

# 이동 멀티미디어 서비스를 위한 수신버퍼 제어에 관한 연구

正會員 이 태 훈\*, 김 용 득\*\*

## A Study on the Receive Buffer Control Schemes for Mobile Multimedia Services

Tae-Hoon Lee\*, Yong Deak Kim\*\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문에서는 고속 무선채널을 통해 실시간 동영상 정보를 전송할 때 이동 수신측에서 적응적 버퍼제어방법을 사용함으로써 셀 경계에서 핸드오버 등으로 인해 발생하는 지연 스파이크(delay spike)에 대해 효과적으로 대처할 수 있는 방안을 제안한다. 제안한 방법을 확인하기 위해 무선채널의 랜덤오류와 버스트 오류 및 핸드오버 등에 의한 패킷 전송지연 특성을 모델링하고, 본 논문에서 제안한 방식과 기존에 제안된 방식을 패킷 전송지연 모델에 적용하여 지연 및 지연 스파이크에 의한 수신버퍼의 적응도를 비교, 평가하였다. 또한 H.263방식으로 압축한 동영상 데이터를 제안한 알고리즘에 적용해 봄으로서 버퍼지연과 버퍼넘침 발생 등이 기존의 방식에 비해 감소함을 확인하였다.

### ABSTRACT

The paper proposes an effective mechanism hiring the adaptive buffer control schemes on the mobile receiver's side that can resolve the problems of delay spikes caused by the handover process on the cell boundaries when they transmit real-time moving images through the high speed wireless channels. To confirm the effectiveness of the proposed schemes, we have modeled the characteristics of the random errors on the wireless channels, the burst errors and that of the transmission delay by the handover. We also compared the rate of the delay-adaptation of the receive buffers caused by the delay and delay spikes. The comparison was done by testing the suggested schemes against the existing schemes by applying them to the packet delay model. We also could identify the noticeable

\*광주대학교 공과대학 컴퓨터학과

\*\*아주대학교 전자공학과

論文番號:98012-0112

接受日字:1998年1月12日

reduction of the cases of buffer delay and buffer overflow compared with the conventional schemes, by applying the suggested algorithm to the video images compressed by H.263.

## I. 서 론

현재 제공되고 있는 이동통신 서비스는 대부분 음성과 문자정보를 위주로 하고 있지만, 향후 구축되는 제 3세대 무선 통신망인 IMT-2000, GMPCS는 넓은 전송대역 폭을 제공하기 때문에 실시간 영상정보를 포함한 멀티미디어 서비스도 제공 가능해 진다. 그런데 음성과 동영상과 같은 연속 미디어를 실시간으로 전송할 경우에는 전송대역 폭과 전송지연, 지연시간 변이, 미디어의 동기 등이 서비스의 품질에 큰 영향을 준다. 무선채널은 유선에 비해 다중 경로파 및 그늘현상(shadowing) 등으로 인한 수신신호의 감쇄와 셀 경계에서 발생하는 핸드오버때문에 전송 데이터의 랜덤(random) 및 버스트(burst) 오류가 발생하여 전송지연과 지연시간 변이가 심하다. 이로 인해 수신측 단말에서는 버퍼의 오버플로우나 언더플로우가 빈번히 발생하여 수신한 연속미디어의 품질을 저하시킨다.

본 논문에서는 고속 무선채널을 통해 실시간 동영상 정보를 전송할 때 이동 수신측에서 적응적 버퍼제어방법을 사용하게 함으로서 셀 경계에서 핸드오버 등으로 인해 발생하는 지연 스파이크(delay spike)에 대해 효과적으로 대처할 수 있는 방안을 제안한다. 제안한 방법을 확인하기 위해 무선채널의 랜덤오류와 버스트 오류 및 핸드오버 등에 의한 패킷 전송지연 특성을 모델링하고, 본 논문에서 제안한 방식과 기존에 제안된 방식을 패킷 전송지연 모델에 적용하여 지연 및 지연 스파이크에 의한 수신버퍼의 적응도를 비교, 평가하였다. 또한 H.263방식으로 압축한 동영상 데이터를 제안한 알고리즘에 적용해 봄으로서 버퍼지연과 버퍼넘침 발생 등이 기존의 방식에 비해 감소함을 확인하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 무선채널의 특성에 대해서 기술하고, 제3장에서는 서비스 품질 및 동기화 기법에 대해 검토한다. 제4장에서는 고속무선통신 채널을 이용하여 실시간 비디오 정보를 전송할 때 적용할 수 있는 수신버퍼 제어기법을 제안하고, 제5장에서는 제안한 기법에 대해 시뮬레이

션을 통한 평가와 실험 결과를 분석한다.

