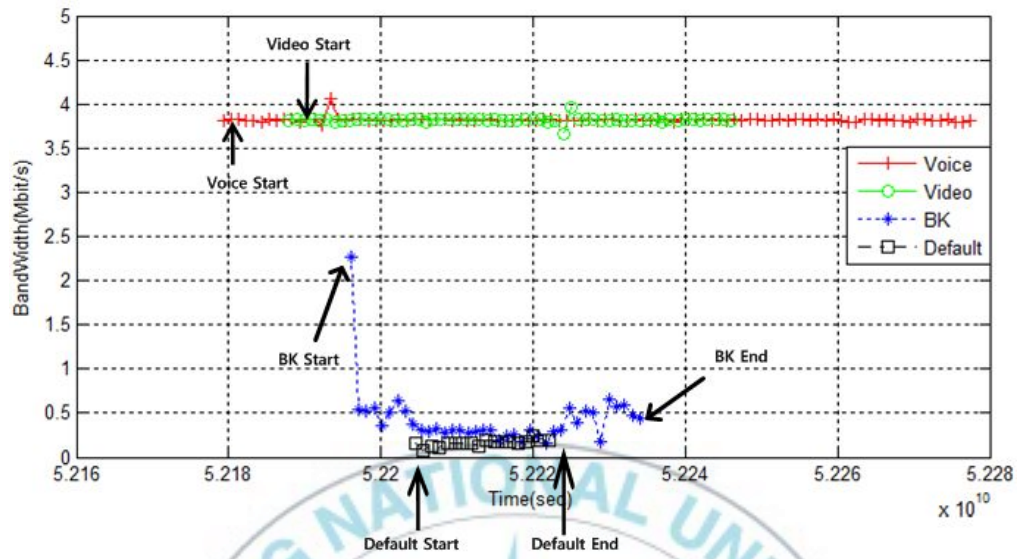


그림 20. 우선순위 지원 알고리즘에서 수신한 데이터 대역폭

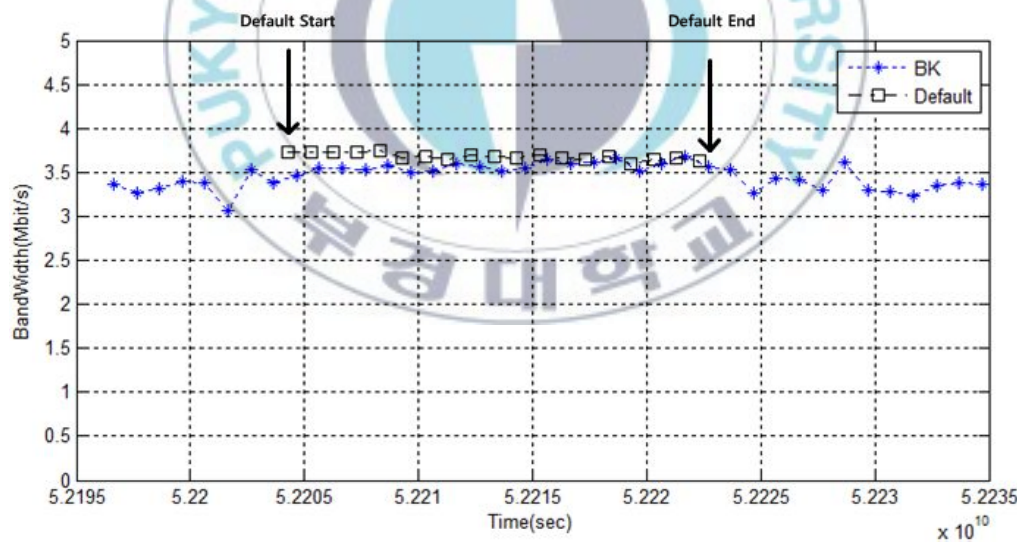


그림 21. 우선순위 지원 알고리즘에서 Drop 한 데이터 대역폭

본 논문에서 제안한 미들웨어 기반 QoS는 기존 병원 네트워크에 비해 음성, 영상 우선순위 데이터의 QoS를 보장할 수 있었다. 기존 병원 네트워크는 다른 데이터의 영향을 받는데 비해 제안한 방법은 다른 데이터의 영향을 받지 않는다. 만약 제안한 방법에서 QoS를 적용하지 않은 다른 데이터가 더 높은 비트율로 전송하게 된다면 점점 더 영향을 받을 것으로 예상된다. 하지만 제안한 방법은 Early Drop을 하기 때문에 다른 데이터의 영향을 받지 않는다.

