

# WLAN과 3GPP 연동 망에서의 종단간 서비스 품질 보장 기술

\*오성민, \*김재현, \*\*황유선, \*\*권혜연, \*\*박애순,

\*아주대학교, \*\*한국전자통신연구원

\*{smallb01, jkim}@ajou.ac.kr, \*\*{ys3838, hykwon, aspark}@etri.re.kr

## End-to-End QoS Provisioning Technology for WLAN and 3GPP Interworking Network

\*Sung-Min Oh, Jae-Hyun Kim, \*\*You-Sun Hwang, Hye-Yeon Kwon, Ae-Soon Park

\*Ajou Univ., \*\*ETRI

### 요 약

본 논문에서는 WLAN과 3GPP 연동 망에서 종단간 서비스 품질을 보장하기 위하여 3GPP에서 제안한 종단간 서비스 품질 보장 구조를 기반으로 Control plane과 User plane을 설계한다. 또한, 이기종망간 서비스 품질 보장 기술들의 연동을 위하여 QoS 파라미터 및 서비스 클래스 매핑 기술을 제안하며, 사용자 측면에서의 서비스 품질 보장을 위하여 백본망에서의 병목현상에 대처할 수 있는 스케줄러인 DPS (Dynamic Processor Sharing)를 제안한다. 시뮬레이션 결과에 의하면, DPS는 총 트래픽 양이 링크 처리용량의 96%까지 증가하더라도 음성 트래픽에 대한 종단간 지연이 WRR (Weighted Round Robin)과 FIFO (First In First Output)에 비해 상당히 낮은 값으로 일정하게 유지되었고, 비디오 스트리밍의 경우도 WRR과 FIFO와 비교하여 종단간 지연에 대한 성능이 유사하게 나타났다.

### I. 서론

최근 많은 이동통신 사용자들은 언제 어디서든지 고속 멀티미디어 서비스를 제공받을 수 있는 차세대 통신시스템을 요구하고 있다. 이런 사용자들의 요구사항들을 충족시키기 위하여 많은 통신 기술들이 개발되고 있으나 각각의 독립적인 통신 기술로는 사용자들의 요구사항들을 모두 충족시키기에는 한계가 있기 때문에, 이기종의 통신 기술들간 연동에 대한 관심이 증대되고 있는 상황이다. 그 중에서도 근거리 통신망에서 고속의 전송속도로 데이터를 서비스할 수 있는 WLAN (Wireless Local Area Network)과 원거리 통신망에서 사용자의 이동성을 보장할 수 있는 기술인 3GPP (3rd Generation Partnership Project)간 연동에 큰 관심이 집중되고 있다. 3GPP에서는 WLAN과 3GPP 연동 기술에 관한 WG (Working Group)을 조직하여 관련 기술 표준화에 앞장서고 있다. 3GPP는 WLAN과 3GPP 연동 종단간 참조망을 구성하였고, 구성된 참조망에서 서비스 될 수 있도록 인증과 요금 정책에 관한 표준을 정의하였다[1]. 하지만, 사용자들의 만족도를 높일 수 있는 서비스 품질 보장에 관한 표준은 아직 미비한 상황이다[2].

WLAN과 3GPP 연동 구조에서 사용자 측면에서의 서비스 품질을 보장하기 위해서는 여러 가지 문제점들이 해결되어야 한다[3],[4]. WLAN과 3GPP에서는 각각의 통신 기술에서 서비스 품질 보장을 위한 연구들이 진행되어 왔고, 서비스 품질 보장에 관한 많은 부분들이 표준으로 정의되어 왔다. 이렇게 개별적으로 정의된 서비스 품질 보장들을 연동하기 위해서는 서로 상이하게 정의된 QoS 파라미터 및 서비스 클래스들간 매핑에 관한 연구가 필요하다. 이와 더불어, WLAN이 연결된 망에서 백본망으로 데이터 전송 시 하나의 게이트웨이에 많은 양의 트래픽이 전송될 가능성이 높기 때문에

게이트웨이에서 처리용량의 한계로 인한 병목현상과 과부하가 발생할 문제점이 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 본 논문에서는 WLAN과 3GPP 프로토콜에서 정의하는 QoS 파라미터 및 서비스 클래스 매핑 알고리즘을 제안하고, 백본망과 연결된 게이트웨이에서의 병목현상에서 멀티미디어 트래픽의 서비스 품질을 보장하기 위한 스케줄러인 DPS (Dynamic Processor Sharing)를 제안한다.

