

# OFDMA 시스템에서 3D 트래픽의 효율적 전송을 위한 스케줄링 방안

준회원 권수진\*, 종신회원 정영욱\*, 이혁준\*\*, 정회원 최용훈\*\*

## An Efficient Scheduling Algorithm for 3D-Traffic in OFDMA Systems

Su-jin Kwon\* Associate Member,

Young-uk Chung\*, Hyukjoon Lee\*\* Lifelong Members, Yong-hoon Choi\*\* Regular Member

### 요약

3D 영상 서비스는 2D 영상에 입체감을 제공함으로써 보다 실감나는 정보를 제공할 수 있기 때문에 차세대 서비스로 각광받고 있다. 그러나 전송 측면에서 보면 3D 영상은 여러 시점에서 촬영된 영상을 전송해 주어야 하기 때문에 기존 영상보다 큰 전송속도가 필요하게 되어 무선망에서 실시간 서비스를 해 주기 힘들었다. 이를 해결하기 위해 3D 트래픽을 enhancement layer와 base layer로 분리하고 각 정보에 우선순위를 다르게 주어 스케줄링해 줌으로써 보다 효율적이고 높은 QoS(Quality of Service)를 제공할 수 있었다.

**Key Words** : Scheduling, 3D, OFDMA, QoS, 전송

### ABSTRACT

3D A/V services are expected to be a representative service of next generation because it can give more realistic feeling by providing dimensions to the 2D images. In terms of transmission part of 3D A/V systems, however, it is difficult to provide these services on real-time in the wireless OFDMA networks because it has to send large amount of traffic. To address this, we proposed a novel scheduling algorithm which separates a 3D traffic into base layer and enhancement layer, and provides different priority to them. From simulation results, we can show that the proposed algorithm can improve QoS.

### I. 서론

최근 이동통신 기술의 발전과 더불어 휴대 기기들 또한 이전의 전화 기능만이 아닌 다양한 기술들을 탑재함으로써 많은 진보가 이루어지고 있다. 이러한 추세에 힘입어 다양한 콘텐츠들을 제공하려는 시도가 이루어지고 있는데 그 중 하나가 바로 3D 영상이다. 3D 영상은 다양한 분야에서 2차원 중심의 콘텐츠보다 실감적인 콘텐츠를 제공할 수 있기

때문에 그 중요성 및 필요성이 증가하면서 2006년부터 본격적인 표준화 작업이 진행되고 있다. 기존의 3D 데이터는 양안시차를 이용하여 입체감을 느끼게 하는 방식이었다. 그러나 사용자에게 보다 실감나는 입체감을 제공하기 위해 두 대 이상의 카메라를 이용하여 촬영한 영상들을 기하학적으로 교정하고 공간적으로 처리하여 여러 방향의 다양한 시점 영상을 제공해 주는 다시점 또는 홀로그램 방식들이 연구 중에 있다. 이러한 다시점 영상이나 홀로

※ 본 연구는 한국연구재단 기초연구사업과제(2009-0075159) 지원 및 2008년도 광운대학교 교내 학술연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

\* 광운대학교 전자공학과 통신정보시스템 연구실(sj\_kwon@kw.ac.kr), \*\* 광운대학교 전자공학과

논문번호 : KICS2009-07-331, 접수일자 : 2009년 7월 31일, 최종논문접수일자 : 2009년 10월 5일

그램 방식들은 사용자에게 시청 지점을 자유롭게 선택할 수 있는 기회를 주어 3차원 입체감을 느낄 수 있는 장점을 가진다. 그러나 이러한 방식들은 시청 수가 증가하는 만큼 데이터양도 함께 증가하므로 실시간 전송이 불가능 하였다. 이를 가능하게 하기 위해서 인접한 지점의 영상을 이용하여 중간지점의 영상을 합성하고 이를 부호화에 적용하는 방법 등이 연구 되고 있으나 무선 환경 또는 시스템에 대한 연구와 3D영상 트래픽에 적합한 무선 전송 기술 필요에 대해서는 거의 연구가 되고 있지 않은 실정이다.

