

논문 2010-47CI-1-19

실시간 멀티미디어 통신을 위한 의미 기반 채널 파워 할당 기법

(Optimal Channel Power Allocation by Exploiting Packet Semantics for
Real-time Wireless Multimedia Communication)

홍성우*, 원유집*

(Sungwoo Hong and Youjip Won)

요 약

본 연구에서는 실시간 멀티미디어 서비스의 QoS를 향상시키기 위해 계층 통합 최적화 기법을 통한 새로운 파워 할당 기법을 소개한다. 각각의 패킷이 QoS에 미치는 영향이 다르므로, 항상 패킷 손실의 감소가 QoS의 향상으로 이어지지는 않는다. 본 연구에서는 패킷이 QoS에 미치는 영향을 정량화 하여 이를 바탕으로 파워를 할당하는 기법을 개발하였다. 다이나믹 프로그래밍 기법을 사용하여 파워소모를 최소화하면서 QoS를 극대화하는 적절한 파워 값을 발견하였으며, 실험을 위해 널리 공개된 비디오 클립을 사용하였다. 네트워크 시뮬레이터 (network simulator version 2)를 통하여 시뮬레이션을 수행하였으며, 성능 평가를 위해 클라이언트 단에 디코딩엔진을 삽입하여 원본 영상과 전송된 영상을 비교, PSNR을 도출하였다. 패킷 세만틱 정보를 기반으로 적절한 파워를 할당한 결과 기존의 기법에 비해 QoS가 크게 향상되는 것을 확인할 수 있었으며, 이는 본 논문에서 제안된 기법이 보다 중요한 패킷에 대한 차별적인 보호 기법이 적용된 결과임을 각 프레임 손실에 대한 조사로 알 수 있었다. 해당 기법의 적용을 통해 I 프레임의 경우 손실이 최대 29%에서 2%이내로 감소하는 것을 확인할 수 있었으며, 같은 결과를 나타낼 때, 파워 소모를 최대 약 20%까지 감소시키는 것을 확인할 수 있었다.

Abstract

In this work, we develop a novel channel power allocation method for the real-time multimedia over the wireless network environment. Since each frame has different effect on the user perceivable QoS, improving packet loss does not necessarily coincide with perceivable improvements in QoS. A new channel power control scheme is suggested based on the quantified importance of each frame in terms of user perceivable QoS. Dynamic programming formulation is used to obtain optimal transmit power which minimizes power consumption and maximizes user perceivable QoS simultaneously. The experiment is performed by using publicly available video clips. The performance is evaluated using network simulator version 2 (NS 2) and decoding engine is embedded at the client node, and calculated PSNR over the every frame transmitted. Through the semantics aware power allocation (SAPA) scheme, significant improvement on the QoS has been verified, which is the result of unequal protection to more important packets. SAPA scheme reduced the loss of I frame by upto 27% and reduced power consumption by upto 19% without degradation on the user perceivable QoS.

Keywords: 계층 통합 최적화 기법, 전송 파워 제어, 패킷 세만틱, 멀티미디어, QoS

I. 서 론

* 정회원, 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과
(Department of Electronics and Computer
Engineering, Hanyang University)

* 이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로
한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임
(ROA-2009-0083128)

접수일자: 2009년10월13일, 수정완료일: 2010년1월8일

1. 동기 및 관련연구

네트워크 기술의 발달은 대역폭의 급격한 증가 뿐 아니라 다양한 형태의 서비스를 제공할 수 있게 되었다^[1]. 이와 같은 서비스의 다양한 증가는 사용자의 기호와 필

요에 따라 알맞은 서비스를 선택할 수 있는 기회를 주었다. 예를 들면 삼성 모바일 JET S8000의 경우 데이터 통신을 위해 필요에 따라 High-Speed Downlink Packet Access (HSDPA), IEEE 802.11 b/g 또는 Bluetooth 중에서 선택해서 사용할 수 있다. 이와 같은 네트워크 기술의 발달은 사용자로 하여금 멀티미디어 스트리밍 서비스를 유니쿼터스(ubiquitous)한 방식으로 즐길 수 있게 하였다.

그러나 이러한 네트워크 기술의 발전에도 불구하고 quality of service (QoS)의 향상을 위해 해결되어야 할 많은 과제들이 남아있다. 이는 충분하지 못한 대역폭, 이용 가능한 대역폭의 변화, 페이딩(fading), 높은 비트 손실 비율, 채널 간섭 등을 포함한다. 대역폭 변화 및 부족 현상을 해결하기 위해 계층적 인코딩 기법은 인코딩 될 때의 레이어 정보를 이용하여 대역폭 변화에 적응시키려 하였으며, RDOP (rate distortion optimization protocol) 기법은 전송 왜곡 정보를 기반으로 적정 전송 비율을 할당하고, 선택적 프레임 전송 기법은 대역폭이 충분하지 않을 경우에 중요하지 않은 프레임들을 선택적으로 버림으로써 대역폭에 적응한다^[3-6]. 이 밖에도 무선 네트워크 환경에서 QoS를 극대화시키기 위해 많은 연구가 선행되었다^[8-13]. X. Kang 등은 페이딩 채널 환경에서 채널 간섭을 고려한 파워 제어 기법을 제안하였다^[9]. 해당 기법은 전송 파워를 증가시켜 채널 간섭을 극복하는 기법이다. 그러나 전송 파워 레벨의 증가는 다른 노드에게 채널 간섭 및 노이즈를 증가시키는 요인이 될 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 Li. 등은 채널 간섭 (signal to interference ratio) 뿐 아니라 다른 노드에게 야기되는 노이즈도 같이 고려하는 파워 제어 기법을 제안하였다^[10]. 그들은 채널 간섭과 노이즈를 바탕으로 파워 전송 레벨을 결정하며, 전송 상태에 따라 클라이언트의 재생 속도를 같이 제어함으로써 멀티미디어의 QoS증가를 꾀하였다. 본 연구에서는 채널 간섭 및 노이즈 뿐 아니라 패킷 세만틱 정보를 같이 고려함으로써, 멀티미디어의 QoS를 극대화 시킨다.

비슷한 연구로써, Ahmad 등은 WiMAX 네트워크상에서 계층적으로 인코딩된 멀티미디어 프레임에 대해서 차별적인 파워 제어 기법을 제안하였다^[8]. 그들은 베이스 레이어와 (base layer) 고급 레이어 (advanced layer)가 있을 때 두 레이어 간에 파워를 달리 하여 더 중요한 비디오 정보에 더 많은 파워를 할당하는 기법을

제안하였다. Wu 등은 무선 메시 네트워크 (wireless mesh network) 상에서 계층 통합 최적화 기법을 통하여 멀티미디어 QoS를 향상시키는 기법을 제안하였다^[14]. 그들은 QoS를 극대화하기 위해서 응용 프로그램 계층(application layer)에서 인코딩 매개 변수를, 전송 계층(transport layer)에서 라우팅 (routing) 정보를, 그리고 맥 계층(mac layer)에서 프레임 크기 및 모듈레이션 기법을, 마지막으로 물리 계층 (physical layer)에서 코딩 매개변수를 고려하였다. 그들은 보내야 할 패킷의 중요성을 측정하기 위해 프레임 타입과 크기를 고려하였다. Delgado 등은 모바일 애드혹 네트워크 (mobile ad hoc network) 상에서 계층 통합 최적화 기법을 통해서 세 가지 레벨의 보호 기법을 제안하였다^[15]. 그들은 I 프레임에 가장 우선순위를 그리고 P 프레임이 중간 순위, 마지막으로 B 프레임에 가장 낮은 순위를 매기고 이에 따라 차별적인 보호 기법을 제안하였다. 그러나 프레임 종류를 파악하고 이를 바탕으로 파워를 할당하는 것으로 멀티미디어의 QoS의 큰 향상을 기대하기는 어렵다. 이는 같은 종류의 프레임도 QoS에 미치는 그 중요성의 차이가 크기 때문이다. 예를 들면, P 프레임의 경우 크기와 group of picture (GoP) 내의 위치에 따라 중요성의 차이가 아주 크게 나타난다. 또한 프레임 크기와 중요성이 항상 비례하는 것 또한 아니다. 예를 들면 I 프레임의 경우 대부분의 P 프레임 보다 크기가 크지만 I 프레임보다 더 큰 크기의 P 프레임도 존재할 수 있기 때문이다. 이는 P 프레임과 B 프레임의 관계에서도 마찬가지이다. 이전의 연구에서는 채널 파워 할당과 대역폭 적응을 위한 프레임 선택 및 스케줄링 기법이 각기 다른 문맥에서 실행되었다. 그러나 QoS를 극대화하기 위해서는 이와 같은 것들을 하나의 프레임 워크 내에서 실행되어야 할 필요가 있다. 본 연구에서는 패킷 세만틱 정보를 바탕으로 QoS를 극대화 하면서 파워 손실과 채널 간섭, 노이즈를 최소화 하는 프레임 워크를 성공적으로 개발하였다. 본 논문에서 제안하는 적정 파워 레벨은 보내질 패킷의 중요도, 채널 간섭 및 노이즈, 그리고 현재 시스템의 상태를 고려하여 결정되어 진다.

