

# IEEE 802.11ax 무선랜에서 멀티미디어 멀티캐스트 서비스를 위한 자원 할당 기법

전 선 국\*

## Resource Allocation for Multimedia Multicast Service over IEEE 802.11ax WLANs

Shan Guo Quan\*

### 요 약

본 논문은 IEEE 802.11ax 무선랜 시스템에서 효율적인 멀티미디어 멀티캐스트 서비스를 위한 부반송파 할당 기법을 제안했다. 제안 기법은 멀티미디어 트래픽이 AP(Access Point)의 송신 단에 도착할 때 우선 스케일러블 비디오 패킷에 비실시간 패킷보다 높은 가중치를 부여하고 해당 비디오 패킷의 가중치는 각 계층의 비디오 패킷 에러 전파 값으로 계산한다. 다음, 패킷이 쌓인 각각의 사용자 큐에서 가중치 합이 가장 큰 사용자에게 우선적으로 부반송파를 할당한다. 시뮬레이션 결과를 통해 제안 기법이 기존의 알고리즘보다 성능 향상되었음을 확인했다. 제안 기법은 시스템의 장기적인 데이터 처리량을 향상할 뿐만 아니라 스케일러블 비디오 패킷 전송 지연도 줄이고 중요도가 높은 비디오 데이터를 최대한 안전하게 사용자들에게 전송할 수 있다.

### Abstract

This paper proposes a sub-carrier allocation method for efficient multimedia multicast service over IEEE 802.11ax WLANs. The proposed scheme first assigns higher weight to scalable video packets than non-realtime packets when the multimedia traffics arrive to AP transmitter at the same time, where the weights of video packets are calculated by the layer-based error propagation weight in scalable video. Next, it assigns a subcarrier preferentially to the user with the largest sum of weights in each user queue stacked with packets. The simulation results show that the proposed algorithm outperforms than the conventional method. It not only improves the long-term data throughput of the system, but also reduces the transmission delay of scalable video packets, and enables highly important video packets to be transmitted to users as safely as possible.

### Keywords

multimedia multicast, IEEE 802.11ax, OFDMA, scalable video, packet weight, error propagation

\* (주) K&P 연구소 수석연구원  
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8978-992X>

· Received: Nov. 19, 2020, Revised: Dec. 08, 2020, 2020, Accepted: Dec. 11, 2020  
· Corresponding Author: Shan Guo Quan  
#66, 3gongdan3-ro, K&P Research Lab., Gunmi-si, Gyongsangbuk-do, Korea.  
Tel.:+82-70-4370-7108, Email: [skjeon.sgquan@gmail.com](mailto:skjeon.sgquan@gmail.com)

## I. 서 론

최근 무선 랜이 탑재된 다양한 모바일 및 IoT 통신 디바이스들의 사용 증가로 인해 무선랜 환경은 점차 고밀도화로 변화되고 있다. 특히 지연에 민감한 비디오 트래픽은 소규모 데이터 패킷을 전송하는 IoT 디바이스들과 대역폭 공유하므로 네트워크 속도는 느려진다. 이러한 문제를 방지하기 위해 디바이스의 증가와 다양성, 증가한 다양한 양의 트래픽은 물론 대역폭 요구를 처리하도록 보다 효율적인 새로운 무선랜 표준이 필요하다.

차세대 무선랜 기술 표준인 IEEE 802.11ax[1]는 다수 사용자 단말들이 동시에 접속하는 고밀도 무선랜 환경에서 시스템 용량 및 데이터 전송률의 성능 향상을 위해 상향, 하향 모두 OFDMA 기술을 적용한 전송 방법을 채택했다. IEEE 802.11ax 무선랜에서는 대역폭 요구가 다양한 여러 디바이스를 동시에 처리할 수 있다. 그리고 각 디바이스는 서로 다른 채널을 통해 데이터를 병렬 전송하도록 동시에 예약할 수 있기에 종래 무선 랜들과 다르게 결합이 없이 신뢰성 데이터 전송을 보장할 수 있다. 특히 이런 데이터 전송 방식은 다량의 패킷, 특히 음성 및 비디오 트래픽 같은 지연에 민감한 패킷들을 동시에 전송이 가능하다.