무선 통신 시스템에서 고속의 데이터 전송과 제한된 무선 자원 안에서 동시에 다수의 사용자의 QoS(Quality of service)가 보장되는 서비스의 요구가 증가하고 있다. 이러한 서비스를 만족시키기 위하여 최근에 촉망 받는 다중 접속 기술 중에 하나가 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access)이다. OFDMA는 ISI(InterSymbol interference)의 영향을 줄여 다른 시스템보다 같은 대역폭 내에서 더 많은 데이터를 보낼 수 있지만 3D 영상 뿐만 아니라 다양한 멀티미디어 콘텐츠들의 QoS를 보장하기 위해서는 적절한 스케줄링을 통하여 QoS를 만족시켜 주어야 한다. 특히 음성 트래픽이나 동영상, interactive gaming, 3D영상 등의 실시간을 요구하는 트래픽들은 QoS를 만족시켜주는 것이 매우 중요하기 때문에 MAC (Media Access Control) layer에서의 스케줄링이 중요하다. 대표적인 스케줄링 방식<sup>[1],[2]</sup>들은 사용자의 채널 상태와 packet의 버퍼 대기 시간(waiting time)을 고려하여 스케줄링하는 방식이며 버퍼 대기 시간에 더 큰 비중(weighting)을 두는 방식인 EXP (the exponential rule)방식<sup>[3],[4]</sup>, throughput optimal이라는 요건을 충족시켜줌으로써 보다 기지국의 버퍼의 안정성(stability)을 도모하는 M-LWDF (modified largest weighted delay first) 알고리즘<sup>[5],[6]</sup>, 그리고 가장 간단한 스케줄링 방식이며 사용자 순서대로 돌아가면서 packet을 전송하는 방식이 Round robin 방식 등이 있다<sup>[7]</sup>. 하지만 이와 같은 스케줄링 방식들은 일반적인 트래픽에 초점을 맞추었고 3D영상 데이터의 특성을 고려한 스케줄링 방식은 거의 연구가 되어 있지 않은 실정이다.

2002년도에 유럽에서 진행 되었던 ATTEST (Advanced Three-dimensional Television System Technologies)<sup>[8]</sup>프로젝트는 3D 데이터를 전송하는데 있어서 2D 비디오와의 호환성 유지를 위해 기존의

2D 영상 데이터인 base layer와 3D 입체감을 느낄 수 있는 정보를 담고 있는 하나 이상의 enhancement layers로 분리하여 3D 데이터를 전송하는 방식을 취하였다. 하지만 이 프로젝트는 전송측면 보다는 영상 데이터 압축에 대하여만 연구를 수 행하였다.

본 논문에서는 3D 영상의 데이터 량이 많아 실시간 전송이 어렵다는 점에 착안을 하여 ATTEST에서 시도했던 개념인 3D 영상의 압축된 데이터를 base layer와 하나 이상의 enhancement layers로 나누어 우선순위를 다르게 줌으로써 실시간 전송에서의 장점을 얻을 수 있는 방법을 제안하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 제안하는 스케줄링 알고리즘에 대해 설명한다. 제 3장에서는 시뮬레이션에 사용된 환경과 트래픽 모델에 대해 설명하고 제 4장에서는 시뮬레이션을 통한 알고리즘 성능을 분석하며 제 5장에서는 결론을 맺는다.

## II. 제안한 스케줄링 알고리즘

본 장은 제안한 스케줄링 알고리즘에 대해서 설명한다. 각 사용자 별로 일정한 비율로 각각 다른 트래픽 요청을 하게 되면 사용자 별로 생성된 packet은 가상의 버퍼에 쌓여 있다가 자원을 할당 받으면 전송한다고 가정한다. 전체 사용자는 각각의 다른 서비스를 요청하고 각 트래픽들은 서로 다른 트래픽 별 가중치와 delay 값을 가지고 있다. 버퍼에 쌓여있는 packet들은 각각의 허용 가능한 maximum delay까지 전송되지 못하면 실패했다고 보고 packet을 drop 시키게 된다. 그리고 사용자들 마다 독립적으로 버퍼를 가지고 있다고 가정하였다.