본 연구의 목적은 스트리밍 서버의 전송 파워의 제어를 통해 파워 소모를 최소화 하면서도 스트리밍 서비스의 QoS를 극대화하는 기법의 개발에 있다. 전송 파워의 적절한 할당을 위해 먼저 프레임의 중요성을 정량화 하는 패킷 세만틱 (Packet Semantics) 개념을 제시한다^[2, 5-6]. 패킷의 중요성을 측정하는 시도는 이전에도 많

이 있었다^[8, 13]. 프레임의 중요성을 측정하기 위한 매개 변수로는 패킷 크기, 프레임 타임, 의존하는 프레임들의 수 등이 고려되었다. 그러나 위의 매개변수 정보만으로는 프레임의 중요성을 정확히 파악할 수가 없다. 본 연구에서 제시하는 패킷 세만틱 정보는 해당 프레임이 손실이 났을 경우 야기되는 QoS 저하 정도를 정량화하여 프레임의 중요도를 측정한다.

기존의 채널 전송 파워를 할당하는 기법은 프레임의 크기, 또는 채널 간섭만을 고려하였다. 따라서 프레임의 중요성을 고려하지 않았거나 그 중요성을 제대로 반영하지 못한 파워를 할당하여 멀티미디어의 QoS의 큰 향상을 기대하긴 어려운 것이 사실이다. 이와 같은 점을 인지하여 본 연구에서는 계층 통합 최적화 기법을 통하여 QoS에 미치는 프레임의 영향을 정확히 파악하여, 파워 소모를 최소화 하면서 QoS를 최대화 하는 기법을 개발하였다. 프레임의 중요성을 고려하여 채널 파워를 할당하는 기법은 여러 소프트웨어 스택의 협조를 통해 이루어 질수 있다. 이러한 소프트웨어 스택은 물리 계층, 데이터 링크 계층, 네트워크 계층 등을 포함한다. 각각의 계층은 다른 계층과 최소한의 정보만 공유한다. 이러한 모듈적인 접근은 다른 계층의 정보를 고려할 필요가 없기 때문에 각 계층 별 기술의 발전을 편리하게 한다는 장점이 있으나 이는 또한 계층이라는 장벽 때문에 적용성 있고 좀 더 효율적인 프로토콜의 발전을 방해하는 역할을 하고 있기도 하다. 채널 파워를 결정함에 있어서 본 연구에서는 다이내믹 프로그래밍 기법(dynamic programming) 이용하여 패킷 세만틱과 채널 간섭 및 노이즈를 고려하는 파워의 값을 구한다. 제시된 다이내믹 프로그래밍 기법과 계층 통합 최적화 기법은 멀티미디어의 QoS를 극대화하면서도 파워 소모를 최소화 시키는 것을 가능하게 하였다. 본 연구는 이전의 파워 제어 기법에 기반을 두고 있다^[7]. 본 연구에서는 제시된 이전 연구의 단일 레이어에서의 파워 할당 기법 뿐 아니라 계층적으로 인코딩된 비디오 클립들에 대해서도 적용시켰으며 제안하는 기법의 유효성을 입증하였다.

이후 본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. II장에서는 프레임의 중요성을 파악하는 패킷 세만틱과 시스템 모델이 소개된다. III장에서는 문제 구성에 대해서 나타났으며, IV장에는 QoS 및 적정 파워 할당 기법을 설명한다. 본 논문에서 제안하는 기법의 비교 및 성능 평가 내용을 V장에서 나타내었다. VI장에서 제시한 기법의 실

용성에 대해서 언급하였고, 끝으로 VII장에서 본 논문의 결론을 나타내었다.

II. 시스템 모델 및 패킷 세만틱

1. 시스템 모델

그림 1은 시스템 모델을 보여준다. 스트리밍 서버는 셀룰러 망에서 베이스 스테이션(base station) 또는 무선 네트워크 내의 액세스 포인트(access point) 등에 해당하며, 클라이언트는 비디오 스트리밍 서비스를 받는 셀룰러 또는 무선 네트워크의 노드에 해당한다. 각각은 네트워크 트래픽을 수신하기 위한 큐를 가지고 있다. p 와 i 는 각각 패킷 전송 파워와 채널 간섭 + 노이즈를 뜻하며 스트리밍 서버는 채널 간섭과 노이즈 값이 i 일 때 채널 파워 p 값을 이용하여 패킷을 전송한다. 본 논문에서는 그림과 수식을 포함해서 파워의 값을 watt 또는 decibel 로 나타내지 않고, 최소한의 채널 간섭 레벨 i_{min} 에 관계하여 나타낸다. 이는 성공적인 패킷 전송은 절대적인 파워 값 p 에 의존하는 것이 아니라 파워 대비 채널 간섭 + 노이즈 값에 의존하기 때문이다^[10].

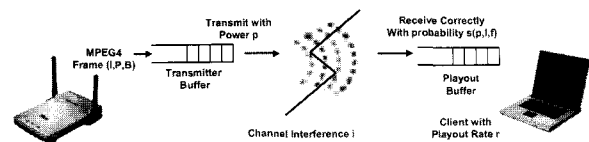


그림 1. 시스템 모델
Fig. 1. System model

2. 패킷 세만틱

이전의 많은 연구들이 채널 파워 제어를 통해서 패킷 손실을 감소시켜 스트리밍 서비스의 QoS의 증대를 꾀하였다. 본 연구는 기존의 파워 제어 기법에 프레임의 중요성을 고려함으로써 스트리밍 서비스의 QoS를 더욱 더 극대화 시키고자 한다. 그러나 이를 위해서는 두 가지 기술적인 문제가 존재한다. 먼저 프레임의 중요성을 정확히 파악할 필요가 있다. 두 번째로 QoS를 극대화하기 위해 적절한 파워를 할당하는 기법이 필요하다. 본 연구에서는 프레임의 중요성을 정량화 하는 패킷 세만틱 개념을 도입하였다^[2, 5~6]. 그림 2는 각 프레임간의 의존정보를 보여준다.



그림 2 프레임간의 의존 상관관계
Fig. 2. Dependency among frames

표 1. 실험에서 사용된 기호 요약 정보
Table 1. Notations

기호	설명
$f_{j,k}^i$	i^{th} GoP의 j^{th} 프레임의 k^{th} 레이어
$P(f_{j,k}^i)$	$f_{j,k}^i$ 를 디코딩하기 위한 프레임들
$C(f_{j,k}^i)$	$f_{j,k}^i$ 에 의존적인 프레임들
$D(f_{j,k}^i)$	$f_{j,k}^i$ 손실로 인한 QoS 저하 정도
$Q(f_{j,k}^i)$	$C(f_{j,k}^i)$ 손실로 인한 QoS 저하 정도
$z(f_{j,k}^i)^i$	$f_{j,k}^i$ 의 사이즈와 지수 상수 1
(n,i,b,f)	시스템 상태
$H_k(n,i,b,f)$	시간 k 에, n 개의 패킷을 보내는 비용
P_{opt}	적정 파워 레벨
$T = \{0, \dots, p_{max}\}$	전송 파워의 적용 가능 범위
q_{ij}	채널 간섭이 i 에서 j 로 변할 확률

그림 2에서 I 프레임간의 거리와, 이전 I (또는 P) 프레임과 다음 I (또는 P) 프레임 사이의 거리를 이용하여 GoP(13,3)으로 표시할 수 있다. 패킷의 중요함은 패킷이 담고 있는 프레임의 종류와 Group of pictures (GoP) 내의 프레임의 위치에 따라 다르다. 만약 I 프레임이 없다면 같은 GoP 내의 P 프레임이나 B 프레임을 성공적으로 전송받아도 소용이 없다. 표 1은 본 논문에서 프레임의 중요성 계산 및 파워 할당을 위해 사용된 수식들의 표기들의 요약된 정보들을 보여준다.