## II. 무선 채널의 특성

무선통신 채널의 전파전파 환경은 자유공간의 전파경로 손실과 단말의 이동과 지형지물에 의한 페이딩 현상으로 크게 나눌 수 있다<sup>(10)</sup>. 기지국으로부터 방사된 전파는 직접파와 지형지물에 의한 반사파 형태로 도달한다. 따라서 이동 단말기에서는 직접파와 반사파가 동시에 수신되기 때문에 정재파가 형성되고 단말기가 이동하면서 전파 경로가 변동하여 전력이 변화하게 되는데 이때, 페이딩(fading) 현상이 발생하게 된다.

무선채널에서의 데이터 손실의 주 요인으로는 무선 구간에서의 다중 경로파 및 그늘현상(shadowing)으로 인한 수신신호의 감쇄, 송수신기의 거리에 의해 생기는 전파의 감쇄를 들 수 있는데 전파의 감쇄는 지역과 계절에 따라 달라지게 된다. 이러한 수신 신호의 감쇄는 전송 데이터의 랜덤 및 버스트의 비트 오류를 발생시킨다. 일반적으로 이동속도가 빨라지거나 거리가 멀어지면 수신 신호의 세기가 감쇄하고, 수신 신호의 세기가 규정 레벨이하로 감쇄되면 BER이 높게 나타난다. 실제의 무선통신망에서는 거리에 따른 수신 신호의 감쇄 문제와 주파수 재사용성 향상을 위해 셀 개념을 도입하여 통신망을 설계하고 있다. 그러나 셀 개념에 의해 통신망이 설계된다 할지라도 전송 지연 시간은 랜덤 및 버스트의 오류 발생 시 재전송으로 인한 지연 시간과 MT(Mobile Terminal)가 빠른 속도로 이동할 경우 주기적으로 나타나는 셀간의 핸드오버(handover)를 포함하면 수십ms에서부터 수백ms이상 될 수 있다<sup>(8)</sup>.

## III. 서비스 품질 및 동기화 기법

음성이나 영상과 같은 연속미디어 데이터는 전송되는 패킷들 간에 일정한 시간관계가 존재한다. 그러나 네트워크에서의 지연시간의 임의성때문에 그림 1에서와 같이 송신측에서 일정한 시간 간격으로 전송

된 패킷들이 목적지에 도착할 때에는 시간 관계가 불규칙하게 된다. 기존의 패킷 교환망에서 측정된 결과에 따르면 지연 시간의 차이는 수백 msec까지 이룰 수 있음을 보여준다<sup>(2)</sup>. 따라서 수신측에서 패킷의 지연시간 변이를 보상하여 연속미디어의 시간관계를 유지하는 동기화 기능이 서비스 품질 유지를 위해서 매우 중요하다.

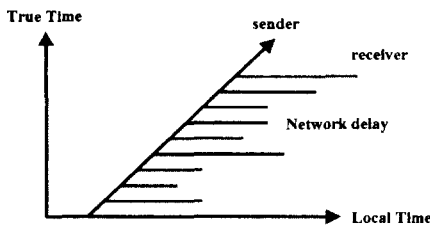


그림 1. 실시간 연속미디어 통신에서 지연시간 가변의 영향  
Fig. 1 Continuous media delay jitter

연속 미디어의 동기화는 그림 2와 같이 미디어내 동기화와 미디어간 동기화가 있다. 미디어내 동기화는 동일한 미디어를 구성하는 패킷들 간의 시간관계를 복원하는 것이고, 미디어간 동기화는 서로 다른 미디어들의 시간관계를 복원하는 것이다. 실시간 동기화는 연속미디어 데이터의 서비스품질을 원하는 범위 내로 유지하기 위해 인위적으로 데이터전송에 개입함으로써 이루어진다. 실시간 연속미디어 동기화에 대한 방법들은 정적 동기화방식, 송신자에 의한

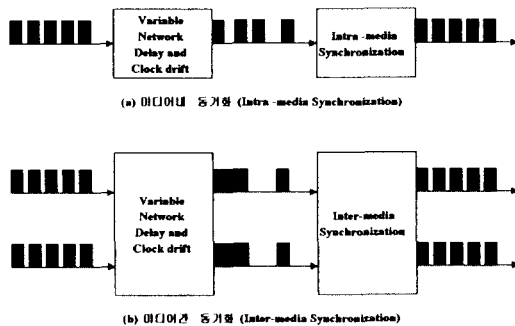


그림 2. 연속미디어의 동기화  
Fig. 2 Continuous Media Synchronization

적응형 동기화방식, 그리고 수신자에 의한 적응형 동기화방식으로 구분될 수 있다.