OFDMA 기반의 멀티캐스트 서비스에서 대표적인 자원 할당 기법은 멀티유저 워터 필링 알고리즘이다[2][3]. 이 기법은 시변 무선 채널 용량에만 따라 부반송파를 할당하기 때문에 장기적으로 전송 속도를 보장할 수 없을 뿐만 아니라 이로 인해 비디오 패킷의 지연 지터는 증가된다. 비디오 패킷 전송 지연을 줄이기 위해 [4]는 네트워크가 혼잡할 경우 새로운 패킷 진입을 막고 비실시간 패킷보다 비디오 패킷에 높은 가중치를 부여하고 부반송파를 먼저 할당하는 기법을 사용했고 [5]는 패킷 손실을 경험한 비디오 사용자에게 더 많은 부반송파를 할당하는 방식을 사용했다. 하지만 이런 기법들도 멀티유저 워터 필링의 적용기술로서 AP 송신 단에서 사용자에게 보낼 패킷 관리가 없기 때문에 결코 장기적으로 전송 속도 보장을 요구하는 비디오 패킷 서비스에는 취약할 수밖에 없다. 최근 무선 셀룰러 망에서 OFDMA 기반의 멀티캐스트 시스템에서 동

시에 다수 사용자에게 효율적인 스케일러블 비디오를 위한 많은 연구가 진행되었다[6]-[8]. 마찬가지로 IEEE 802.11ax 무선랜 환경에서도 네트워크 특징에 맞는 멀티미디어 멀티캐스트 기법에 대한 연구들도 현재 진행 중이다[9][10]. 본 논문은 사용자 큐의 가중치를 기반으로 연결 요청 대기 큐에 대한 효율적인 관리를 통해 장기적으로 전송 속도를 향상하고 비디오 패킷 지연을 줄이는 멀티미디어 멀티캐스트 서비스에 대한 연구를 진행한다.

본 논문에서는 고밀도 무선랜 환경에서 IEEE 802.11ax기반의 멀티미디어 멀티캐스트 서비스 향상을 위해 AP 송신 단에서 사용자 큐에 쌓인 패킷들 가중치에 대한 효율적인 관리를 통해 부반송파를 할당하는 기법을 제안한다. 각각 사용자 큐에 쌓인 패킷들의 가중치 합이 가장 큰 사용자에게 먼저 부반송파를 할당한다. 여기서 스케일러블 비디오의 계층적 예측 구조를 기반으로 각 스케일러블 비디오 패킷의 에러 전파 가중치를 계산해서 해당 비디오 패킷의 가중치로 정한다. 특히 제안 기법은 비디오 전송 속도를 높이고 비디오 패킷의 지연을 최소화 뿐만 아니라 중요한 비디오 패킷들을 최대한 안전하게 전송하여 사용자 수신 비디오 왜곡을 줄일 수 있는 성능 향상을 확인했다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안된 기법이 적용되는 전체 시스템 구조에 관해서 설명한다. 3장에서는 IEEE 802.11ax 무선랜 시스템에서 효율적인 멀티미디어 멀티캐스트 서비스를 지원을 위해 제안된 자원 할당 알고리즘을 설명한다. 4장에서는 구현된 알고리즘의 성능 평가를 기술하고 5장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

## II. 시스템 모델

하나의 기지국 AP에 다수의 이동 노드 (STA) 들이 존재하는 BSS(Basic Service Set)에서 멀티미디어 서비스를 제공하는 단일 홉 IEEE 802.11ax 무선랜 시스템을 가정했다. BSA(Basic Service Area) 내에는  $N$  명의 사용자가 존재하고 모든 사용자는  $K$  개의 부반송파를 공유한다. AP 내부에는 서비스 중인 사용자별 할당된 버퍼가 있으며 들어오는 멀티미디어 패킷들은 각각의 사용자 버퍼에 유입된다. AP 송신

단에서 비디오/비실시간 패킷으로 분류되고 패킷 스케줄러는 채널 상태 정보와 각 사용자 큐에 쌓인 패킷 정보를 참조하여 정해진 스케줄링 정책에 따라 전송 순서를 결정한 후에 부채널 및 심벌 구간을 할당하고 전송 OFDMA 프레임을 완성한다.

스케일러블 비디오는 시간적 그리고 화질적 스케일러블리티 특성을 갖는 계층 기반의 스케일러블 비디오 패킷을 만든다. H.264/SVC [11][12] 부호화기는 입력된 비디오 시퀀스를 스케일러블 비트스트림으로 생성하고 생성된 비트스트림은 계층 기반의 압축 구조 특성에 따라, 전송 패킷마다 서로 다른 계층 정보 및 에러 전파의 특성을 갖는다. 사용자들에게 전송할 패킷들은 각각 사용자마다 서로 독립적인 특성의 확률분포에 의해 발생한다. 그리고 AP는 가장 나쁜 채널 환경을 가진 사용자에게 맞춰 전송 파워를 결정한다. 매 타임 슬롯마다 전송 부반송파 채널용량이 변하는데 만약 그 과정에서 만약 해당 채널 용량이 임계점보다 높으면 CSI(Channel State Information) 값은 1이고, 반대의 경우에는 0이 된다. CSI 값이 1이면 AP가 해당 부반송파를 통해 한 타임 슬롯 동안 한 개 패킷을 전송했음을 의미