제안하는 알고리즘은 크게 두 부분으로 나뉜다. 각각의 트래픽들을 실시간과 비실시간으로 구분하고 그 중요도를 파악하여 우선순위를 정해주는 부분과 3D 트래픽이 요청이 들어왔을 시에 3D 데이터를 처리해 주는 부분이다. 과거와는 달리 다양한 멀티미디어 트래픽들이 요구되는 상황에서 이전처럼 한 두 가지의 요소만을 가지고 사용자에게 QoS를 만족시켜 주기는 어렵다. 특히 실시간을 요구하는 트래픽들의 경우는 더욱 그러하다. 그래서 실시간을 요구하는 3D 동영상 트래픽 같은 경우는 버퍼 대기 시간을 고려하여 delay 값에 weight를 비실시간 트래픽 보다 높게 주었다. 실시간 트래픽에 비해 Web 트래픽이나 FTP 트래픽 같은 비 실시간 트래픽들은 비교적 delay값에 민감하지 않기 때문에 packet drop에 있어서 유연하게 대처할 수 있기 때문이다.

또한 각각의 트래픽 별의 중요도 및 긴급성에 따라 약간씩 다른 weight를 주어 트래픽 별 우선순위를 가지도록 하였다. 다음 식 (1)은 delay와 트래픽 별 타입에 대한 부분만 표현한 식이다.

$$P_u(t) = W(i) \sum_{j=0}^{M_j} D(j) \quad (1)$$

여기서  $P_u(t)$ 는 트래픽을 요청한 사용자들 간의 우선순위를 나타낸다.  $W(i)$ 는 각 트래픽별의 weight를 나타내고  $D(j)$ 는 지연되고 있는 시간이고  $M_j$ 은 packet이 drop되는 시점인 maximum delay time이다.

$$(\alpha/N)_{u[i]} = \left( \sum_{k=1}^{T-1} R[k] + R[T] \right) / \sigma[i] \quad (2)$$

위의 식 (2)에서  $(\alpha/N)_{u[i]}$ 는  $i^{th}$  사용자가 N개의 자원 중에서 할당받은 자원의 양이고  $R[k]$ 는 발생된 packet이 현재 T시점 전까지 남아있는 경우의 합으로 1은 남아있는 packet의 time을 세기 위함이다.  $\sigma[i]$ 는 거리에 따른 data rate 값이다.

두 번째로 3D 트래픽을 처리하는 부분은 base layer부분과 enhancement layer 부분으로 나누어 전송하는 방식을 고안하였다. 일반적으로 3D 콘텐츠는 2D 영상으로부터 3D 영상으로 변환하는 기술과 직접 depth 카메라로부터 depth 정보를 추출하여 획득하는 방법이 있는데 우리는 직접 depth 카메라에서 정보를 획득 하여 부호화 하는 기술을 기반으로 했다. 여기서 base layer는 2D 영상을 위한 부분으로 기존 DVB(Digital Video Broadcasting) 비디오 압축 규격인 MPEG-2를 적용하여 부호화를 처리한다. enhancement layer는 3D 영상을 위한 부분으로 별도의 변환을 통해 depth map과 부가 정보를 전송하여 3D 비디오 서비스를 제공한다. 전송 측면에서 보면 기존 DVB 규격에 기반 하므로 두 layer가 분리, 부호화되어 MPEG-2 TS packet으로 다중화 되어 전송된다<sup>[9]</sup>.