기존 병원 네트워크에서 일반적인 QoS 방식은 우선순위별로 데이터를 전송한다. 하지만 음성데이터 우선순위라도 다른 우선순위 데이터에 영향을 받으며 패킷 또한 Drop 된다. 이에 비해서 본 논문에서 제안한 미들웨어 기반 QoS는 우선순위별로 데이터를 전송하며 또한 다른 우선순위 데이터에 영향을 받지 않는다. 이러한 것을 바탕으로 했을 때 제안한 QoS는 우선순위가 높은 데이터에 대해서 기존 병원 네트워크에 비해 QoS 지원을 원활히 할 수 있다는 것을 의미한다.

본 논문에서 제안한 미들웨어 기반 QoS는 음성, 영상, 백그라운드, 디폴트 데이터를 동시에 전송했을 때 음성, 영상 데이터는 약 3.9Mbps가 전송된다. 하지만 기존의 병원 네트워크에서의 음성은 3.5Mbps, 영상은 2.5Mbps의 비트율을 보인다. 따라서 본 논문에서 제안한 미들웨어 기반 QoS는 기존 병원 네트워크에 비해 음성 데이터는 약11%, 비디오 데이터는 약 35%가 향상되었다.

추가적으로 하나의 카테고리가 사용하는 대역폭을 5Mbps에서 10Mbps로 증가시키며 기존 음성, 영상에 비해 제안하는 음성 영상의 성능을 측정하여 정리하였다. 표 6은 시뮬레이션 결과 값이며 가용 대역폭의 증가에 따라 제한 대역폭을 적절히 정하여 실험하였다. 실험은 난수의 발생인자에 따라 다른 결과 값을 나타낼 수 있다. 실험은 50회씩 실시하고 평균으로 실험의 결과 값을 정하였다. 가용 대역폭이 증가할수록 제안하는 음성 및 영상의 대역폭은 안정적으로 보장되는 것을 확인할 수 있다.

표 6, 여러 가지 대역폭에 따른 시뮬레이션 결과

가용 대역폭	기존음성	기존영상	제안음성	제안영상	제한 대역폭	through put(음성)
5Mbps	4.5	3.5	4.9	4.7	15	8.8%
6Mbps	5.0	4.5	5.9	5.8	18	18%
7Mbps	6.0	5.5	6.9	6.8	21	15%
8Mbps	6.9	6.6	7.9	7.7	24	14%
9Mbps	8.2	7.5	8.9	8.8	27	8.5%
10Mbps	9.0	8.4	9.9	9.7	30	10%

VI. 결 론

본 논문에서는 DDS 미들웨어를 기반으로 PACS와 같은 멀티미디어 데이터에 QoS를 지원하기 위한 알고리즘을 제안하고 성능을 확인하였다. 서로 다른 네트워크에서 서로 다른 우선순위를 가진 데이터를 전송할 때는 기본적으로 네트워크는 우리가 원하는 QoS 기능을 지원하였다. 하지만 같은 네트워크 내에서 멀티미디어 데이터를 여러 사용자가 동시에 요청하면 기본적으로 QoS 기능을 지원하지 못하는 문제를 발견하였다. 본 논문에서는 위 문제점의 원인을 최선형 방식으로 전송되는 데이터 전송방식이 원인이라 분석하였다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 본 논문에서는 미들웨어를 이용한 QoS지원 방법을 제안하였으며, 같은 네트워크 내에서 QoS 기능을 정상적으로 지원하는 것을 확인하였다. 이러한 방법은 병원 네트워크에서 토폴로지의 변경없이 미들웨어의 추가만으로 성능을 향상시킴으로 여러 가지 비용을 줄일 수 있고 네트워크의 성능을 향상시킬 수 있었다.

현재 인터넷은 기본적으로 IP Version 4 기반이고, QoS 기능이 활성화되지 않다. 따라서 본 논문에서 지향하는 QoS 기능은 병원과 같은 기존 네트워크가 존재하는 상황에서 QoS를 지원하기에 적합할 것으로 판단된다.

향후에 QoS를 지원하는 시스템이 인터넷에서 활성화되기 위해서는 IP Version 6 등을 고려한 QoS지원 기법에 대한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

[참고 문헌]