한다. 임의의 타임 슬롯  $s$ 에서 채널 상태 정보를 나타내는 행렬을  $c_s(n, k)$ 이라고 정의하고 여기서 만약  $c_s(n^*, k^*)$  값이 1인 경우는 AP가 해당 시간 슬롯 동안 부반송파  $k^*$ 를 사용자  $n^*$ 에게 할당하고 하나의 패킷을 전송하고 0인 경우엔 부반송파를 할당조차 하지 않는다. 그 외에도 임의의 타임 슬롯  $s$ 에서 사용자  $n$ 에게 부반송파  $k$ 의 할당 여부를 표시하는 행렬을  $A_s(n, k)$ 이라고 정의하고 여기서  $A_s(n^*, k^*)$  값이 1인 경우 부반송파  $k^*$ 는 사용자  $n^*$ 에게 할당되고 반대로 0인 경우엔 부반송파 할당 못 받게 된다. 그리고  $\sum_{n=1}^N A_s(n, k) = 1, \forall k \in K$ 은 항상 성립되게 한다.

IEEE 802.11ax 무선 랜에서는 AP는 여러 디바이스들과 사이의 무선 채널 정보와 사용자 정보를 완벽하게 알고 있을 뿐만 아니라 동시에 여러 디바이스의 트래픽을 효율적으로 처리할 수 있다. 그림 1과 같이 사용자 큐와 부반송파가 존재하는 상황에서 CSI에 따라 부반송파와 사용자 큐의 연결은 매번 타임 슬롯마다 상황에 맞게 바뀐다.

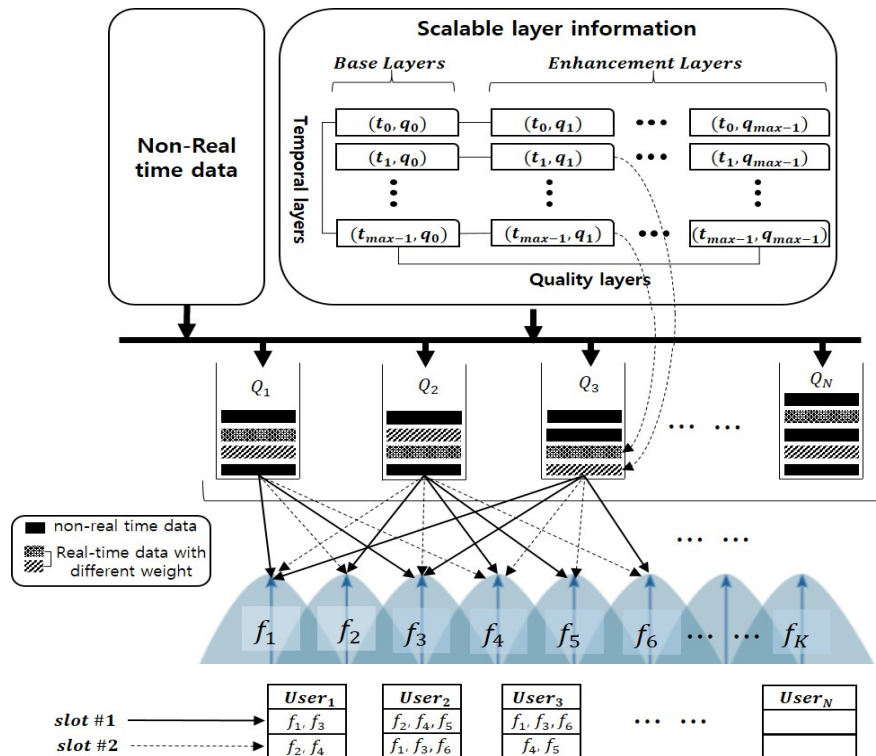


그림 1. 제안된 전체 시스템 블록 다이어그램  
Fig. 1. Overall system block diagram of proposed scheme

비실시간 데이터와 서로 다른 가중치를 가진 비디오 패킷들이 각각의 사용자 큐에 들어온 다음 각 사용자 큐에 쌓인 패킷들 가중치 합에 따라 부반송과 할당 순위를 결정하고 할당받은 부반송과를 통해 패킷들이 각 사용자에게 전송되게 한다.

### III. 제안된 자원할당 알고리즘

제안 기법은 먼저 스케일러블 비디오 패킷 가중치와 부반송과 할당 순위를 결정하고 나서 패킷 전송 스케줄링을 실행한다.