### II. WLAN과 3GPP 연동 종단간 참조망 구조

3GPP WG는 WLAN과 3GPP 연동 기술에 관하여 종단간 참조망을 제안하였고, 인증 및 요금 정책에 관한 표준을 제안해왔다. [2], [5], [6]

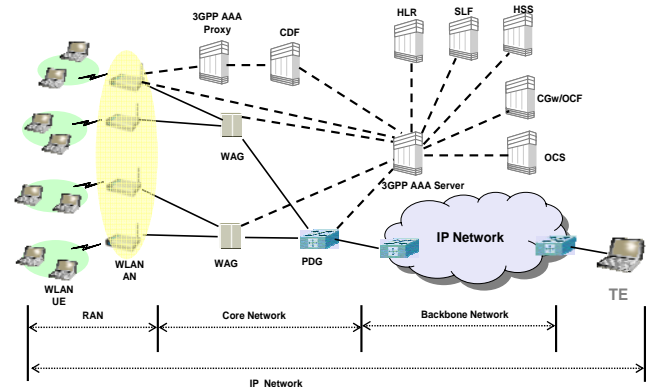


그림 1. WLAN과 3GPP 연동 종단간 참조망 구조

WLAN과 3GPP 연동 종단간 참조망 구조는 그림 1과 같다[6]. 그림 1에서 WLAN은 기존의 UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) 망에 연결된 구조로 구성되며, 다음과 같은 통신 노드들이 추가된다. WAG

(Wireless Access Gateway)는 WLAN과 PDG (Packet Data Gateway)를 연결하고, 로밍에서 VPLMN (Visited Public Land Mobile Network)에 WLAN 사용자의 요금정보를 전달한다. PDG는 백본망과 직접적으로 연결되어 있고, WLAN과 3GPP 연동 망에 연결된 사용자의 라우팅 정보를 저장하고 있으며, 주소 변환과 매핑을 수행한다. 3GPP 표준에 의하면 WLAN이 3GPP 망에 연결되었을 경우 두 가지 망으로 통신이 가능하며, WLAN이 직접적으로 인터넷/인트라넷에 접속되면 WLAN Direct IP Network이라고 정의하고, WLAN이 3GPP에 연결되면 WLAN 3GPP IP Access Network 이라고 정의한다.

### III. 종단간 서비스 품질 보장 메커니즘

기존의 WLAN-3GPP 연동 표준에서는 서비스 품질 보장 메커니즘에 대하여 세부적으로 정의되어 있지 않기 때문에[2], 본 논문에서는 사용자 측면에서의 서비스 품질을 보장하기 위하여 Control Plane과 User Plane에 관한 기능 블록들을 정의한다.

#### A. 종단간 서비스 품질 보장 구조와 기능

3GPP에서는 WLAN과 3GPP가 연동될 경우 종단간 서비스 품질을 보장하기 위하여 종단간 서비스 품질 보장 구조를 그림 2와 같이 정의한다[2].

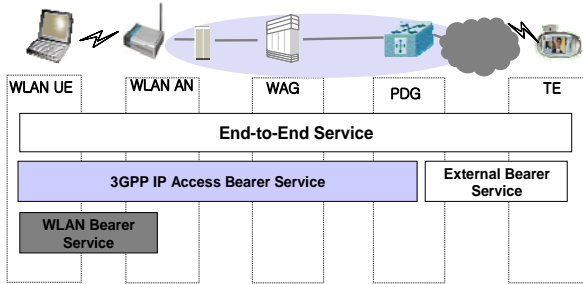


그림 2. WLAN과 3GPP 연동 종단간 서비스 품질 보장 구조

그림 2와 같이 정의된 종단간 서비스 품질 보장 구조에 관한 설명은 다음과 같다. 종단간 서비스 품질이 보장되기 위해서는 WLAN 3GPP IP Access Network에서 3GPP IP Access Bearer Service에 의하여 서비스 품질이 보장되어야 하고, PDG에서 맞은편에 있는 TE (Terminal Equipment)까지 External Bearer Service에 의하여 서비스 품질이 보장이 되어야 한다. PDG는 3GPP IP Access Bearer Service와 External Bearer Service의 연결부분이기 때문에 두 Bearer Service간 인터페이스 매핑기술이 정의되어야 하고, 백본망이 DiffServ (Differentiated Service)가 적용될 경우 DiffServ edge 기능이 정의되어야 한다.