그림 1은 제안한 알고리즘을 간략하게 나타내었다. 여기서  $i_b$ 는 base layer의 버퍼 내에 있는 packet의 개수를 알려주는 값이며  $i_e$ 는 enhancement layer의 버퍼 내에 있는 packet의 개수를 알려주는 값이다.  $p_b\_amount$ 는 base layer 트래픽 중 가장먼저 전송될 packet 양을 의미하고  $p_e\_amount$ 는 enhancement layer트래픽 중 가장먼저 전송 할 packet 양

```

If ( $i_b - i_e > 0$ ) { // (a packet of enhancement layer
remains in buffer )
  if ( $p_e\_amount > p_e\_suc$ ) {
     $p_e\_amount = p_e\_amount - p_e\_suc$  ;
     $p_e\_delay++$  ;
  }
  else {
    enhancement layer packet is transmitted ;
     $i_e++$  ;
  }
}
else {
  if ( $p_b\_amount > p_b\_suc$ ) {
     $p_b\_amount = p_b\_amount - p_b\_suc$  ;
     $p_b\_delay++$  ;
    if (maximum delay = <  $p_b\_delay$ )
      base layer packet drop ;
      enhancement layer packet drop ;
       $i_e++$  ;  $i_b++$  ;
    }
  else {
    base layer packet is transmitted ;
     $i_b++$  ;
    if ( $p_e\_amount > p_e\_suc$ ) {
       $p_e\_amount = p_e\_amount - p_e\_suc$  ;
       $p_e\_delay++$  ;
      if (maximum delay = <  $p_e\_delay$ ) {
        enhancement layer packet drop ;
         $i_e++$  ;
      }
    }
  }
}
}

```

그림 1. 제안하는 스케줄링 알고리즘

을 의미한다.  $p_b\_suc$ 와  $p_e\_suc$ 는 이번 시점에 전송에 성공한 데이터의 양을 의미하고  $p_b\_delay$ 와  $p_e\_delay$ 는 전송되지 못하고 남아있는 packet의 지연 값을 의미한다. 제안한 알고리즘에서 3D 트래픽이 발생되면 3D 트래픽의 base layer 부분과 enhancement layer 부분을 각각 다른 버퍼에 집어넣고 두 부분의 우선순위를 다르게 하여 처리해 준다. 각 트래픽의 packet이 발생하여 각각의 버퍼에 들어오면 index 값이 1씩 증가한다. 자원을 할당 받으면 base layer 트래픽을 먼저 처리해 주고 자원이 남아있으면 enhancement layer의 트래픽도 처리해 준다. 만약 t 시점에서 base layer와 enhancement layer의 index 값을 비교 하여 이전 시점 enhancement layer의 데이터가 남아 있다면 두 트래픽의 시점이 t시점으로

같이질 때 까지 우선 자원을 할당해 줌으로써 base layer의 트래픽만 편중 되어 자원이 할당되지 않도록 하였다. 이 때 요청하는 자원의 양은 버퍼에서 대기하고 있는 모든 데이터들의 합에 의해 결정된다. enhancement layer가 3D영상을 위한 정보들을 담고 있기 때문에 3D 영상의 구현을 위해서는 이 정보도 중요하지만 기본 2D영상인 base layer 트래픽의 전송이 더 중요하다고 판단하여 base layer 트래픽에게 우선순위를 주었다. 사용자 입장에서 3D 영상을 수신하다 아예 영상이 나오지 않게 되는 경우보다 2D 영상이라도 볼 수 있는 것이 QoS 측면에서 더 낫다고 보았기 때문이다. 실제의 3D 데이터의 양은 크나 두 부분을 나누게 되면 base layer의 트래픽은 일반 동영상의 트래픽 양과 비슷하게 되고 enhancement layer의 트래픽 양은 base layer의 트래픽 양 보다 작아지므로 실시간 전송에 적합해진다. 또한 재전송 시에도 이전에 3D 데이터는 데이터 크기가 커서 다른 데이터들 전송에도 영향을 많이 미치게 되지만 분리해서 전송할 경우 enhancement layer의 데이터나 base layer의 데이터 중 재전송이 필요한 데이터만 보내면 되기 때문에 재전송 측면에서도 효율적이다.