본 논문에서 비디오는 계층적으로 부호화되었다고 가정한다. $f_{j,k}^i$ 는 i 번째 GoP의 j 번째 프레임의 k 번째 레이어 정보를 뜻한다. 프레임의 의존도는 화살표(\rightarrow)로 표시한다. 예를 들어 $A \rightarrow B$ 는 A가 제대로 디코딩되기 위해서는 B 프레임 정보가 있어야 한다는 것을 의미한다. 이미지의 화질 정보를 위해 본 연구에서는 이미지 모델을 개발하였다. 이미지는 2차원의 픽셀들이 나열되어 있는 형태이며 픽셀의 수에 따라 화질의 급을 나눈다. 예를 들면 HD: 1024*768, CIF: 352*288 등이 있다. 각각의 비트는 대개 24bit의 크기를 가진다. 패킷의 중요성을 정의하기 위해 패킷의 기여도를 먼저 정의한다. $f_{j,k}^i$ 가 제대로 전송되고 해당 프레임이 디코딩

될 때 화면의 (x, y) 의 위치에서 픽셀 값을 $f_{j,k}^i(x,y)$ 라 하고, $f_{j,k}^i$ 가 제대로 전송되지 않거나 제대로 디코딩되지 않았을 때의 픽셀 값을 $\widehat{f_{j,k}^i}(x,y)$ 이라 하면, 패킷의 기여도 $D(f_{j,k}^i)$ 는 다음 식 (1)과 같이 정의된다.

$$10\log_{10}\left(\frac{\sum_{x=0}^{W-1}\sum_{y=0}^{H-1}|\widehat{f_{j,k}^i}(x,y)-f_{j,k}^i(x,y)|^2}{W \times H} + 1\right) \quad (9)$$

H 와 W 는 각각 화면의 높이와 너비를 나타낸다. 패킷의 기여도 $D(f_{j,k}^i)$ 는 프레임 또는 레이어가 손실이 났을 때, 해당 j 번째 프레임의 디코딩 시간 때 나타나는 화질의 저하된 정도를 나타낸다. 패킷의 중요도 $Q(f_{j,k}^i)$ 프레임 또는 레이어 ($f_{j,k}^i$)가 손실이 났을 때 해당 프레임이 표시(display)될 때 나타나는 화질의 저하된 값, $D(f_{j,k}^i)$ 뿐 아니라 해당 프레임 또는 레이어 ($f_{j,k}^i$)에 의존하는 프레임들 또는 레이어들의 화질 저하를 포함한다. 프레임 중요도는 다음 식 (2)와 같이 정의된다.

$$\sum_{n \in C(f_{j,k}^i)} 10\log_{10}\left(\frac{\sum_{x=0}^{W-1}\sum_{y=0}^{H-1}|\widehat{f_{j,k}^i}(x_n,y_n)-f_{j,k}^i(x_n,y_n)|^2}{W \times H} + 1\right) + D(f_{j,k}^i) \quad (2)$$

n 은 $f_{j,k}^i$ 에 의존적인 프레임들을 가리킨다. $f_{j,k}^i$ 가 제대로 전송되지 않거나 제대로 디코딩되지 않으면 해당 프레임 또는 레이어뿐 아니라 GoP 내의 모든 의존하는 프레임 또는 레이어들이 영향을 받는다. $Q(f_{j,k}^i)$ 는 $f_{j,k}^i$ 의 손실로 인해 GoP 내에서 야기되는 화질의 전체 저하된 정도를 나타낸다.

III. 채널 간섭 모델링 및 시스템 상태

1. 채널 간섭 및 노이즈 모델링

무선 네트워크 채널에 적절한 채널 간섭 모델링을 하는 것은 매우 중요하다. 이는 채널 간섭 및 노이즈가 파워와 더불어 패킷의 충돌 및 올바른 전송을 결정하기 때문이다. 패킷의 충돌은 받은 패킷의 전송 신호의 크기와 채널 간섭 뿐 아니라 해당 노드 주위의 진행 중인 모든 통신의 신호세기의 합을 고려해야 한다. 따라서 패킷 충돌은 신호 대 채널 간섭 및 주위 노드들의 노이즈

즈들의 합의 비, 즉 signal to interference and noise (SINR) 로 나타낼 수 있다. 이와 같은 채널 모델링을 additive interference 모델링이라 한다. Iyer 등은 각 채널 모델링의 기법을 비교, 분석하였으며, 채널 모델링은 최소 additive interference 정도는 되어야 정확한 결과를 기대할 수 있다고 나타내었다^[6]. 본 논문의 채널 간섭은 가우시안 분포를 따르고 있으며 (linear addition of gaussian distribution of interference) 각각의 시간 슬롯(time slot) 마다 주위 노드들로 인해 노이즈가 발생하도록 되어 있다. 패킷의 전송 성공 여부는 각 채널 간섭 및 노이즈 값의 합과 그때의 전송 파워 값의 비로 결정된다. 본 논문에서 채널 상태는 이산 시간 (discrete time domain) 에 따라서 정의되며 채널 상태는 기억되지 않는, 즉 memoryless 하다고 가정한다^[6].

2. 패킷의 성공적인 수신 확률의 모델링

본 논문에서는 패킷의 성공적인 전송 확률, P_{succ} 를 전송 파워, 채널 간섭 및 노이즈, 그리고 패킷의 크기로 구성하고 있다. f 와 $z(f)$ 를 각각 해당 패킷 및 해당 패킷의 사이즈라고 정의하며 본 논문의 성공적인 패킷 전송 확률은 다음 식 (3)과 같이 정의한다^[7].

$$P_{>} = \frac{p}{\alpha p + \beta i} \cdot \frac{1}{z(f)^l}, \alpha \geq 1, \beta > 0 \quad (3)$$

$\alpha \geq 1$ 그리고 $\beta > 0$ 으로 설정한 것은 $\frac{p}{\alpha p + \beta i}$ 값이 1 이하인 것을 보장해 주는 역할을 하며, 1 은 패킷 사이즈와 성공적인 패킷 전송 확률의 비선형적인 관계를 보완해주는 지수 상수 이다. 본 논문에서는 α, β 값을 각각 1 로 설정하였으며, 1 값을 0.1 로 설정하였다. 그러나 이러한 값들은 시스템이나 실험 환경, 채널 상태, 움직이는 속도, 이용 가능한 대역폭 등에 따라 바뀔 수 있다.

IV. 적정 파워 값과 QoS

1. 문제 형성

본 연구에서 제안하는 시스템의 상태는 (n,i,b,f) 로 구성되며, n,i,b,f 는 각각 서버에서 보내야할 패킷의 수, 그때의 채널 간섭 i , 클라이언트에서 받아들인 패킷의 수, 그리고 현재 보내야 하는 패킷 f 를 나타낸다. 본 연구에서는 다이내믹 프로그래밍 접근을 통해 시간 k 일

때 시스템 상태가 $(n+1,i,b,f)$ 것을 가정하고 문제를 형성한다. $H_k(n+1,i,b,f)$ 는 서버가 $n+1$ 개의 패킷을 보내는 데에 들어가는 총 비용(cost)라 정의한다. 총 비용은 서버가 패킷을 보낼 때 사용하는 파워의 양과 그리고 해당 패킷이 성공적으로 전송 또는 실패함에 따라 발생하는 QoS의 저하 값을 말한다. 예를 들어 만약 스트리밍 서버가 중요도가 50이라는 값을 가지는 패킷 f 를 100이라는 파워를 써서 전송하고, 이때 패킷이 성공적으로 전송 되었을 경우에는 총 비용은 100 이며, 패킷이 성공적으로 전송이 되지 않았을 경우에는 총 비용이 150 이 되는 것이다. 따라서 비용을 줄이는 것은 파워 소모를 줄임과 동시에 QoS저하도 최소화하는 것이다. 본 연구에서 적용된 다이내믹 프로그래밍의 목적은 총 파워 소모와 QoS저하를 최소화 하는 적절한 파워 값을 매 시간 슬롯 k 때마다 발견하는 것이다. 시간 슬롯 k 일 때 채널 간섭이 i 이고 이때 보내야 할 패킷이 f , 다음 시간 슬롯 $k+1$ 일 때 채널 간섭이 j 라고 하고 이때 보내야 할 패킷이 f' 이라 가정하자. 그럼 현재 시간 k 일 때의 시스템 상태 $(n+1,i,b,f)$ 는 패킷의 성공적인 전송 여부에 따라서 다음 시간 슬롯 $k+1$ 일 때 시스템 상태는 $(n,j,b+1-r,f')$ 또는 $(n,j,b-r,f')$ 이 된다. 이때 r 은 클라이언트에서의 재생 속도를 나타낸다. 이때 만약 패킷 손실이 일어난다면 비용 $Q(f)$ 가 발생하게 된다. 이와 같은 과정은 다음 식 (4)로 나타낼 수 있다^[7].