3GPP IP Access Bearer Service에서 서비스 품질이 보장되기 위해서는 무선 구간에서의 서비스 품질이 보장되어야 하기 때문에 WLAN Bearer Service가 적용될 필요가 있다. WLAN Bearer Service는 IEEE 802.11e에서 정의하는 서비스 품질 보장 기술이 적용되어 무선 망에서의 서비스 품질을 보장한다.

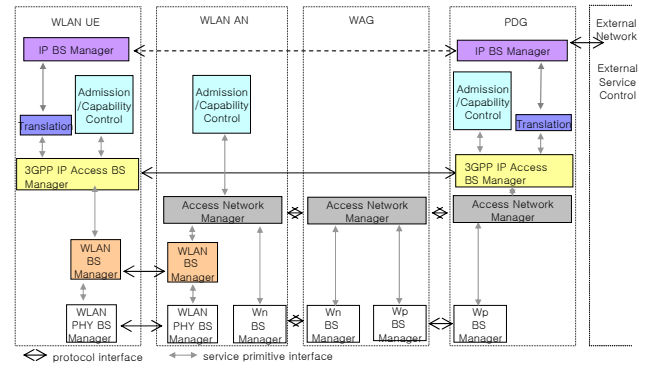
따라서, 그림 2와 같이 정의된 종단간 서비스 품질 보장 구조에 의하여 종단간 서비스 품질 보장이 가능하게 된다.

#### B. Control Plane과 User Plane

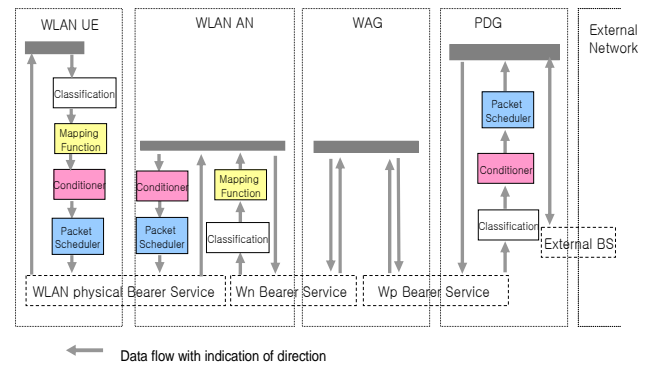
본 논문에서는 3GPP에서 정의하지 않은 부분인 각 노드들에서의 서비스 품질 보장에 관한 기능들을 Control Plane과 User Plane으로 나누어 정의한다.

Control Plane에서는 서비스를 제공하기 위하여

종단간 자원예약을 위한 기능들을 정의하고, User Plane에서는 데이터 전송 시 각 노드들에서 정의하는 서비스 품질 보장에 관한 기능들을 정의한다.



(a) 종단간 서비스품질 보장 구조에 관한 Control Plane



(b) 종단간 서비스품질 보장 구조에 관한 User Plane

그림 3. 종단간 서비스품질 제공 메커니즘의 Control Plane과 User Plane

#### 1) Control Plane에서 정의된 기능 블록들

- IP BS(Bearer Service) Manager는 종단간 트래픽 전송을 위하여 IP 주소를 할당한다.
- Translation은 WLAN과 3GPP간 서비스 품질에 관한 정보를 상호 변환한다.
- Admission/Capability Control은 WLAN UE와 PDG에서는 수신한 call의 수락 여부를 결정한다. WLAN AN에서는 무선 자원을 관리하기 위해 적용되며 IEEE 802.11e에서 정의하는 CAC (Call Admission Control)와 동일한 기능을 수행한다.
- 3GPP IP Access BS Manager는 Translation 또는 Admission/Capability에게 서비스 품질에 관한 정보를 요청하고 tunneling 프로토콜을 관리한다.
- Access Network Manager는 local IP address에서의 라우팅과 다른 interface의 연결을 관리한다.
- WLAN BS Manager는 무선에서의 자원을 관리하며, IEEE 802.11e에 정의된 TSPEC (Traffic Specification) 협상과정을 관리한다.
- WLAN Physical Bearer Service Manager는 무선에서의 bearer service 전송기법을 관리한다.
- Wn과 Wp Bearer Service는 Wn과 Wp 각각의 bearer service를 관리한다.