#### 3.1 스케일러블 비디오 패킷 가중치 결정

스케일러블 비디오는 계층 기반의 예측 구조를 갖고 있으며 구조 특징상 패킷마다 서로 다른 계층 정보를 가진다. 높은 계층의 정보는 낮은 계층의 정보를 참고하기 때문에, 높은 계층의 패킷 손실보다 낮은 계층의 패킷 손실이 더 심각한 에러 전파 효과를 갖는다. 수신단의 비디오 화질 왜곡을 방지하기 위해서는 낮은 계층의 패킷들이 안전하게 전송되어야 된다. 시간 계층  $t_i(x)$ 과 화질 계층  $q_i(y)$ 의 스케일러블 비디오 패킷의 손실로 인한 에러 전파를 정량화하여 아래와 같은 식으로 정의한다[13].

$$LW_i(x,y) = \beta \cdot \left(1 - \frac{q_i(y)}{L_Q} - \frac{t_i(x)}{L_T L_R}\right) \quad (1)$$

여기서  $i$ 는 패킷 인덱스를 나타내며,  $x$ 와  $y$ 는 그림 1에서 보여준 것 같이 각각 스케일러블 비디오 화질 계층과 시간 계층의 나타내는 인덱스들이다.  $\beta$ 는 계층 인덱스 값에 따라 가중치 값을 제어하기 위한 곱셈 인자이다.  $x=0$ 과  $y=0$ 인 경우, 각각 화질 계층과 시간 계층의 기저 계층을 나타내며  $x>0$ 과  $y>0$ 인 경우는 화질 계층과 시간 계층의 향상 계층을 나타낸다.  $L_Q$ 와  $L_T$ 는 각각 스케일러블 비디오 압축 구조에서 화질 계층과 시간 계층의 최대 계층 개수를 나타내며 각 계층에 속한 모든 패킷은  $L_Q \times L_T$ 개의 계층으로 분류된다. 가장 많은 에러 전파량을 갖고 있는 비디오 계층에서의 패킷이 가중치가 가장 높은 패킷이 된다.

패킷  $i$ 가 도착하면, 전송 패킷의 시간 계층과 화질 계층의 계층 인덱스를 이용하면 (1) 식을 통해 계층 기반의 에러 전파량인  $LW_i(x,y)$ 의 값을 계산할 수 있다. 여기서 해당 패킷 가중치는 패킷 계층 정보에만 의존하고 더 이상 추가적으로 복잡한 연산이 필요하지 않기 때문에 간단하고 AP에 적합한 실행이 된다. 그리고 비실시간 패킷 가중치는 별도로 전체 비디오 패킷보다 낮은 기본 고정값을  $LW_{nr}=1$ 로 정한다.

#### 3.2 부반송과 할당 우선순위 결정

우선 먼저 스케일러블 비디오 패킷의 가중치  $LW_i(x,y)$ 와 비실시간 패킷 가중치  $LW_{nr}$ 를 이용하여 사용자 큐의 가중치를 정의한다. 여기서 사용자 큐의 가중치는 각 사용자의 큐에 쌓인 패킷들의 가중치 합계이다. AP에서 각각의 멀티캐스트 사용자들에게 전송될 사용자 큐에 쌓여 있는 비디오 패킷 개수와 비실시간 패킷 간의 비율은 서로 다르기 때문에 사용자마다 고유의 사용자 큐 가중치  $UQ_s(n)$  값을 가진다.

$$UQ_s(n) = \sum_{i=1}^{Q_s(n)} \rho_i LW_{nr} + \left(Q_s(n) - \sum_{i=1}^{Q_s(n)} \rho_i\right) LW_i(x,y) \quad (2)$$

$Q_s(n)$ 는 임의의 타임 슬롯  $s$ 에서 사용자  $n$ 의 큐에 쌓인 패킷들의 개수이고,  $\rho_i \in \{0,1\}$ 는 비실시간 패킷의 인디케이터이다. 사용자  $n$ 의 큐에서  $i$ 번째 패킷이 비실시간 패킷이면  $\rho_i$ 는 1이고 반대인 경우는 0이다. 장기적인 전송 속도 보장을 위해서는 모든 사용자 큐의 쌓인 패킷 수량을 같게 만들면 된다[14]. 이를 위해 장기적인 전송 속도 보장뿐만 아니라 비디오 패킷 지연을 줄이기 위하여 제안 기법은 모든 사용자 큐의 가중치를 동일하게 유지하려 한다. 비디오 패킷 가중치가 비실시간 패킷 가중치보다 크기 때문에 전송 비디오 패킷들이 많이 쌓이면 해당 사용자 큐는 보다 큰 사용자 큐 가중치 값을 갖게 되면서 우선 먼저 부반송과를 할당받게 된다. 즉 중요도가 높은 비디오 패킷들이 많이 쌓일수록 우선적으로 부반송과를 할당받게 된다. 이는 비디오 패킷의 전송 지연을 줄이고 해당 중요한 비디오 패킷을 안전하게 전송하는 효과가 된다.