### 1. 정적 동기화 방식

정적 동기화 방식은 데이터 전송 시작 시에 송신자와 수신자 간의 지연시간 오프셋(패킷의 출발시간과 처리시간과의 간격)을 크게 하고, 이를 데이터 전송 종료시점까지 유지함으로써 패킷간의 지연시간 지터를 상쇄시키는 방식이다. 이 방식은 지연시간의 상한값이 보장되지 않고 시계 속도차가 존재하는 환경에서는 사용하기 어렵다. 즉, 임의의 큰 지연시간 오프셋을 설정하고 이 방식을 적용한다면 지연시간에 민감한 응용서비스의 품질을 불필요하게 저하시키기 때문이다.

### 2. 송신자에 의한 적응형 동기화 방식

송신자에 의한 적응형 동기화방식에서는 망 지연시간의 상한값과 하한값이 보장되고 시계속도 차이의 상한값이 알려진 상황에서, 수신자의 한정된 버퍼 오버플로우나 언더플로우 발생을 방지하면서 연속적인 패킷 처리가 가능하도록 하기 위해 송신자의 패킷 전송시점을 적절하게 조정한다. 패킷 전송시점의 계산은 수신자로부터의 피드백정보에 근거하여 이루어진다. 이 방식은 주문형 비디오 응용과 같이 점 대 점 통신응용에 효과적으로 사용될 수 있으나, 멀티미디어 회의응용과 같이 다 지점간 통신하는 응용에서는 전송시점 결정의 복잡도 증가로 인해 사용하기 어렵다. 또한 지연시간 상한값의 보장을 요구하므로 상한값을 보장할 수 없는 일반 패킷 교환망에서는 지연시간에 민감한 응용에 사용하기 어렵다.

### 3. 수신측 단말에 의한 적응형 동기화 방식

수신측 단말에 의한 적응형 동기화 방식은 수신측에서 지연시간의 변화에 따라 적절하게 동기화조건을 조정함으로써 상황변화에 적응하도록 한다. 이 방식은 기본적으로 많은 연속미디어들이 어느 정도의 지연시간 차이를 허용하고, 미디어를 구성하는 모든 패킷의 지연시간 오프셋에 대해 어느 정도의 시간차이를 허용할 수 있는 특성을 이용한다. IETF(Internet Engineering Task Force)의 RTP, 오타와 대학의 SRTDD, 그리고 BBN(Bolt and Newman Inc.)의 FSP등 기존의

많은 실시간 동기화기법들이 이 방식에 해당된다. 수신자에 의한 적응형 동기화 방식은 크게 지연 시간 옵셋 조정에 근거한 기법과 패킷 처리율 조정에 근거한 기법으로 분류할 수 있다. 수신자는 발음구간(talk-spurt)과 묵음구간(silent period)으로 구성되는 매 동기화 구간의 시작 시점에서 망 지연시간의 관찰 결과에 따라 지연시간 옵셋을 적절하게 조정한다. 전반적인 실시간 지연시간의 크기가 현재의 지연시간 옵셋보다 작으면, 해당 동기화 구간의 시작 시점에서 지연시간 옵셋이 축소되고, 반대의 경우, 현재의 지연시간 옵셋이 확장된다. 지연시간 옵셋의 조정은 직전 묵음구간 크기의 확장 또는 축소를 의미하므로 음성 서비스 품질에 별 영향을 미치지 않는다.

패킷 처리율 조정 기법은 미리 정해진 일정한 시간 간격마다 해당 시간 간격 내에 존재하는 패킷들에 대한 지연시간 옵셋 조정 대신 패킷 처리율을 조정함으로써 동기 오류를 어느 정도의 범위 내에서 유지시킨다. 이 기법은 패킷 교환망에서 비디오 전송 시에 어느 정도 효과가 있음이 입증되었다<sup>(12)</sup>. 이 기법은 지연시간 옵셋 조정 기법보다 적용 속도가 느리고 급격한 처리율의 변화는 서비스 품질을 현격하게 저하시킬 수 있으므로 패킷 처리율의 조정이 응용에 의해 제어될 수 있어야 한다.