#### 2) User Plane에서 정의된 기능 블록들

- Classification Function은 PDG 또는 WLAN UE에서 사용자의 서비스 품질에 관한 요구사항에 따라 외부 네트워크 또는 어플리케이션 계층에서 수신한 데이터를 구분한다.
- Traffic Conditioner는 서비스 품질의 정보를 고려하여

상향링크와 하향링크의 트래픽을 제어한다.

- Mapping Function은 WLAN, IP 그리고 3GPP에 관한 서비스 클래스들을 매핑한다.
- Packet Scheduler는 데이터의 서비스 클래스에 따라 전송 순서를 다시 정렬한다.

### C. 서비스 품질 보장 기술

그림 3에서와 같이 WLAN과 3GPP가 연동되었을 경우의 Control Plane과 User Plane을 고려해 보면, QoS 파라미터 및 서비스 클래스 매핑과 패킷 스케줄러에 관한 연구의 필요성이 도출된다. 본 논문에서는 QoS 파라미터 및 서비스 클래스 매핑과 패킷 스케줄러를 다음과 같이 제안한다.

#### 1) QoS 파라미터 매핑

QoS 파라미터 매핑 기술은 WLAN UE와 PDG에서 적용되며, WLAN과 3GPP의 QoS 파라미터들을 매핑한다. 각 프로토콜에서 정의하는 QoS 파라미터들의 유사한 부분들을 고려하여 QoS 파라미터 매핑에 대한 표를 구성하면 표 1과 같다.

#### 2) 서비스 클래스 매핑

데이터 트래픽이 WLAN, IP, 그리고 3GPP를 통해서 전송되기 때문에, 패킷 스케줄링을 하기 위하여 WLAN, IEEE 802.1D (IP), 그리고 3GPP간의 서비스 클래스 매핑이 고려되어야 한다. 세 가지 프로토콜들에서 정의하는 서비스 클래스들의 유사성을 고려하여 서비스 클래스 매핑에 관한 표를 구성하면 표 2와 같다.

표 1. WLAN 과 3GPP 의 QoS 파라미터 매핑

| 3GPP QoS Parameter (3GPP TS 23.107) | WLAN QoS Parameter (TSEC)  |
|-------------------------------------|----------------------------|
| Maximum bit rate (kbps)             | Peak Data Rate (bps)       |
| Maximum SDU size (octets)           | Maximum MSDU Size (octets) |
| SDU format information              | Burst Size (octets)        |
| Transfer delay (ms)                 | Delay Bound ( $\mu$ s)     |
| Traffic handling priority           | User priority              |

표 2. IP, 3GPP, 그리고 WLAN 간 서비스 클래스 매핑

| 802.1D | 3GPP           | WLAN                                 |
|--------|----------------|--------------------------------------|
| 7,6    | Conversational | Continuous Time QoS Traffic (HCCA)   |
| 5,4    | Streaming      | Controlled-access CBR Traffic (HCCA) |
| 0,3    | Interactive    | Bursty Traffic (HCCA)                |
| 2,1    | Background     | Unspecified non-QoS Traffic (HCCA)   |

#### 3) Dynamic Processor Sharing (DPS)

본 논문에서는 서비스 품질을 보장하기 위한 새로운 패킷 스케줄러인 DPS를 제안한다. DPS는 그림 4와 같이 CAC과 패킷 스케줄러가 혼합된 패킷 스케줄러이다.