### 3.3 부반송파 할당 및 스케줄링 알고리즘

멀티캐스트 모든 사용자의 큐 가중치를 동일하게 유지하기 위해서 제안 기법은 그림 2와 같은 알고리즘이 실행된다. 우선 전송할 패킷들이 쌓인 사용자 큐 집합과 할당되지 않는 부반송파의 집합을 찾는다. 해당 사용자 큐 집합에서 큐 가중치가 가장 큰 사용자 큐를 찾고 해당 사용자에서 부반송파 집합 중에  $\sum_{n=1}^N c_s(n, k)$  값이 가장 작은 부반송파부터 할당한다. 이미 할당된 부반송파는 다음 할당에서는 해당 집합에서 제외하고 사용자 큐 집합과 부반송파 집합이 공집합이 될 때까지 반복 과정을 실행한다.

## IV. 시뮬레이션 및 분석결과

64명의 사용자, 128개의 부반송파가 존재하는 단일 AP의 BSA(Basic Service Area) 내에서의 802.11ax 무선랜 멀티미디어 멀티캐스트 시스템을 가정한다. 무선 채널은 가장 간단한 대칭적 ON-OFF 채널 모델을 사용하고 CSI에 영향을 미치는 경로 손실, 레일리 페이딩, AWGN 등 요소들 함께 고려했다. AP에서 각각의 사용자들에게 전송될 패킷들은 푸아송 확률 분포로 도달한다고 가정한다. 패킷이 도달할

때마다 특정 확률값  $p=0.4$ 에 의해 실시간 비디오 패킷 발생 여부를 결정하고,  $\beta=4$ ,  $L_Q=L_T=16$ 으로 설정했다. 본 논문에서는 평균 사용자 큐의 길이와 비디오 패킷 평균 전송 지연 측면에서 멀티유저 워터 필링(Multiuser-WF) 기법과 제안 기법을 비교했다.

그림 3은 멀티미디어 패킷 도착률 증가에 따른 평균 사용자 큐 길이의 변화를 비교했다. 패킷 도착률이 증가함에 따라 평균 사용자 큐의 길이는 증가하고 그리고 기존 기법에 비해 제안 기법은 더 짧은 평균 사용자 큐 길이를 가진다.

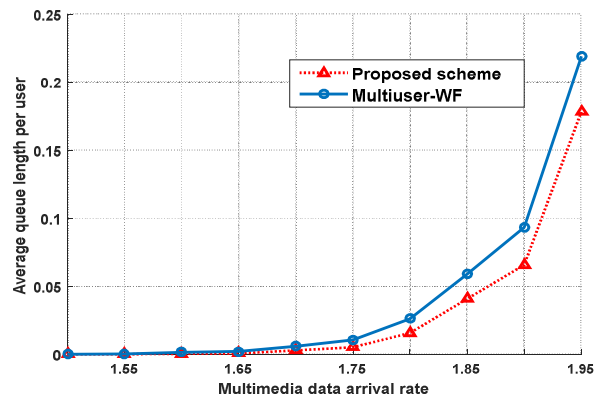


그림 3. 전송 패킷 도착률 변화에 따른 평균 사용자 큐 길이의 변화 비교

Fig. 3. Average queue length per user vs. arrival rate

```

Start
Set  $s = 1$  (Initialize iteration number)
While maximum number of iterations ( $S$ ) is not meet
  For  $n=1$  to  $N$  do
    For  $k=1$  to  $K$  do
      Find queue  $n^* = \operatorname{argmax}_n UQ_s(n)$ ,  $n \in \{1, 2, \dots, N\}$ 
      If  $UQ_s(n^*) > 0$  then
        Find sub-carrier  $k^* = \operatorname{argmin}_k [\sum_{n=1}^N c_s(n, k)]$ , where  $\sum_{n=1}^N c_s(n, k) > 0$ 
        If  $c_s(n^*, k^*) = 1$  then
           $A_s(n^*, k^*) = 1$ ,  $c_s(\forall n, k^*) = 0$ 
          Recover  $\forall k$  to  $k \in \{1, 2, \dots, K\}$ 
          Delete  $n^*$  from  $n \in \{1, 2, \dots, N\}$ 
        Else
          Delete  $k^*$  from  $k \in \{1, 2, \dots, K\}$ 
        End
      Else
        Delete  $n^*$  from  $n \in \{1, 2, \dots, N\}$ 
      End
    End
  End
  Set  $s = s + 1$ 
  Update the weight parameter( $UQ_s$ ) ..... [Equation (2)]
End While maximum iterations or termination criterion satisfied
End
  