$$H_k(n+1,i,b,f) = P_{>} \cdot H_{k+1}(n,i,b+1-r,f') + (1-P_{>}) \cdot H_{k+1}(n,i,b-r,f') \quad (4)$$

이미 언급했다시피 비용은 파워 소모량과 QoS의 저하 값으로 이루어진다. 패킷 손실을 줄이기 위해서 일반적으로 파워 레벨을 올리는 경우가 많다. 즉 파워 값을 감소해서 전송한다면 패킷 손실이 증가할 가능성이 높아진다. 그러나 파워와 채널 간섭은 문제를 더욱 어렵게 한다. 파워 레벨을 일정 크기 이상으로 증가 시키면, 채널 간섭으로 인해 패킷 손실의 확률이 증가하게 된다. 따라서 해당 패킷의 손실로 인한 QoS의 저하 값을 올바르게 정량화 하고 이와 함께 채널 간섭과 노이즈를 고려하여 올바른 파워를 할당해야 한다. 본 연구에서는 채널 간섭이 Markov 특징을 띄고 변화한다고 가정하였다. 비용을 최소화 하면서 $n+1$ 개의 패킷을 모두 보내기 위한 비용은 다음 식 (5)와 같이 나타낼 수 있다^[7].

$$\begin{aligned}
H_k(n+1, i, b, f) = & \min_{p \in T} \{ p + \\
& P_{succ} \cdot H_{k+1}(n, i, b+1-r, f') + \\
& (1 - P_{succ}) \cdot (H_{k+1}(n, i, b-r, f') + Q(f)) \}, \\
T = & \{0, \dots, p_{max}\} \quad (5)
\end{aligned}$$

현재 시간 k 일 때 시스템 상태는 (n+1, i, b, f)로 표현되며, 이때 파워 p 값을 사용하여 패킷을 전송했을 경우 패킷이 성공적으로 보내어졌을 경우는 비용은 파워 p 만 사용한 셈이 되고, 만약 패킷 전송이 실패하였을 경우는 비용 Q(f)가 추가적으로 발생한다. 식 (5)에서 T 는 이용 가능한 파워의 레벨을 나타내며, 이는 파워 적용을 일정 범위 내에서 사용할 수 있게 하기 위함이다.

2. 적정 파워 결정

파워의 증가가 채널 간섭 및 노이즈를 유발할 수 있기 때문에 큰 파워를 사용한다 하더라도 항상 QoS가 증가하는 것은 아니다. 따라서 세심한 주의를 기울여 각 시간 슬롯 마다 적정한 파워를 할당할 필요가 있다. P_{succ} 를 적용하여 최소 비용을 구하는 H_k 을 다시 정리하면 다음 식 (6)과 같다.

$$\min_{p \in T} \{ p - P_{succ} X(n) + Y(n) \} \quad (6)$$

$X(n)$ 과 $Y(n)$ 는 다음 식 (7), (8)과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned}
X(n) = & \sum_{j \in I} q_{ij} \{ (H_{k+1}(n, i, b-r, f') - \\
& H_{k+1}(n, i, b+1-r, f') + Q(f)) \} \quad (7)
\end{aligned}$$

$$Y(n) = \sum_{j \in I} q_{ij} \{ (H_{k+1}(n, i, b-r, f') + Q(f)) \} \quad (8)$$

최소 비용의 H_k 는 H_k 를 파워 값 p 에 대하여 미분하여 $\frac{\partial}{\partial p} H_k = 0$ 을 만족하는 p 값을 구하면 된다. 이러한 과정은 다음의 정리 1에서 나타내었다.

정리 1. 시스템 상태가 (n, i, b, f)일 때, 전체 패킷을 전송하면서 비용을 최소화 하는 파워의 값은 다음 식 (9)와 같다^[7].

$$\begin{cases} \frac{-\beta i + \sqrt{\beta i \cdot X(n)}}{\alpha}, & \text{if } i \leq \frac{X(n)}{\beta \cdot z(f)^l} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (9)$$

증명)

서버에 존재하는 모든 패킷을 비용을 최소화 하면서 보내기 위한 $H_k(n, i, b, f)$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$\min_{p \in T} \{ p - s(p, i, z) \cdot X(n) + Y(n) \}$$

여기에 $P_{succ} = \frac{p}{\alpha p + \beta i} \cdot \frac{1}{z(f)^l}$ 를 대입하여 파워 값 p 에 관하여 미분을 하여, $\frac{\partial}{\partial p} H_k$ 에 관해서 다음과 같은 식 (10)을 구할 수 있다.

$$\frac{\alpha^2 p^2 + 2\alpha\beta pi + \beta^2 i^2 - \beta i \frac{1}{z(f)^l} X(n)}{(\alpha p + \beta i)^2} \quad (10)$$

위 식은 H_k 식의 기울기를 나타내는 식이다. $\frac{\partial}{\partial p} H_k$ 을 최솟값을 가지게 하는 p 값은 비용 H_k 를 최소화 할 수 있는 파워 값을 나타낸다. $\frac{\partial}{\partial p} H_k$ 식의 분자는 p에 관한 2차 함수 U 모양의 포물선의 나타내므로, 조건 $\alpha^2 p^2 + 2\alpha\beta pi + \beta^2 i^2 - \beta i \frac{1}{z(f)^l} X(n) = 0$ 을 만족하는 p 값을 구하면 다음 식 (11)과 같다.

$$p = -\beta i \pm \sqrt{\frac{\beta i \cdot X(n)}{z(f)^l}} \quad (11)$$

파워 값 p 는 음수가 될 수 없으므로, p 값은 $-\beta i + \sqrt{\frac{\beta i \cdot X(n)}{z(f)^l}}$ 이다.

따라서 적정 파워 값, p_{opt} 는 식 (9)과 같이 정의된다. ■

V. 성능 평가

1. 실험 세팅

이번 장에서는 본 연구에서 제안하는 기법의 실험 환경에 대해서 설명한다. 본 논문에서 제안하는 기법은

표 2. 전송률에 따른 SINR threshold
Table 2. SINR threshold based on the rate

Rate (Mbps)	SINR Threshold
9	7.67
17	19.68
36	18.80
54	24.56



그림 1. 실험에서 사용된 동영상의 샘플 장면
 Fig. 1. Sample scene of the video clips.

표 3. 실험에서 사용된 동영상의 기본 정보
 Table 3. Basic information of the video clips.

비디오 클립	Starcraft	Suzie	Chaire
압축 타입	MPEG-4 FGS	H.264/MPEG-4 AVC	MS MPEG-4 V3
프레임 레이트 (frame/sec)	30	30	30
화소	720 * 480	176 * 144	176 * 144
길이(sec)	572	12	10
비트 레이트 (Kbit/sec)	916	476	721
평균 프레임 크기 (Byte)	3,819	1,140	1,879
프레임 크기 분산	12,519,-	2,791,-	6,638,-
GoP 구조	GoP(30,3)	GoP(30,3)	GoP(250,1)
인코딩 프로그램	MEncoder ^[18-19]		

네트워크 시뮬레이터 (NS version 2)^[21]을 이용해 수행되었으며, 네트워크 환경은 IEEE 802.11 b 가 사용되었다. 스트리밍 서버는 TCP와 CSMA/CA 기법을 통해 비디오 데이터를 전송하며, 클라이언트에서의 패킷 수신은 SINR 을 통해 전송 파워 값이 채널 간섭 및 노이즈의 특정 비율보다 높을 때 더 높은 값의 수신 확률을 가지도록 설계되었다. 시뮬레이터의 default SINR 특정 값 (threshold) 은 다음 표 2에 나타나있다.