- [1] 김성현, 전재환, 김관형, 강성인, 오암석, “DICOM 데이터관리를 위한 Departmental PACS 설계,” *2010년도 한국컴퓨터정보학회 동계학술대회*, 제41권 1호, 2010년 1월.
- [2] PACS Company INFINITT Healthcare Co., LTD, <http://www.infinitt.co.kr/products/pacs.asp>.
- [3] K.-S. Shin, W. O. Yoon, J. H. Jung, and S. Choi, “VOD Multicast Using CIWP and P2P Partial Stream Transfer,” *13th International Multimedia Modeling Conference, MMM2007, Singapore, LNCS 4352, Part II*, pp. 104-114, Jan. 2007.
- [4] S. Uno, H. Tode, and K. Murakami, “A Design for Video on Demand System with Multicasting and Burst Data Transmission.” *in Proc. SCS Euromedia, '99 APTEC IV*, pp.227-231, Apr. 1999.
- [5] W. Almesberger, J. H. Salim, and A. Kuznetsov, “Differentiated Services on Linux,” June 1999.
- [6] Heinanen, Juha, Baker, Fred, Weiss, Walter, Wroclawski, and John, “Assured Forwarding PHB Group,” *IETF*, June 1999.
- [7] L. Balliache, “Differentiated Service on Linux HOWTO,” GRED queuing discipline, www.opalsoft.net/qos/DS-27.htm.
- [8] Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications, 1999.
- [9] IEEE 802.11e WG, Part 11: IEEE Standard for Information technology Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks Specific requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) specifications Amendment 8: Medium Access Control(MAC) Quality of Service Enhancements.
- [10] S. Choi, J. Prado, S. Shankar, and S. Mangold, “IEEE 802.11e

- contention-based channel access(EDCF) performance evaluation,” in *Proc. IEEE ICC'03*, vol. 2, pp. 1151-1156, May 2003.
- [11] Y. Xiao, “A simple and effective priority scheme for IEEE 802.11,” *IEEE Commu. Lett.*, vol. 7, no.2, pp.70-72, Feb. 2003.
- [12] M. A. Parris, “Class-Based Thresholds: Lightweight Active Router-Queue Management for Multimedia Networking,” *Chapel Hill*, 2001.
- [13] S. Floyd and V. Jacobson, “Random Early Detection Gateways for Congestion Avoidance,” *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Aug. 1993.
- [14] B. Braden, D. Clark, J. Crowcroft, B. Davie, S. Deering, D. Estrin, S. Floyd, V. Jacobson, G. Minshall, C. Partridge, L. Peterson, K. Ramakrishnan, S. Shenker, J. Wroclawski, and L. Zhang, “Recommendations on Queue Management and Congestion Avoidance in the Internet,” *IETF RFC(Informational) 2309*, Apr. 1998.
- [15] S. Patel, P. Gupta, and G. Singh, “Performance Measure of Drop Tail and RED Algorithm,” *ICECT*, 2010.
- [16] Z. Orlov and M. C. Necker, “Enhancement of Video Streaming QoS with Active Buffer Management in Wireless Environments,” in *Proc. EW 2007*, Paris, France, Apr. 2007.
- [17] 이규환, 이현진, 김재현, 노병희, “IEEE 802.11e EDCA에서 스트리밍 서비스의 QoS 보장을 위한 동적 버퍼관리 기술,” *한국통신학회논문지*, pp. 751-759, 2009년 8월.
- [18] 구자현, 정광수, “SVC 스트리밍을 위한 시간 계층 기반의 동적 큐 관리 알고리즘,” *정보과학회논문지*, pp. 425-436, 2009년 10월.
- [19] 김지원, 신광식, 윤완오, 최상방, “QoS 보장을 위한 멀티미디어 데이터 스케줄링 연구,” *전자공학회논문지*, pp. 582-594, 2009년 9월.

- [20] OpenSplice DDS Data Distribution Service for Real-Time System, PrismTech, <http://www.prismtech.com/opensplice>.
- [21] OpenDDS, An open source C++ implementation of the Object Management Group (OMG) Data Distribution Service (DDS), <http://www.opendds.org>.
- [22] IEEE 1516, HLA (High Level Architecture), IEEE-SA Supplemental Material, <http://standards.ieee.org/downloads/1516>.
- [23] OpenDDS, An open source C++ implementation of the Object Management Group (OMG) Data Distribution Service (DDS), <http://www.opendds.org>.
- [24] Object Computing, Inc., An Open Solutions Company, <http://www.ociweb.com>.
- [25] M. Martinez, "Interpreting opendds performance testing results," *OCI Middleware News Brief*, 2010.
- [26] 김남호, 성택영, 이석환, 이종극, 권기룡, "병원 전산망에서 QoS보장을 위한 DDS 미들웨어 기반 멀티미디어 PACS 데이터 전송 기법 연구," *2012년도 한국멀티미디어학회 춘계학술발표대회 논문집*, 제15권 1호, pp. 184-185, 2012년 5월.
- [27] 김남호, 성택영, 이석환, 권기룡, "병원 네트워크에서 효율적인 QoS 지원 기법 연구," *2012년도 대한전자공학회 하계학술대회*, 제36권 1호, 2012년 6월.