DPS의 동작과정은 다음과 같다. 서비스 클래스들의 전송순서가 차례대로 클래스1, 클래스2, 클래스3, 그리고 클래스4라고 정의하였을 경우, 클래스1은 음성 트래픽처럼 지연에 민감한 서비스 클래스이므로 클래스1을 지원하기 위하여 DPS는 클래스1에 자원을 할당하여 클래스1에 대한 패킷들의 지연이 발생하지 않도록 한다. 클래스2 역시 지연에 민감한 편이지만 클래스1 보다는 지연에 덜 민감하므로 클래스2, 클래스3, 그리고 클래스4에 대해서는 WRR (Weighted Round Robin)을 적용한다. WRR에서도 서비스 클래스에 따른 가중치에 따라 어느 정도 서비스 클래스 별 우선순위를 구별할 수 있을 뿐만 아니라 클래스3와 클래스4에 대한 공정성도 향상시킬 수 있다. 또한, 클래스1에 대한 자원을 무한정 할당하게 되면 다른 서비스 클래스들의 서비스 품질이 저하될 가능성이 생기므로 클래스1에

대해서는 CAC을 두어 일정량까지 자원을 할당할 수 있고, 그 이상의 요청이 들어왔을 경우에는 드롭 시킨다.

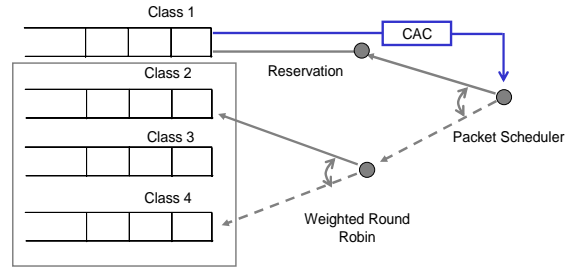


그림 4. DPS

## IV. 성능 분석

본 장에서는 제안된 서비스 품질 보장 기술에 대한 성능 분석을 위한 네트워크 모델과 시뮬레이션을 통하여 얻은 결과에 대하여 분석한다.

### A. 네트워크 모델

제안한 종단간 서비스 품질 보장 기술에 관한 성능평가를 하기 위해 그림 1과 유사하게 WLAN UE(1~5개), WLAN AP 3개, WAG, PDG, 게이트웨이, 인터넷 서버로 구성된 종단간 참조망을 설계하고, 음성 트래픽을 포함하여 비디오 스트리밍, HTTP, 그리고 FTP로 구성된 트래픽을 전송하여 단말기의 응용계층에서의 지연에 관하여 분석한다. 본 시뮬레이션에서는 병목현상을 구현하기 위해 PPP-E1 링크로 PDG와 게이트웨이를 연결하였다.

표 3. 서비스 트래픽 모델

| Service class | Parameters  |
|---------------|---|
| Voice         | Voice encoder scheme : G.711<br>PHY throughput of a voice user : 174kbps<br>Silence : exponential (0.65)<br>Talk spurt : exponential (0.35) |
| Video         | Frame inter-arrival time : 10 frame/sec   |
| FTP           | Inter-request time : exponential (30 sec)<br>File size : 5000 bytes   |
| HTTP          | HTTP specification : HTTP 1.1<br>Page inter-arrival time : exponential (60 sec)<br>Number of objects : constant (6)                         |

본 시뮬레이션에서는 64kbps의 음성 서비스 사용자 수와 비디오 스트리밍의 트래픽 양을 증가시키면서 음성 및 비디오 트래픽의 지연을 분석하였다. 서비스 트래픽 모델은 OPNET에서 제공하는 서비스 트래픽 모델을 기반으로 표 3과 같이 모델링하였다. 서비스 품질 보장 기술들의 성능을 비교하기 위하여 PDG에 FIFO (First In First Out), WRR, 그리고 SP (Strict Priority)를 적용하면서 성능을 분석하였다.

### B. 시뮬레이션 결과

본 장에서는 시뮬레이션을 통하여 얻은 결과값들에 대하여 분석한다. 서비스 품질 보장 기술의 성능을 평가하기 위하여 본 시뮬레이션에서는 세 가지 시나리오를 고려한다.