네트워크 대역폭으로 인해 본 연구에서 실험하는 기법이 제한되지 않도록 충분한 대역폭을 각 클라이언트에(954 Kbps)를 할당하였으며, 큐 사이즈 (10000) 또한 충분한 값을 할당하였다. 각 비디오의 길이는 60분으로 설정되었으며, 각 프레임이 전송될 때마다 성능 평가로 PSNR (dB) 값이 측정되었다. 본 논문에서는 성능 평가를 위해 3가지 다른 기법이 수행되었다. 이는 일정 파워 할당 기법 (constant power allocation: CPA), 채널 간섭 및 노이즈 기반 파워 할당 (Interference aware power allocation: IAPA) 그리고 패킷 세만틱 기반 파워 할당 기법(semantics aware power allocation: SAPA) 을 포함한다. CPA 기법에서는 모든 비디오 스

트리밍을 보낼 시에 똑같은 파워를 사용한다. IAPA 기법은 채널 및 노이즈에 따라 파워 레벨을 그에 맞게 적용하여 다른 노드에 간섭은 최소화 하면서 패킷 손실을 줄여간다. SAPA 기법은 채널 간섭 및 노이즈 뿐 아니라 보내고자 하는 패킷의 세만틱 정보에 따라 그 파워를 제어한다. 본 연구에서는 공정한 평가를 위해 각 기법이 사용한 총 파워의 양은 같도록 설정되었다. 본 논문의 실험 방법은 4가지로 구성된다. 먼저 보내고자 하는 데이터의 패킷 세만틱 정보를 계산한다. 두 번째로 도출된 세만틱 정보에 따라 파워를 할당하여 해당 기법마다 파워 소모 및 PSNR 값을 출력한다. 세 번째로 각 기법에 따른 패킷 및 프레임 손실 정도와 QoS를 측정하며 마지막으로 세 가지 기법에 따른 파워의 효율성을 측정한다. 그림 2는 본 연구에서 사용된 비디오 동영상의 샘플 장면을 보여준다.

서버에서 적절한 파워 할당을 통해 패킷을 전송하면 클라이언트에 설치된 디코딩 엔진은 네트워크를 통해 들어오는 패킷을 다시 조합하고 이미지를 구축하여 플레이를 시작한다. 그리고 화질 평가를 위해 원본 비디오 파일과 비교하여 디코딩된 프레임마다 PSNR 값을

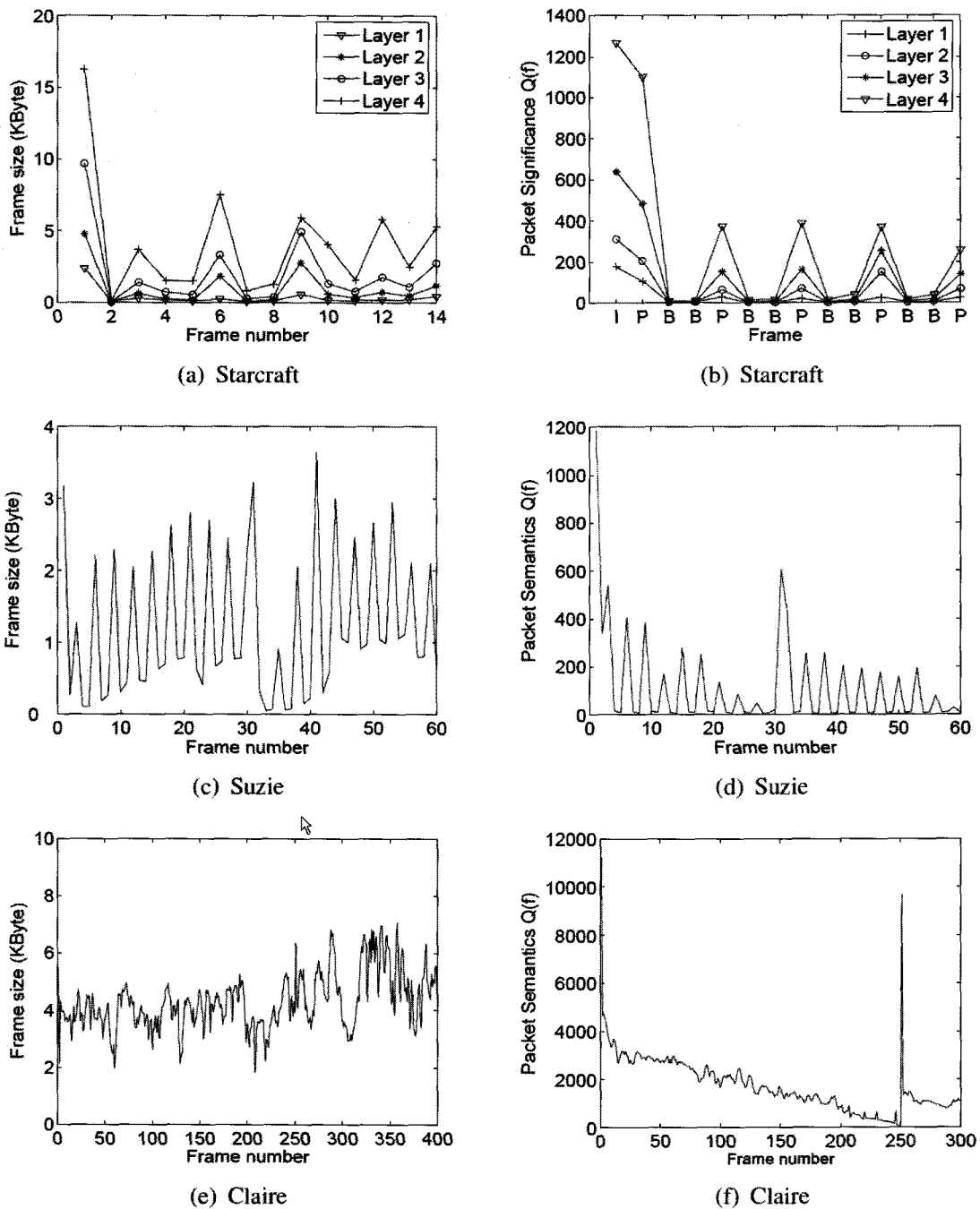


그림 3. 각 동영상의 비트 전송률과 해당 프레임의 세만틱 정보
 Fig. 3. Frame size and significance distribution.

출력한다. 클라이언트에서는 서비스가 시작된 후 2초 후에 화면에 재생을 시작한다. 이때 전송된 패킷의 순서가 재생 순서와 맞지 않을 경우나 또는 프레임을 조합하기 위한 패킷들이 다 도착하지 않은 경우 해당 프레임을 구성하는 패킷들은 데드라인까지 큐에 머물러 있게 되며, 그 이후에는 손실된 것으로 간주한다. 이는 하나 이상의 패킷을 이루는 프레임의 패킷이 전송되지

않거나 또는 손상되어 전송되어서 제대로 디코딩 과정을 거칠 수 없는 경우에도 해당한다. 프레임 손실 등의 이유로 클라이언트에서 제대로 해당 프레임이 제대로 디코딩 될 수 없는 상황일 경우, 디코딩 엔진에서는 이전 프레임을 이용한 손실 숨기기 기법 (previous frame concealment scheme)이 사용된다^[20].

2. 패킷 세만틱 분포

본 논문에서 사용된 동영상의 기본 정보가 표 3에 나타나 있으며, 사용된 동영상은 공개적으로 이용가능하다^[17]. 비디오 클립들은 MEncoder 로 인코딩 되었다^[9, 23]. 본 연구에서 사용된 채널 간섭은 가우시안 분포를 따르며 $\mu=50$, $\sigma=20$ 을 사용하였다. 각 파워 제어 기법은 최대 500 이내에서 제어되어지도록 하였다. 동영상당 프레임의 평균 크기 및 분산은 각각 (3,819 Byte, 12,510,340 Byte²), (1,540 Byte, 2,791,510 Byte²), (879 Byte, 638,571 Byte²)에 해당하며, 각각의 비트 전송률은 916, 476, 211 Kbit/sec 이다. 각 동영상마다 다른 인코딩 기술 및 GoP 구조를 가지도록 설정하여 본 논문에서 제안하는 기술의 유용함을 볼 수 있도록 하였다. Starcraft 동영상의 경우 MPEG-4 fine granularity scalability (FGS) 로 인코딩 하였으며, I 프레임 간의 간격이 30, P 프레임간의 간격이 3, 그 사이에 B 프레임이 매우는 GoP(30,3) 의 구조를 가지도록 하였다. 계층적으로 인코딩된 비디오의 스트리밍 기법에서는 레이어 선택의 과정이 필요한 과정인데, 이는 다계층 (multi-layer)으로 인코딩된 비디오 파일에서 이용 가능한 대역폭에 맞추어서 최대 몇 계층까지 보낼지를 결정하는 과정을 말한다. 단일 계층으로 인코딩된 비디오를 전송하는 스트리밍 서비스에서는 이와 같은 과정은 생략되어진다. Suzie 동영상의 경우 H.264/ MPEG-4 AVC 로 인코딩 되었으며, GoP(30,3)의 구조를 가진다. Claire 동영상의 경우 Microsoft MPEG-4 version 3 (MP43)로 인코딩 되었으며, GoP(250,1)의 구조를 가진다. 그림 3(a), (c) (e)는 각 프레임 별 사이즈를 보여주며, 그림 3(b), (d), (f) 는 해당 프레임의 패킷 세만틱 정보를 보여준다. Starcraft 동영상의 경우 베이스 레이어 (base layer) 와 3개의 상위 레이어 (enhanced layer) 로 구성되어 있으며 각 레이어의 정보는 다음 표 4에 나타나 있다.