```

그림 2. 제안된 부반송파 할당 및 스케줄링 알고리즘

Fig. 2. Pseudocode of the proposed subcarrier allocation and scheduling algorithm

장기적인 전송 속도를 고려했을 때, 특정 시스템이 짧은 사용자 큐의 길이를 갖는다는 것은 단위 시간 동안 더 많은 패킷을 전송했다는 의미로 해석된다. 즉 제안 기법은 큐 가중치로 패킷들이 쌓인 사용자 큐를 효율적으로 관리함으로써 멀티유저 워터 필링 기법에 비해 장기적으로 시스템의 전송 속도를 향상할 수 있었다.

그림 4는 전송 패킷 도착률( $\lambda=1.95$ )이 일정할 때 시간 변화에 따른 평균 사용자 큐의 길이를 비교한 한 것이다. 제안 기법은 기존 기법에 비해 전체 전송구간에서 단위 타임 슬롯당 항상 더 짧은 평균 사용자의 큐의 길이를 가지는 것을 확인했다.

그림 5는 전체 멀티미디어 패킷 도착률이 증가할 때 비디오 패킷 평균 지연을 비교한 결과이다. 실험에서 비디오 패킷의 중요도에 따라 차등화된 비디오 패킷 가중치 값들이 부여되는데 이는 비실시간 패킷보다는 항상 높은 가중치를 가진다. 패킷 도착률이 증가함에 따라 평균 비디오 패킷 전송 지연이 증가함을 알 수 있다. 제안 기법은 기존의 멀티유저 워터 필링 기법에 비교해 전송 지연이 많이 감소함을 알 수 있다. 비디오 패킷 가중치가 비실시간 패킷 가중치에 비해 크면 클수록 이 차이는 더 커진다. 이는 가중치가 높은 비디오 패킷들이 많이 포함된 큐에 많이 쌓이면 먼저 부반송과를 할당받아 빨리 전송되기 때문이다. 이는 중요도 높은 비디오 패킷들이 우선 빨리 전송된다는 의미이다.

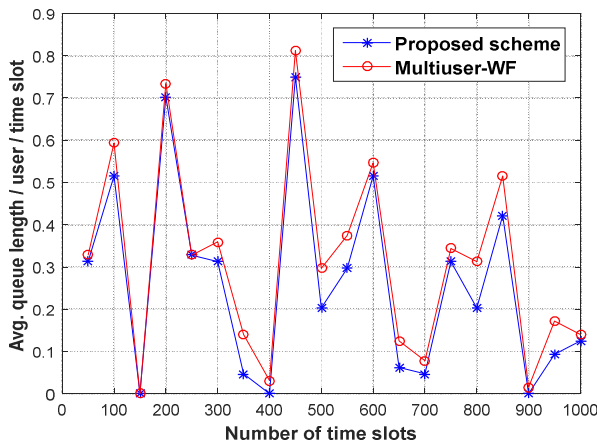


그림 4. 시간의 변화에 따른 단위 타임 슬롯당 평균 사용자 큐 길이의 변화 비교  
Fig. 4. Average user queue length per time slot vs. number of time slots

그림 6은 스케일러블 비디오의 계층별 에러 전파기반의 비디오 가중치  $LW_i(x,y)$ 를 할당한 경우와 전체 비디오 패킷에 일정한 가중치  $LW_c$ 를 할당한 경우를 고려해 패킷 도착률과 사용자별 평균 큐 길이의 변화에 대해 비교하였다. 비교 결과를 보면 계층 기반의 가중치 값을 적용한 비디오 패킷을 전송할 때 제안 기법이 가장 좋은 성능을 보였고 평균 사용자 큐 길이도 가장 짧았다. 그리고 스케일러블 비디오 고정된 가중치나 가변적인 가중치 값이든 상관없이 제안 기법은 기존 기법보다 항상 우수한 성능을 보였다.