#### IV. 수신버퍼 제어 기법의 제안

IMT-2000과 같은 차세대 이동통신망이나 무선 ATM과 같은 고속무선망은 멀티미디어 서비스를 위해 CBR(Constant Bitrate)이나 실시간 VBR(Variable Bitrate)과 같은 전송기능을 제공하고, 열악한 무선환경에서의 데이터 전송을 위해 강력한 FEC(Forward Error Correction)를 사용하며, 적응적 SR-ARQ와 같은 오류 정정 기법을 사용한다<sup>(9)</sup>. IMT-2000 및 무선 ATM은 그림 3과 같이 유선 ATM망을 기반으로 한다. 즉, 기지국(BS: Base Station)과 스위칭 센터간은 ATM망을 구성하여 기지국 간 고속의 데이터 전송을 실현하고 무선구간에서는 무선 프로토콜을 사용하여 이동단말과 기지국 간을 연결한다.

이와 같은 환경을 기반으로 H.263과 같은 방식으로 압축한 영상 데이터를 실시간으로 전송하고자 할 때, SP(Service Prvider)에서 MT(Mobile Terminal)로

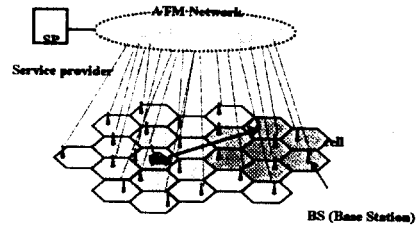


그림 3. IMT-2000 및 무선 ATM망 구성

Fig. 3 The architecture of IMT-2000 and wireless ATM network

의 순방향 링크와 MT에서 SP로의 역방향 링크의 두 가지 전송을 생각해 볼 수 있다.

먼저, 역방향 링크의 경우 채널환경이 나빠지면 MT의 전송버퍼에 데이터가 쌓이게 되고 버퍼 넘침으로 인한 데이터 손실이 발생할 수 있다. 또한 핸드오버 발생시 이전 기지국에서 새로운 기지국으로 이동단말의 연결이 변경되는 과정에서 이동단말과 기지국간의 패킷 지연시간은 수백ms 이상 될 수 있기 때문에 송신버퍼 넘침으로 인한 데이터 손실이 발생할 수 있다. 역방향 링크에서 이동단말의 버퍼 넘침에 대한 해결책으로 송신프레임 폐기 기법을 고려해 볼 수 있다. 송신프레임 폐기 기법은 버퍼 지연이 한계값 이상을 넘게되면 버퍼를 비우고 현재 입력된 프레임을 인트라 부호화 방식으로 압축하여 전송하도록 함으로서 프레임 간 예측에 의한 압축정보의 오류파급을 차단하도록 한다.

순방향 링크에서 발생할 수 있는 문제점은 무선구간의 오류 환경이 나빠질 경우, 데이터 전송 효율이 낮아져 기지국의 버퍼에 계속 쌓이게 됨으로서 결국 기지국 버퍼 넘침으로 인한 프레임 손실이 발생할 수 있다. 또한 채널 환경이 일시적으로 나빠졌다가 좋아지는 경우(예, 건물군을 지나는 경우)나 핸드오버시에는 기지국에 쌓여있는 데이터가 한꺼번에 버스트하게 이동단말로 전송되어 이동단말에서의 동기화를 어렵게 하고 수신 버퍼의 넘침이 발생할 수 있다. 이러한 현상은 지연 스파이크(delay spike)로 특성화된다. 이동통신 환경에서는 지연 스파이크로 인한 전송 데이터의 지연시간 한계를 보장할 수 없기 때문에 수신 이동단말에는 지연 스파이크에 효과적으로 적용할 수 있는 적응형 동기화 기법이 필요하다.

수신버퍼 적응에 대해 Kurt Rothermel은 그림 4와

같은 모델을 사용하여 제어기법을 제안하고 있다. 그림에서 HWM, LWM, UTB, LTB는 각각 High Water Mark, Low Water Mark, Upper Target Boundary, Lower Target Boundary를 나타낸다.