그림 3에서 볼 수 있듯이 I 프레임이 위치한 경우 그 사이즈 그리고 패킷 세만틱 값 모두 매우 큰 것을 알

표 4. 각 레이어에 할당된 대역폭
Table 4. Bandwidth allocated for each layer.

Layer	대역폭	누적 대역폭
1	76.8 (Kbit/sec)	76.8 (Kbit/sec)
2	153.6 (Kbit/sec)	230.4 (Kbit/sec)
3	230.4 (Kbit/sec)	460.8 (Kbit/sec)
4	439.2 (Kbit/sec)	900 (Kbit/sec)

수 있다. 이는 I 프레임이 씬(scene) 정보를 모두 압축해서 사이즈가 큰 것 뿐 아니라, GoP 내의 모든 프레임들이 올바르게 디코딩되기 위해 I 프레임에 의존하는 것에 기인한다. 그림 3(a), (b)에서 볼 수 있듯이 Starcraft 동영상의 경우 각 프레임 당 4개의 값이 존재한다. 이는 4개의 레이어 각각의 값을 보여주는 것이며, 각각의 레이어는 프레임의 종류와 크기, GoP 내의 위치에 따라 다른 패킷 세만틱 정보 값을 가진다. 그림 3(d) 보면 각각의 프레임의 종류에 따른 패킷 세만틱 정보를 좀 더 쉽게 볼 수 있다. 그림에서 볼 수 있듯이, P 프레임의 경우 GoP 내에서 앞에 존재할수록 큰 값을 가지는데, 이는 GoP 내에서 앞에 위치할수록 뒤의 P 프레임 또는 B 프레임에 영향을 많이 미치기 때문이다. B 프레임의 경우 값 자체가 작아서 앞에 있으나 뒤에 있으나 그 차이가 뚜렷하지 않다. 그림 3(f)의 동영상의 경우 GoP 길이가 250 으로 세팅되어 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 여기서도 I 프레임의 경우 항상 가장 큰 값을 가지며 GoP 내에서 앞에 존재하는 P 프레임의 경우 뒤에 나오는 P 프레임보다 상대적으로 대부분 큰 값을 차지하는 것을 볼 수 있다. Claire 동영상의 경우 B 프레임이 존재하지 않아 Suzie 동영상과는 다른 패턴을 볼 수 있음을 확인할 수 있다.

3. 적정 파워 값 할당 및 QoS

이번 장에서는 각 기법에 따른 전송 파워의 할당 결과 및 그에 따른 클라이언트의 QoS를 보여준다. CPA 기법의 경우 항상 일정한 파워를 할당한다. 따라서 CPA 기법은 채널 상태의 변화에 따라 능동적으로 대처하지 못할 뿐 아니라, 파워 사용 효율도 아주 낮다. IAPA 기법의 경우 전송 파워는 채널 간섭 및 노이즈, 그리고 보내고자 하는 프레임의 사이즈를 고려하여 파워를 할당한다. SAPA 기법의 경우 앞서 언급된 것 뿐 아니라 패킷 세만틱 정보까지 합쳐서 고려해 파워를 할당한다. 그림 4는 각 기법에 따른 파워 할당 상태를 보여준다. 그림 4(a), (c)에서 볼 수 있듯이, SAPA 기법의 경우 매 30번째 프레임인 (I 프레임)을 보낼 때에는 아주 높은 파워를 사용함을 알 수 있다. 그리고 그 파워는 조금씩 감소하는 경향을 볼 수 있는데, 이는 프레임의 중요성이 그만큼 감소하는 것을 의미한다. 그림 4(e)는 GoP(250,1) 구조를 가지는 동영상을 전송할 때 SAPA 기법의 파워 할당 상태를 보여준다. 그림 4(e)의 경우 B 프레임이 없어서 파워 할당의 패턴이 더욱 쉽게 두드러

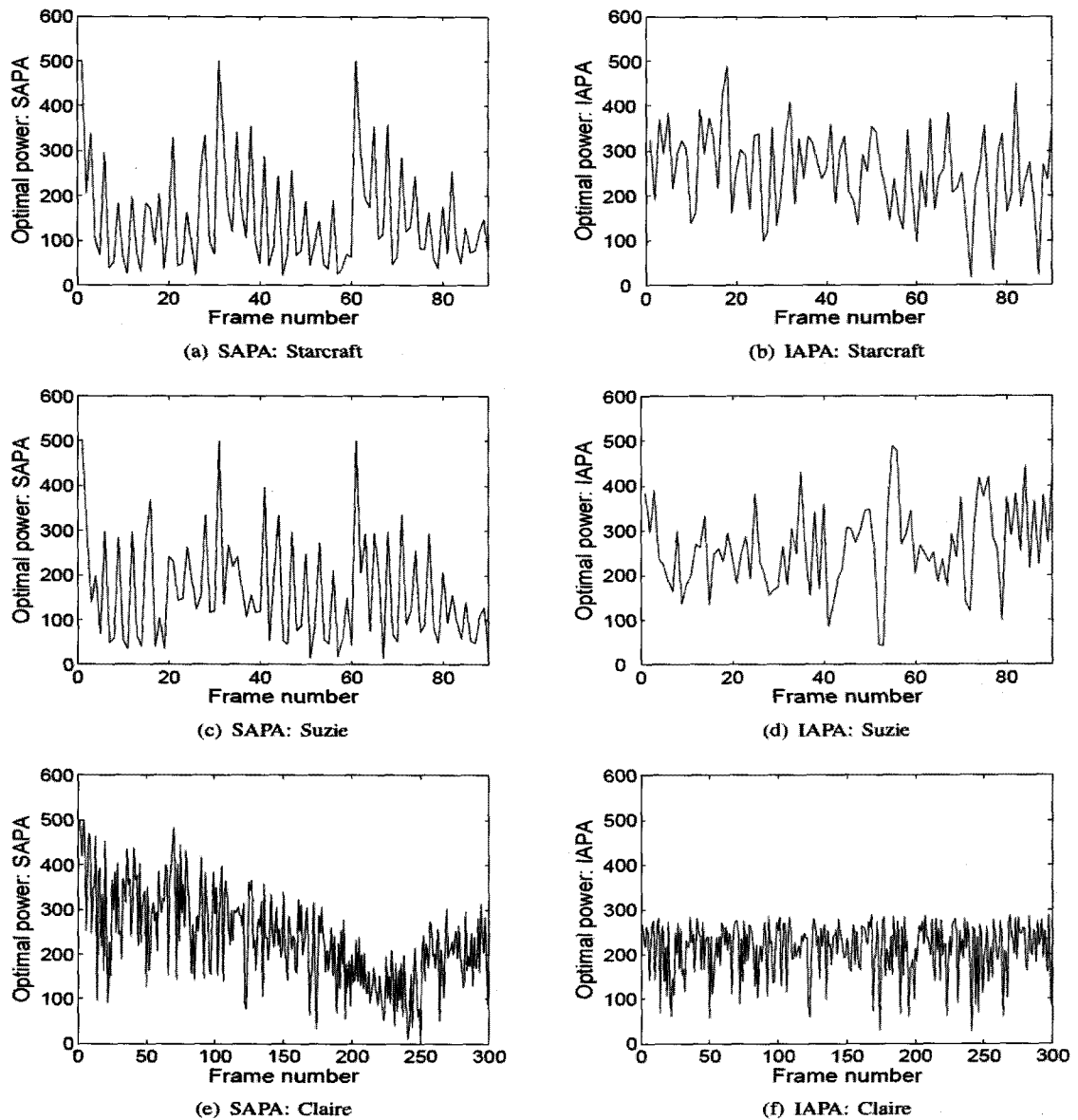


그림 4. 각 기법에 (SAPA, IAPA) 따른 파워 할당 결과

Fig. 4. Optimal power level based on each scheme (SAPA, IAPA).