첫 번째로 음성 서비스 사용자 수의 증가로 인한 음성 및 비디오의 종단간 지연을 분석한다. 전체 트래픽량은 음성 서비스 사용자 수의 증가에 따라 62.3%, 70.8%, 79.33%, 87.8%, 96.3% 비율로 증가한다. 그림 5는 트래픽량이 96.3%이상으로 증가함에도 불구하고 DPS가 음성 서비스에 대하여 10msec 이하로 지연을 유지할 수 있다는 것을 보여준다. 그 이유는, DPS가 음성 패킷에 가장 높은 우선권을 부여하였기 때문이다. 또한 비디오 트래픽의 종단간 지연에서 DPS는 다른 방식들과 비교해

큰 차이가 없는 것으로 분석된다. 따라서, DPS는 음성 사용자 수가 증가하더라도 음성 트래픽에 대한 서비스 품질을 보장하는 성능이 가장 우수하다고 분석된다.

두 번째로는 비디오 트래픽 량을 증가시키면서 음성 서비스와 비디오 스트리밍의 종단간 지연을 분석한다. 그림 6에서 DPS는 음성 패킷에 우선권을 부여하기 때문에 비디오 트래픽 량이 증가함에도 불구하고 음성 트래픽의 지연은 비디오의 종단간 지연과 달리 일정하게 유지되고 있음을 분석할 수 있다.

세 번째로 SP와 DPS간의 비디오 트래픽의 지연에 관하여 비교한다. SP도 역시 PDG에 도착한 음성 패킷에 우선권을 부여하여 서비스 품질을 보장한다는 데서 DPS와 매우 유사하다. 하지만, SP는 음성 서비스 사용자 수가 계속 증가할 경우에는 공정성을 보장하지 못 할 수 있다. 만약 많은 음성 서비스 사용자가 PDG로 음성 패킷을 전송하였을 경우, PDG의 자원을 음성 트래픽이 독점하기 때문에 비디오 스트리밍, FTP, 그리고 HTTP의 종단간 지연이 급격하게 증가한다. 이런 경우 공정성 문제가 심각하게 대두될 수 있다. SP와 다르게 DPS는 DPS에 적용된 CAC 때문에 공정성을 보장할 수 있다. 그림 7에서 DPS가 최대 서비스 가능한 음성 서비스 사용자의 수를 3 명으로 제한하였을 경우 DPS는 음성 서비스 사용자가 3 명을 초과하더라도 음성 서비스 요청을 드롭 시키기 때문에 비디오의 지연이 계속 증가하지 않고, 일정하게 유지됨을 분석할 수 있다.