### III. 시뮬레이션 모델

#### 3.1 시뮬레이션 환경

본 논문에서는 제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 시뮬레이션을 위해 사용된 트래픽 모델은 3D 트래픽과 Web 트래픽이며 각 사용자들은 각각의 버퍼를 가지고 있으며 한 명의 사용자는 하나의 트래픽 종류만 요청할 수 있다고 가정하였다. 시뮬레이션은 매 TTI (Transmit Time Interval) 마다 스케줄링이 일어나고 Cell radius 는 1km, Path loss model은 아래 식 3을 따른다<sup>[11],[10]</sup>.

$$L = 128.1 + 37.1 \log d (db) \quad (3)$$

#### 3.2 사용한 트래픽 모델

시뮬레이션에 사용된 3D 트래픽 모델은 streaming 비디오 트래픽 모델을 기반으로 사용하였으며 parameter 값들은 기존의 IEEE 802계열에서 사용하는 streaming 비디오 트래픽 모델과 같다<sup>[11]</sup>. T는 고정된 프레임의 주기를 나타내며, 각 프레임은 고정된 수의 packet으로 구성되어 있다. 이러한 packet

크기와 하나의 프레임 내에 있는 packet들의 도착시간은 truncated Pareto 분포로 정의했다. 본 시뮬레이션에서의 maximum delay 값은 250ms로 설정했다. 그림 2는 streaming 비디오 트래픽 모델이고, 표 1은 streaming 비디오 트래픽 모델 parameter 이다<sup>[4],[11],[13]</sup>.

표 2는 3D 트래픽 모델을 보여준다. 이 모델은 streaming 비디오 트래픽을 기반으로 만들어졌는데, 이는 3D 트래픽이 기본적인 base layer 영상은

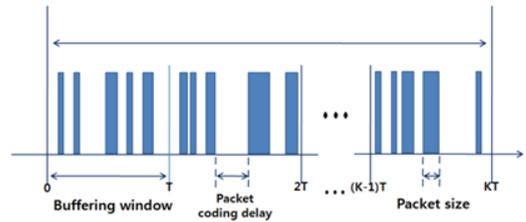


그림 2. streaming 비디오 트래픽 모델

표 1. streaming 비디오 트래픽 모델

| Information  | parameter  |
|--|--|
| Inter-arrival time between the beginning of each frame | (deterministic) 100ms  |
| Number of packets in a frame                           | (deterministic) 8  |
| Packet size  | Truncated Pareto (mean=50,max=125(Byte))<br>K =20 bytes , α =1.2 |
| Inter-arrival time between packets in a frame          | Truncated Pareto (mean=6ms, max=12.5ms)<br>K =2.5ms , α =1.2     |

표 2. 3D 트래픽 모델

| Information  | parameter  |
|--|--|
| Inter-arrival time between the beginning of each frame | (deterministic) 100ms  |
| Number of packets in a frame                           | (deterministic) 8  |
| Packet size (base layer)                               | Truncated Pareto (mean=50,max=125(Byte))<br>K =20 bytes , α =1.2 |
| Packet size (enhancement layer)                        | Packet size (base layer) *β<br>( β = 0.45, 0.6, 0.75 )           |
| Inter-arrival time between packets in a frame          | Truncated Pareto (mean=6ms, max=12.5ms)<br>K =2.5ms , α =1.2     |

streaming 비디오 트래픽의 특성과 동일하며 3D 트래픽의 시점 수에 따라 enhancement layer 트래픽의 양이 변하는 특징을 반영하였기 때문이다. WEB 트래픽은 ON/OFF 모델과 유사한 형태를 가지고 있다. 웹 페이지를 요청 했다면 웹 페이지를 구성하는 Main object와 여러 개의 Embedded object를 전송하게 된다. 표 3은 Web 트래픽 parameter이다.