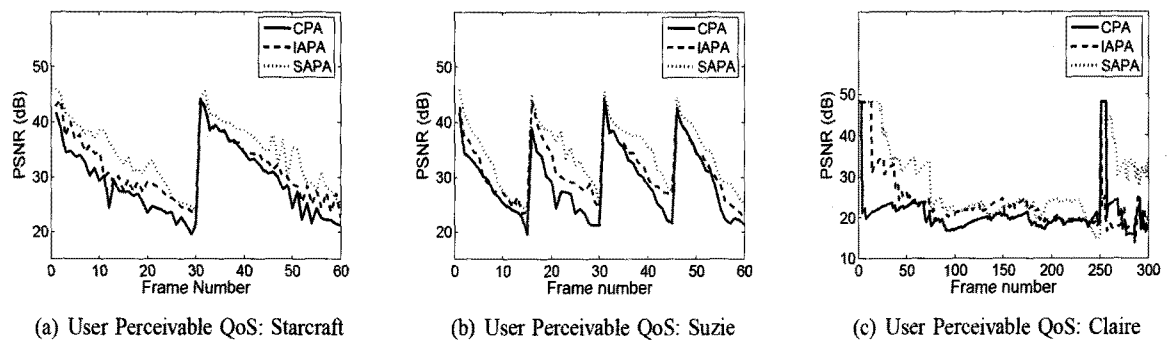


그림 5. 각 파워 할당 기법에 따른 QoS

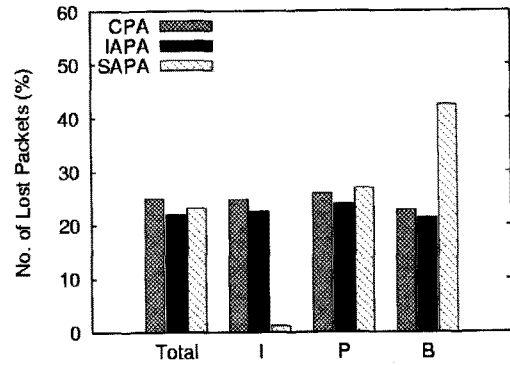
Fig. 5. QoS over the different power allocation scheme.

짐을 볼 수 있다. 전체적으로 I 프레임(1번 및 250번 프레임)의 경우 아주 높은 값을, 그리고 그 뒤에 보내어지는 프레임 일수록 할당 되는 파워의 값이 조금씩 더 감소하는 경향을 띤다. 그림 4(b), (d), (f) 의 경우 IAPA 기법에 따라 동영상상을 전송할 경우에 할당된 파워의 상태를 보여준다. 그림에서 볼 수 있듯이, 채널 간섭 및 노이즈에 따라 파워를 할당하므로, 특별한 패턴을 발견할 수 없다. 본 논문에서 CPA 기법의 경우는 항상 일정 값으로만 파워를 할당하므로 그래프는 생략되었다.

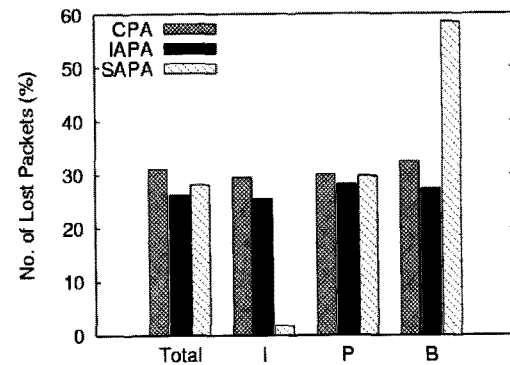
그림 5는 각 기법에 따른 QoS 결과를 보여준다. 그림에서 볼 수 있듯이 SAPA 기법의 경우 다른 두 기법 IAPA 나 CPA 기법에 비해 높은 PSNR 값을 보여준다. 이는 SAPA 기법이 채널 간섭 및 노이즈와 함께 패킷 세만틱을 정보를 적절히 고려하여 전송 파워를 할당한 것에 기인한다. IAPA 기법은 CPA 기법에 비해 조금 더 높은 PSNR 결과를 보여주기는 그 차이가 크지 않다. 이는 멀티미디어 비디오 프레임은 각각에 따라 QoS에 미치는 영향이 다르기 때문에, 비록 패킷 손실이 감소한다 하더라도 항상 QoS의 증가로 이어지지 않기 때문이다.

4. 패킷 손실 및 QoS

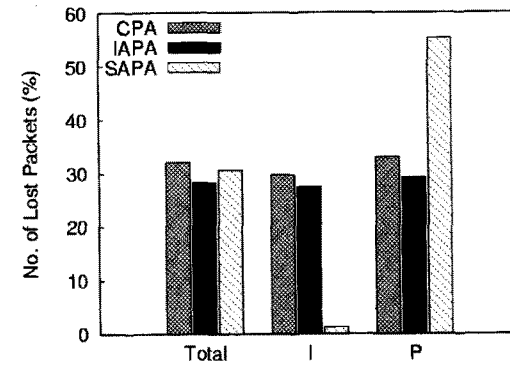
이번 장에서는 각 기법에 따른 패킷의 손실 비율을 조사한다. 그림 6은 각 기법에 따른 패킷 손실의 비율을 프레임 별로 보여준다. 먼저, 각 기법 당 총 패킷 손실을 보면 IAPA 기법이 가장 낮은 수치를 보여준다. SAPA 기법이 조금 더 높은 수치를 보여주며, CPA 기법이 가장 나쁜 성능을 보여준다. 이와 같은 현상은 인코딩 방법이나 GoP 구조에 상관없이 모두 동일한 결과를 보여준다. 그림 5에서 보았다시피 SAPA 기법이 나머지 기법들보다 더 낮은 QoS, 즉 높은 PSNR 값을 보여주었다. 이는 각 프레임 당 패킷 손실을 보면 그 이유를 알 수 있다. 그림 6에서 각 프레임 당 패킷 손실을 보면, SAPA 기법의 경우 I프레임의 손실은 매우 낮은 수치를 보여주며, P 프레임의 경우 조금 더 높은, 그리고 B 프레임의 경우 매우 높은 손실 수치를 보여준다. IAPA 기법이나 CPA 기법의 경우 I 프레임, P 프레임, B 프레임 골고루 비슷한 수치의 손실 비율을 보인다. CPA 기법이 IAPA 기법에 비해 좀 더 높은 손실 비율을 보여준다. SAPA 기법의 경우 의도적으로 더 중요한 패킷의 전송을 위해 더 많은 파워를 할당하여, I 프레임의 전송 성공률을 향상 시킨 것을 알 수 있다. 본 연구



(a) Starcraft: Information Loss (%)



(b) Suzie: Information Loss (%)



(c) Claire: Information Loss (%)

그림 6. 각 동영상의 패킷 손실 통계
Fig. 6. Packet loss statistics over each video clips.

의 목적은 패킷이나 프레임 손실을 줄인다는 것에 있지 않고, 클라이언트가 느끼는 멀티미디어의 화질을 극대화하는 것이다. SAPA 기법은 성공적으로 더 낮은 QoS를 보여준다.

5. 파워 사용의 효율성

이번 장에서는 파워 소모와 QoS에 대한 측면에서 조사한다. 즉 같은 PSNR 값을 가지기 위해서 SAPA 기법이 다른 기법에 비해 얼마만큼의 파워를 절약할 수 있는

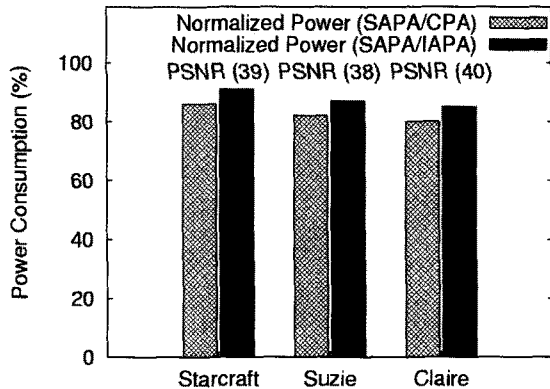


그림 7. 같은 PSNR 값을 가질 때 SAPA 기법의 파워 효율성

Fig. 7. Power efficiency over the same PSNR in SAPA scheme.

가를 조사하였다. 그림 7은 각 기법에 따라 같은 PSNR 값을 가지 때 소모되는 파워에 대해서 보여준다. 각 동영상의 PSNR 값은 각각 39, 38, 40 (dB) 에 해당한다. 그림에서 볼 수 있듯이, 각 동영상에 따라 같은 PSNR 값을 가지기 위해 SAPA 기법은 CPA 기법과 IAPA 기법의 Starcraft: (86%, 91%), Suzie: (81%, 85%), Claire: (80%, 83%) 만을 사용하였다. 이는 본 논문이 제안하는 SAPA 기법이 효율적으로 전송 파워를 사용하는 것을 보여주는 예이며, 파워 할당 시에 패킷 세만틱을 고려하는 것의 유용함을 입증하는 것이다.