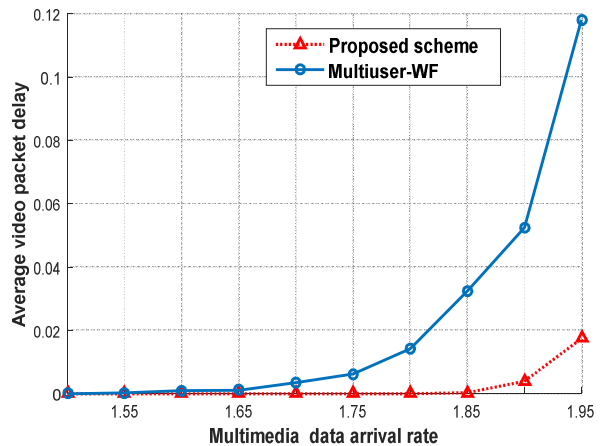


그림 5. 전송 패킷 평균 도착률 변화에 따른 스케일러블 비디오 패킷의 평균 전송 지연 비교  
Fig. 5. Average delay of scalable video packets vs. arrival rate for the proposed scheme and multiuser-WF

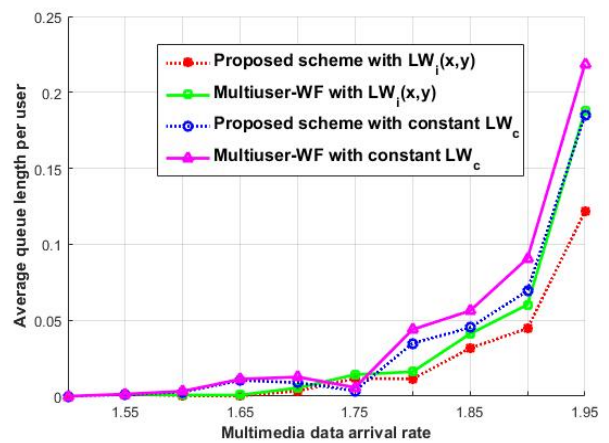


그림 6. 패킷 도착률과 스케일러블 비디오 패킷 가중치의 변화에 따른 평균 사용자 큐 길이의 변화 비교  
Fig. 6. Average queue length per user vs. arrival rate considering different weights of scalable video packets



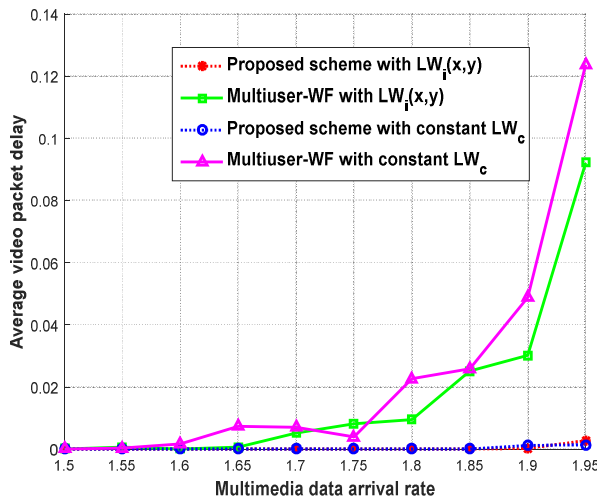


그림 7. 패킷 도착률과 스케일러블 비디오 패킷 가중치의 변화에 따른 평균 비디오 패킷 전송 지연 변화 비교

Fig. 7. Average video packets delay vs. arrival rate considering different weights of scalable video packets

그림 7에서는 그림 6과 같은 비교 환경에서 평균 비디오 패킷 전송 지연을 비교했다. 비교 결과를 보면 마찬가지로  $LW_c$ 와  $LW_i(x,y)$ 의 값에 상관없이 제안 기법이 비디오 전송 지연 측면에서 기존 기법 보다는 성능이 훨씬 우수함을 관찰할 수 있다. 그리고 제안 기법에 계층 기반의 가변적인 비디오 가중치  $LW_i(x,y)$ 를 적용할 때 비디오 전송 지연이 가장 짧았다.

## V. 결 론

본 논문에서는 IEEE 802.11ax WLAN 시스템에서 멀티미디어 멀티캐스트 데이터 전송을 위한 효율적인 자원 할당 기법을 제안했다. 제안 기법은 사용자 큐 가중치 기반으로 패킷 스케줄링과 부반송파 할당을 동시에 실행시킴으로써 시스템 복잡도를 줄일 뿐만 아니라 장기적으로 전송 속도를 향상하고 스케일러블 비디오 패킷 지연을 줄이는 효과를 얻었다. 특히 모든 비디오 패킷들에 일괄적으로 고정적인 가중치 할당보다는 스케일러블 비디오의 예측 구조에서 계층 기반의 여러 전파 가중치 값을 계산하여 비디오 패킷 중요도에 맞게 차등화된 가변적인 가중치를 할당함으로써 보다 효과적으로 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있었다. 사용자 큐 가중치