표 3. WEB 트래픽 모델

| Information          | parameter  |
|----------------------|--|
| Main object size     | Truncated Lognormal<br>mean=10710byte,<br>min=100byte,<br>max=2Mbyte         |
| Embedded object size | Truncated Lognormal<br>mean=7758 byte,<br>min=50byte,<br>max=2Mbyte          |
| Number of page       | Truncated Pareto<br>(mean=5.64, max=53(Byte))<br>K =2 , $\alpha$ =1.1 , m=55 |
| Reading time         | Exponential ( mean=30s )   |
| Parsing time         | Exponential ( mean=0.13s )   |

#### IV. 시뮬레이션 결과

본 시뮬레이션 결과에서는 3D 트래픽의 제안한 방식과 이전 방식과의 packet drop rate, 데이터 성공률 등의 비교를 통해 성능을 보였다. 3D traffic의 성능을 평가하기 위해 streaming 비디오 traffic을 기본으로 한 3D traffic을 사용하였고 WEB traffic을 사용하여 시뮬레이션을 진행하였다. 사용자가 요청하는 트래픽의 비율은 WEB traffic이 약 57% 이고 3D traffic이 약 43%이다. packet drop은 buffer에 도착한 packet이 각 traffic 별의 maximum delay가 경과 할 때까지 전송되지 못한 경우라 하였다.

그림 3과 4는 base layer의 트래픽을 1이라고 보았을 때 enhancement layer의 트래픽 양을 0.45, 0.6, 0.75로 가정하고 사용자를 증가시켜 가며 packet drop rate을 뽑은 결과 그래프이다. enhancement layer의 기본 트래픽 사이즈 비율은 [14]에서 8시점 데이터의 실험치의 비율을 약 9대 4로 사용한 것을 참조하여 1대 0.45로 설정하였다. 또한 3D 영상 데이터가 양안시차, 4시점, 8시점, 16시점, 홀로그램 등의 시점에 따라 base layer의 트래픽 양은 동일하

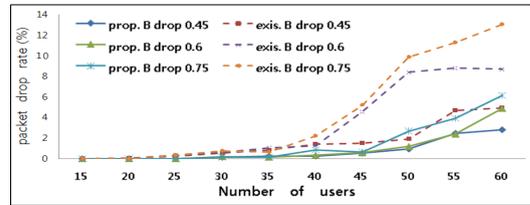


그림 3. 3D 트래픽의 구성 비율 변화에 따른 base layer 트래픽의 packet drop rate

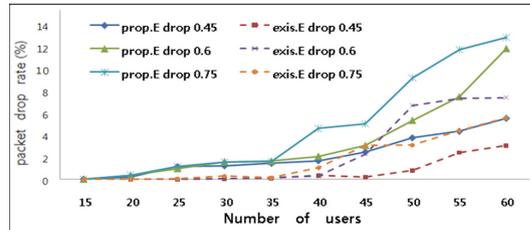


그림 4. 3D 트래픽의 구성 비율 변화에 따른 enhancement layer 트래픽의 packet drop rate

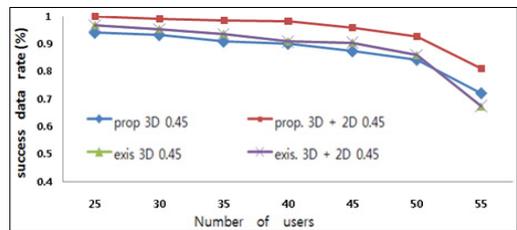


그림 5.(a)

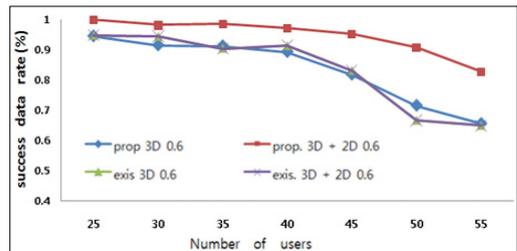


그림 5.(b)

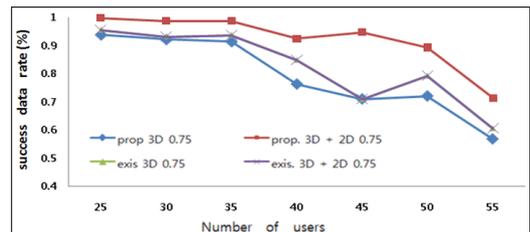


그림 5.(c)

그림 5. (a)-(c). enhancement layer 트래픽의 비율 (0.45, 0.6, 0.75) 에 따른 data 성공률.