VI. 파워 적용 오버헤드

실시간 멀티미디어 응용프로그램에서 비디오 프레임들은 온라인상에 실시간으로 생성되고 전송되므로 본 연구에서 제안하는 기법 또한 산출된 적정 파워를 실시간으로 적용시킬 필요가 있다. 실제 산출된 적정 파워의 적용은 파워의 크기가 원하는 레벨에 이르기까지 일정 시간의 지연이 뒤따른다. Global System for Mobile communications (GSM) 시스템에서 전송 파워는 slow associated control channel (SACCH) 를 통해 제어된다^[22]. 파워 제어 명령을 받으면 시스템은 매 60ms 마다 한 번에 최고 2dB 만큼 파워를 변화시킨다. 상향 또는 하향 링크에 따라 달리 적용할 수도 있으며, 동시에 적용을 할 수도 있다. Code division multiple access (CDMA) 에서의 파워 적용은 매 1.25ms (초당 800번) 의 한 번에 최고 1dB 만큼의 파워 적용이 이루어질 수 있다^[22]. 본 연구에서의 파워 적용은 GoP 내의 매 프레

임 마다 이루어진다. 초당 최고 30프레임을 사용하였으며 (ATSC 표준), 대부분의 모바일 스트리밍의 경우 초당 프레임 수가 10에서 15프레임 정도인 정도를 감안하면, 본 논문에서 제안하는 전송 파워 기법은 원하는 시간 내에 적용가능하다는 것을 알 수 있다.

VII. 결 론

본 연구에서는 무선 멀티미디어 통신을 위한 새로운 파워 제어 기법을 소개하였다. 현대의 멀티미디어는 시간, 공간 및 신호 대 잡음비(SNR) 축을 기준으로 압축을 수행한다. 이러한 특징으로 인해 멀티미디어의 각 프레임들은 멀티미디어의 QoS에 각기 다른 영향을 미치게 된다. 본 연구에서는 각 프레임이 멀티미디어의 QoS에 미치는 패킷 세만틱 정보를 바탕으로 파워를 할당하는 기법을 제안한다. 패킷 세만틱은 각 프레임이 QoS에 미치는 영향을 정량화한 개념으로 해당 프레임이 손실이 났을 경우에 나타나는 QoS 값의 저하 정도를 수치화 한 것이다. 제시된 패킷 세만틱 정보와 채널 간섭 및 노이즈를 바탕으로 다이내믹 프로그래밍 기법을 이용하여 파워 소모를 최소화 하면서도 QoS를 극대화하는 파워 값을 할당한다. 본 논문에서 제안하는 기법의 성능 평가를 위해 공개된 동영상 클립들을 사용하여 제안하는 기법의 적응성을 평가하였다. 시뮬레이션을 통한 성능 평가를 통해서 다른 기법에 비해 패킷 손실이 더 높게 나타난다 할지라도 QoS를 크게 향상 시키는 것을 발견할 수 있었다. SAPA 기법은 더 중요한 패킷들에 대해 차별적인 보호 기법을 적용함으로써, QoS를 크게 향상시키며, 또한 기존의 기법들에 비해 같은 QoS를 가질 때 약 20% 정도의 파워를 절약할 수 있는 것을 발견하였다.

참 고 문 헌

- [1] H. A. Chan, "Comparing wireless data network standards," in Proc. of AFRICON 2007, Windhoek, South Africa: IEEE, Oct. 2007, pp. 1-15
- [2] Sungwoo Hong, Youjip Won, "Incorporating Packet Semantics in Scheduling of Real-time Multimedia Streaming", In trans. on the Multimedia Tools and Applications, Springer,

- Oct. 2009 (DOI: 10.1007/s11042-009-0386-5)
- [3] P. D. Cuetos, M. Reisslein, and K. W. Ross, "Evaluating the streaming of FGS-encoded with rate-distortion traces," Institute Eurecom, Tech. Rep., RR-03-078, June, 2003.
- [4] P. Chou and Z. Miao, "Rate-distortion optimized streaming of packetized media," *IEEE Trans. on Multimedia*, vol. 8, no. 2, pp. 390 - 404, Apr. 2006.
- [5] S. Hong and Y. won, "Saps: Significance-aware packet scheduling for real-time streaming of layer encoded video," in Proc. of IEEE International Workshop on Data Semantics for Multimedia Systems and Applications (DSMSA2008), Berkeley, CA, USA, Dec. 2008.
- [6] 원유집, 전영권, 박동주, 정제창, "다계층 멀티미디어 스트리밍을 위한 의미기반 패킷 스케줄링," 정보과학회논문지 : 시스템 및 이론, 제33권 제10호, 722-733쪽 2006년 10월
- [7] Sungwoo Hong, Youjip Won, and Dongin Kim, "Significance-aware channel power allocation for wireless multimedia streaming," submitted to the IEEE Transactions on Vehicular Technology, publication, Sept., 2009.
- [8] Z. Ahmad, S. W. Z, and A. Kondo, "Unequal power allocation for scalable video transmission over wimax," in Proc. of IEEE Multimedia and Expo, 2008, pp. 517-520, Hannover, Germany, Jun, 2008.
- [9] X. Kang, Y. Liang, and A. Nallanathan, "Optimal power allocation for fading channels in cognitive radio networks: Delay-limited capacity and outage capacity," in Proc. of IEEE Vehicular Tech. Conference, Marina Bay, Singapore, pp. 1544-1548, May 2008.
- [10] Y. Li, A. Markopoulou, N. Bambos, and J. Apostolopoulos, "Joint power-playout control for media streaming over wireless links," *Trans. on IEEE on Multimedia*, vol. 8, no. 4, pp. 830-843, Aug. 2006.
- [11] D. O'Neill, A. Goldsmith, and S. Boyd, "Cross-layer design with adaptive modulation: Delay, and energy tradeoffs," in Proc. of IEEE Global Telecommunications NEW ORLEANS, LA, USA, pp. 1-6, Nov. 2008.
- [12] 홍성우, 원유집, "무선 통신환경에서 멀티미디어 서비스를 위한 계층 통합 최적화기법," 대한전자공학회 텔레콤, 제 21권, 2호, 19-31, 2005년 12월
- [13] 김도훈, 박찬익, "모바일 단말에서 태스크 상태 정보를 이용한 효율적 CPUUU력관리 방법," 대한전자공학회, 텔레콤, 제21권 2호, 2005년 12월
- [14] D. Wu, S. Ci, and H. Wang, "Cross-layer optimization for packetized video communications over wireless mesh networks," in Proc. of IEEE International Conference on Communications, Beijing, China, pp. 1996-2000, May 2008.
- [15] G. Delgado, V. Frias, and M. Igartua, "Video-streaming transmission with QoS over cross-layered ad hoc networks," in Proc. of SoftCOM 2006, Dubrovnik, Croatian, pp. 102-106, Sept. 2006.
- [16] A. Iyer, C. Rosenberg, and A. Karnik, "What is the right model for wireless channel interference," in Proc. of the 3rd international conference on Quality of service in heterogeneous wired/wireless networks. Waterloo, Ontario, Canada: ACM, August 2006.
- [17] Video traces file [online] available: http://www.dmlab.hanyang.ac.kr/data/mpeg2data/video_traces.htm
- [18] MEncoder. Program for encoding video+audio [online] available: <http://www.mplayerhq.hu/>
- [19] W. Li, "Overview of fine granularity scalability in MPEG-4 video standard," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 11, no. 3, pp. 301 - 317, r. 2001.
- [20] Y. Chen, Y. Hu, O. Au, H. Li, and C. Chen, "Video error concealment using spatio-temporal boundary matching and partial differential equation," *IEEE Trans. on Multimedia*, vol. 10, no. 1, pp. 2 - 15, Jan. 2008.
- [21] The network simulator - ns-2 Information Sciences Institute [online] available: <http://nslam.isi.edu/nslam/index.php/userinformation>
- [22] R. Steele, L. Chon-Chun, and P. Gould, "GSM CDMA One and 3G Systems." John Willey & Sons Ltd, 2001.

— 저 자 소 개 —



홍 성 우(정회원)
 2005년 한양대학교 전자전기
 컴퓨터공학부(학사)
 2005년~현재 한양대학교 전자
 컴퓨터통신 박사 수료.
 <주관심분야 : 컴퓨터, 멀티미디어,
 네트워크>



원 유 집(정회원)
 1990년 서울대학교 전산학과 졸업
 1992년 서울대학교 전산학과 석사
 1997년 미네소타 대학교 전산학과
 박사 졸업.
 1999년~현재 한양대학교 교수
 <주관심분야 : 컴퓨터, 운영체제, 파일시스템, 네
 트워크>