가 크다는 의미는 비디오 패킷이 많이 쌓이고 상대적으로 중요도 높은 비디오 패킷들이 많이 포함되었다는 의미인데 이를 우선적으로 부반송파를 할당함으로써 중요도 높은 패킷을 안전하게 전송하여 전송 지연 감소와 함께 사용자 수신 비디오 왜곡을 최대한 줄일 수도 있다. 제안 기법은 실제 시스템에 적용 및 구현의 간편화를 위해 복잡한 연산 과정 없이 쉬운 연산으로만 설계된 장점이 있다. 향후 추가적으로 시변 무선 채널 및 에러 보정 기술과 실제 비디오 데이터 분석을 접목해서 해당 연구를 더 진행할 계획이다.

## References

- [1] Part 1: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications: Amendment 6: Enhancements for high efficiency WLAN, IEEE Standard 802.11ax draft 1.4, 2017.
- [2] M. Ergen, S. Coleri, and P. Varaiya, "QoS aware adaptive resource allocation techniques for fair scheduling in OFDMA based broadband wireless access systems", IEEE Trans. on Broadcasting, Vol. 49, No. 4, pp. 362-370, Dec. 2003.
- [3] S. Pfltschinger, G. Munz, and J. Speidel, "An efficient water-filling algorithm for multiple access OFDM", Proc. IEEE Globecom'02, Taipei, Taiwan, pp. 681-685, Nov. 2002.
- [4] S. S. Jeong, D. G. Jeong, and W. S. Jeon, "Cross-layer Design of Packet Scheduling and Resource Allocation in OFDMA Wireless Multimedia Networks", Proc. IEEE VTC'06, Melbourne, Australia, pp. 309-313, May 2006.
- [5] A.K.F. Khattab and K.M.F. Elsayed, "Opportunistic Scheduling of Delay Sensitive Traffic in OFDMA-based Wireless Multimedia Networks", Proc. IEEE WOWMOM'06, Niagara Falls, Buffalo-NY, USA, pp. 279-288, Jun. 2006.
- [6] Libo Jiao, Hao Yin, and Yulei Wu, "Dynamic Resource Allocation for Scalable Video Streaming in OFDMA Wireless Networks", IEEE Access, Vol.

- 8, No. 4, pp. 33489-33499, Feb. 2020.
- [7] Richard O. Afolabi, Aresh Dadlani, and Kiseon Kim, "Multicast Scheduling and Resource Allocation Algorithms for OFDMA-Based Systems: A Survey", IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol. 15, No. 1, pp. 240-254, Feb. 2012.
- [8] Tham ML, Chow CO, Xu YH, Ramli N, "Two-Level Scheduling for Video Transmission over Downlink OFDMA Networks", PLOS ONE, Vol. 11, No. 5, pp. 1-15, May 2016.
- [9] J. S. ahn, B. K. Cho, and Ronny Y. H. Kim, "An Efficient WLAN Multicasting Scheme", Journal of Adv. Navig. Technology, Vol. 20, No. 4, pp. 352-360, Aug. 2016.
- [10] Yoseop Woo, Iksoo Kim, "Framework for Multimedia Service using Multicast in CVCN Network", Journal of Advanced Information Technology and Convergence, Vol. 9, No. 2, pp. 55-63, Dec. 2019.
- [11] H. Schwarz, D. Marpe, and T. Wiegand, "Overview of the scalable video coding extension of the H.264/AVC standard", IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., Vol. 17, No. 9, pp. 1103-1120, Sep. 2007.
- [12] J. Reichel, H. Schwarz, M. Wien, and J. Vieron, Joint scalable video model 9 of ISO/IEC 14496-10: scalable video coding, 2007.
- [13] H. Ha, "Design of Resource Allocation Algorithm for Scalable Video Transmission over OFDM System", Journal of KIIT, Vol. 16, No. 9, pp. 103-108, Sep. 2018.
- [14] S. Kittipiyakul and T. Javidi, "Subcarrier allocation in OFDMA systems: beyond water-filling", Proc. Conf. Record of the Thirty-Eighth Asilomar Conf. on Signals, Systems and Computers, Pacific Grove, CA, USA, pp. 334-338, Nov. 2004.

## 저자소개

전 선 국 (Shan Guo Quan)



2009년 : 연세대 전기전자공학부  
공학박사

2010년 ~ 2012년 : 남서울대  
전자공학과 교수

2012년 ~ 2018년 : 중국연변과기대  
통신학과 교수

2019년 ~ 현재 : (주)K&P 연구소

수석연구원

관심 분야: 멀티미디어 통신, IoT, 스마트 팩토리