나 enhancement layer의 트래픽 양은 증가하게 되는 것을 반영 하여, enhancement layer의 트래픽 양

을 0.45, 0.6, 0.75로 증가시켜 가며 시뮬레이션을 함으로써 각 시점 변화에 따른 결과의 추세를 볼 수 있었다. 인원수가 적을 때에는 큰 차이가 나지 않지만 인원수가 증가함에 따라 제안하는 방식의 packet drop rate의 차이가 커짐을 알 수 있으며 enhancement layer의 비율이 증가 할수록 그 격차는 더 벌어지는 것을 알 수 있다. 그 이유는 제안방식은 base layer트래픽에 우선순위를 주었기 때문에 동일한 양의 자원을 할당 받았을 경우 base layer트래픽은 자원할당을 보장 받을 수 있지만 기존 방식은 동일한 자원양 내에서 enhancement layer의 data량이 많아질수록 base layer가 할당 받을 수 있는 자원의 양이 보장되지 않기 때문에 enhancement layer에 더 많은 자원이 할당 될 수 있으므로 이러한 결과가 나타난다. enhancement layer의 비율이 0.75 일 때는 base layer의 packet drop rate이 6% 이상 차이가 나는 것을 알 수 있는데 이는 3D 영상을 재생하는데 있어서 2D 영상의 복원률이 낮아지게 되면 아무리 3D 영상 정보를 담은 데이터의 전송률이 높을 지라도 효율은 낮아질 수 있음을 알 수 있다. 그림5.(a) -(c)은 각 layer의 트래픽이 100% 전송됐을 때의 경우와 각 트래픽이 100%전송이 되지 않아서 3D영상을 재생하지 못하지만 최소한 2D 영상 정보를 담고 있는 base layer의 트래픽이 전송됐을 경우로 나누어 enhancement layer 트래픽의 비율이 각각 0.45, 0.6, 0.75 일 때 QoS를 나타낸 그래프이다. 이 그림들 또한 앞에서 언급한 이유와 같은 결과 추세를 보여주고 있다. 특히 enhancement layer 트래픽의 비율이 커질수록 그 차이가 커짐을 알 수 있는데 이는 3D 영상의 시점수가 증가할수록 제안하는 방식이 사용자의 QoS를 보다 잘 만족시킬 수 있음을 보여 준다.

## V. 결 론

앞으로의 3D 영상 서비스를 효율적으로 제공하기 위해서는 제한된 자원을 효율적으로 활용하기 위한 방안들이 요구된다. 본 논문에서는 3D 트래픽의 base layer와 enhancement layer를 분리하여 각 트래픽에게 우선순위를 다르게 하여 전송하는 방식을 제안하였다. 제안하는 방법은 기존 방법에 비해 사용자 입장에서의 QoS를 만족시켜 줄 수 있음을 알 수 있었다. 또한 enhancement layer의 비율이 높아짐에 따라 더 효율적임을 볼 수 있었으므로 앞으로 3D 영상의 시점수가 증가하게 됨에 따라 더

좋은 성능을 보일 수 있을 것으로 기대된다.