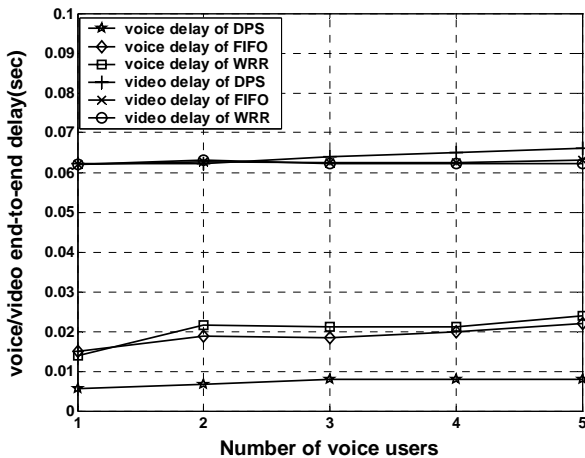


그림 5. 패킷 스케줄러와 음성 서비스 사용자의 수에 따른 음성과 비디오 트래픽의 종단간 지연

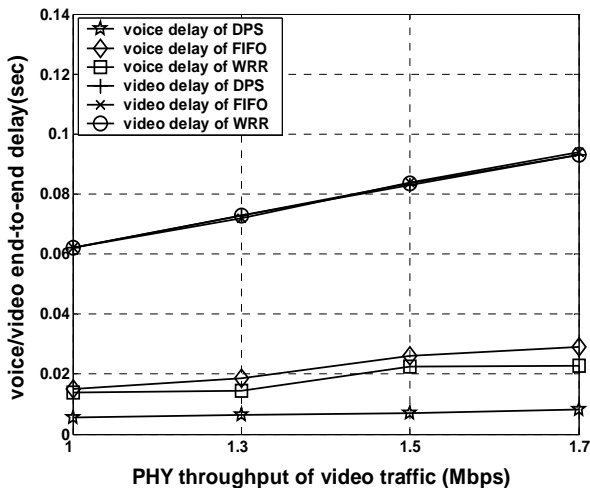


그림 6. 패킷 스케줄러와 비디오 트래픽에 따른 음성과 비디오 트래픽의 종단간 지연

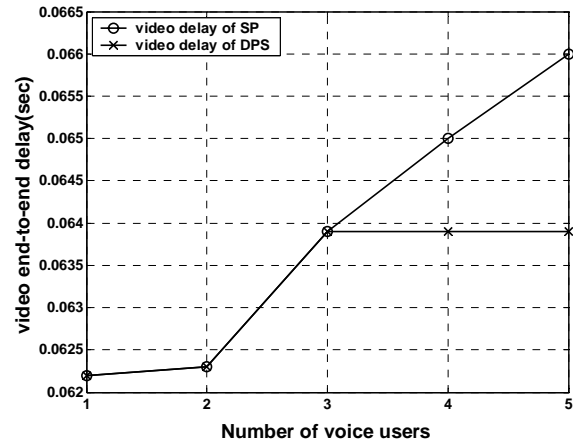


그림 7. 음성 서비스 사용자수에 따른 SP와 DPS의 성능 비교

## V. 결론

본 논문에서는 WLAN과 3GPP 연동 구조에서 망을 구성하는 노드들의 서비스 품질 보장에 관한 기능들을 정의하였고, Control Plane과 User Plane을 설계했다. 또한, WLAN과 3GPP가 연동될 경우 종단간 서비스 품질을 보장하기 위하여 QoS 파라미터 및 서비스 클래스 매핑 기술과 DPS를 제안하였다. 제안된 서비스 보장 기술들의 성능을 분석하기 위하여 시뮬레이션을 통하여 음성 및 비디오 트래픽의 종단간 지연을 분석하였다. 분석 결과로 DPS가 음성 서비스나 비디오 스트리밍과 같은 멀티미디어 서비스에 대하여 FIFO, WRR, 그리고 SP보다 훨씬 서비스 품질을 보장하기에 적합하다고 분석되었다.

WLAN과 3GPP 간 연동 기술은 새롭게 부각되는 이슈이기 때문에 본 논문에서 제안한 종단간 서비스 품질 보장 메커니즘은 WLAN과 3GPP 간 연동에 중요한 자료가 될 것으로 기대된다. 본 논문의 기여도를 정리하면 다음과 같다.

- 종단간 서비스 품질 보장을 위한 Control plane과 User plane을 설계
- QoS 파라미터 및 서비스 클래스 매핑과 DPS 제안
- OPNET을 사용한 WLAN과 3GPP 연동 네트워크의 시뮬레이션 모델

향후 연구 계획으로는 더욱 정확한 성능 분석을 하기 위하여 시뮬레이션에 IEEE802.11e의 모듈을 추가하고, Control Plane을 설계하고자 한다.

## 참고문헌

- [1] W. Zhuang, Y. S. Gan, K. J. Loh, and K. C. Chua, "Policy-based QoS management architecture in an integrated UMTS and WLAN environment," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 41, pp. 118-125, Nov. 2003
- [2] "QoS and policy aspects of 3GPP - WLAN interworking (Release 7)," 3GPP TR 23.836 v0.4.0, 2005
- [3] D. Skyrianoglou and N. Passas, "A framework for unified IP QoS support over UMTS and WLANs", in *Proc. European Wireless 2004*, Barcelona, Spain, Feb. 2004
- [4] S. I. Maniatis, E. G. Nikolouzou, and I. S. Venieris, "QoS issues in the converged 3G wireless and wired networks," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 40, pp. 44-53, Aug. 2002
- [5] "3GPP system architecture evolution : report on technical options and conclusions," 3GPP TR 23.882 v.0.1.1, 2005
- [6] "3GPP system to WLAN interworking; system description," 3GPP TS 23.234 v6.4.0, 2005
- [7] "QoS concept and architecture (release 4)," 3GPP TS 23.107 v4.4.0, 2002
- [8] "Amendment : MAC QoS enhancements," IEEE P802.11e/D13.0, Jan. 2005