## 참 고 문 헌

- [1] 박정식, 조호신, "OFDMA 시스템에서 실시간 트래픽 전송을 위한 효율적 스케줄링 기법", 한국통신학회 논문지, 32권 1호, pp. 13-23, 2007.
- [2] 백장현, 김동희, "차세대 이동통신시스템을 위한 패킷 스케줄링 알고리즘과 효율적인 프레임 구성 방법 및 성능 분석", 한국경영 과학회지, 제 30권 제2호, pp. 29-40, 2005. 6.
- [3] S. Shakkottai and A. L. Stolyar, "Scheduling for Multiple Flows Sharing a Time-Varying Channel: The Exponential Rule," Bell Laboratories Technical Report, December, 2000.
- [4] S. Shakkottai and A. L. Stolyar, "Scheduling Algorithms for a Mixture of Real-Time and Non-Real-Time Data in HDR," Bell Laboratories Technical Report, 2000.
- [5] M. Andrews, K. Kumaran, K. Ramanan, A. L. Stolyar, R. Vijayakumar, P. Whiting, "CDMA Data QoS Scheduling on the Forward Link with Variable Channel Conditions," Bell Laboratories Technical Report, April, 2000.
- [6] S. C. Tsao, and Y. D. Lin, "Pre-order Deficit Round Robin: A New Scheduling Algorithm for Packet-Switched Networks," in Computer Networks 35 (2-3) 2001, pp. 287-305.
- [7] C. M. Arm, J. F. Kurose, D. S. Reeves, and H. Schulsrinne, "Real-Time Communication in Packet-Switched Networks," Proc. IEEE, pp. 122-139, 1994.
- [8] Andre Redert, Marc Op de Beeck, Christoph Fehn, Wijnand IJsselsteijn, Marc Pollefeys, Luc Van Gool, Eyal Ofek, Ian Sexton, Philip Surman, "ATTEST:Advanced Three-dimensional Television System Technologies," 0-7695-1521-5/02 IEEE 2002.
- [9] 이봉호, 이현, 허남호, 김진웅, "DTV와 IPTV 연동망을 통한 3D 전송기술," ETRI 전자통신동향 분석, 2008.
- [10] S.W.Ryu, B.H.Ryu, H.H.Seo, M.Y.Shin, S.K.Park, "Wireless Packet Scheduling Algorithm for OFDMA System Based on Time-Utility and Channel State," ETRI Journal, Vol. 27, No. 6,

Dec., 2005.

- [11] "Draft IEEE 802.16m Evaluation Methodology," document IEEE C802.16m-07/080r1, Jun., 2007.
- [12] NGMN Performance Evaluation Methodology; Version 1.2 June 20th, 2007.
- [13] W.Lee, et al., "Requirements for 802.16m," IEEE C802.16m-07/007, Dec., 2007.
- [14] Seung-Uk Yoon, Yo-Sung Ho, "Multiple Color and Depth Video Coding Using a Hierarchical Representation", IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY, Vol. 17, No. 11, Nov., 2007.

권수진 (Su-jin Kwon)

준회원



2009년 2월 광운대학교 전자공학과 졸업  
 2009년 2월~현재 광운대학교 전자공학과 석사과정  
 <관심분야> 스케줄링, 무선자원 관리

정영욱 (Young-uk Chung)

종신회원



1997년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학 학사  
 1999년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학 석사  
 2003년 2월 한국과학기술원 전자전산학 박사  
 2005년 9월~현재 광운대학교 전자공학과 조교수

이혁준 (Hyukjoon Lee)

종신회원



1987년 8월 University of Michigan, Ann Arbor (학사)  
 1989년 6월 시라큐스대학교 전산학 석사  
 1993년 12월 시라큐스대학교 전산학 박사  
 1994년 3월~1996년 2월 (주) 삼성전자 멀티미디어연구소 선임연구원  
 1996년 3월~현재 광운대학교 컴퓨터공학과 교수

최용훈 (Yong-hoon Choi)

정회원



1995년 2월 연세대학교 전자공학 학사  
 1997년 2월 연세대학교 전자공학 석사  
 2001년 2월 연세대학교 전자공학 박사  
 2002년 3월 University of Maryland, Postdoctoral Research Associate  
 2002년 6월~2005년 8월 LG전자 책임연구원  
 2005년 9월~현재 광운대학교 정보제어공학과 조교수