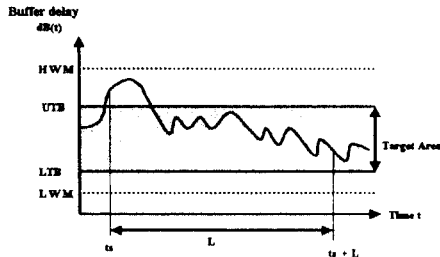


그림 4. 수신버퍼 제어 모델  
Fig. 4 Receive Buffer Control Model

Kurt Rothermel이 제안한 동기화 기법은 현재의 버퍼 지연을 계속 감시하고 있다가 버퍼 지연이 설정한 한계를 넘어서면 패킷 처리율을 새롭게 조정하여 버퍼 점유율이 UTB와 LTB 사이에 있도록 제어하는 기법이다. 그러나 이 기법은 무선통신 채널에서 쉽게 발생할 수 있는 지연 스파이크에 대해서 효과적으로 적용하지 못하는 문제점을 갖고 있다.

지연 스파이크에 효과적으로 대처하기 위해 Henning Schulzrinne<sup>(1)</sup>은 인터넷 환경에서 처리기법을 제시하고 있으나 이 기법은 동기화 구간이 발음구간(talkspurt period)과 묵음구간(silence period)으로 구성되어 있을 때 효과적인 기법으로써 동영상과 같은 연속 데이터에 대해서는 적용하기 어렵다.

본 논문에서 제안한 수신측 기반 적응형 동기화 기법은 다음과 같다. 먼저 수신측은 지연 스파이크를 수신되는 데이터의 지터를 감시하여 알아내고, 지연 스파이크 후의 버스트 데이터 수신에 대처하기 위해 데이터의 소비율(release rate)을 최대 허용 한계값으로 조정하여 재빨리 버퍼 적응을 시도한다. 또한 버퍼 제어의 목표치 범위(target area)를 허용 가능한 서비스 품질 범위 내에서 수신되는 데이터의 통계적 특성에 따라 적응적으로 변화시킴으로써 버퍼의 넘침과 버퍼 지연 시간을 최소화하도록 한다.

제안한 기법은 그림 5와 같은 3가지 상태를 갖는다. 정상적인 패킷 처리율( $R_2$ )로 처리하는  $\lambda_1$  상태에서

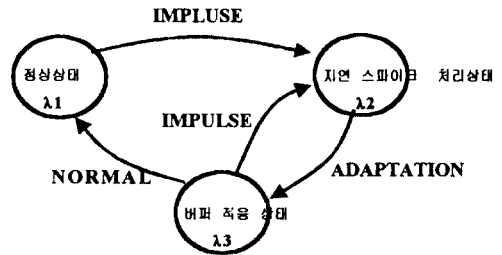


그림 5. 제안한 기법의 상태 전이도  
Fig. 5 Proposed state transition diagram

지연 스파이크가 검출되면  $\lambda_2$  상태로 전이된다.  $\lambda_2$  상태에서는 지연 스파이크의 영향을 최소화하기 위한 작업을 수행하고  $\lambda_3$ 로 전이되어 버퍼 적응을 시도하다가 버퍼 적응이 이루어지면 정상 상태인  $\lambda_1$ 으로 전이된다. 상태전이는 그림 6과 같은 알고리즘으로 수행된다. 그림 6에서  $\tau_i$ 는 수신되는 패킷의 도착 간격을 나타내고,  $a_i$ 는  $i$ 번째 패킷의 도착 시간을 나타내며,  $a_{i-1}$ 은  $i-1$ 번째 패킷의 도착 시간을 나타낸다. 또한  $\mu_i$ 는 평균 도착 간격을 나타내고,  $v_i$ 는 평균도착 간격에 대한 변이(variance)를 나타낸다.

```

 $\tau_i = a_i - a_{i-1}$ 
if ( (mode == NORMAL) || (mode == ADAPTATION) )
{
    if ( | $\tau_i$ | > ( | $v_i$ | *  $\lambda$  + C ) )
    {
        var = 1;
         $UTB = \alpha \cdot v_{i-1} + (1 - \alpha) \cdot |\mu_i - \tau_i|$ ;
         $UTB = \text{Max}(\text{Min}(UTB, \text{MAX\_UTB}), \text{MIN\_UTB})$ ;
        mode = IMPLUSE;
        ChangeReleaseRate (  $\xi \cdot R_2$  );
    }
}
else
{
     $\text{var} = \frac{\text{var}}{2} + |\tau_i \cdot (1 - \alpha)| + |\tau_{i-1} \cdot (1 - \alpha)|$ ;
    if ( var  $\leq |v_{i-2}|$  )
        mode = ADAPTATION;
     $\tau_{i-1} = \tau_i$ ;
    return;
}
 $v_{i-2} = v_{i-1}$ ;
 $\mu_i = \alpha \cdot \mu_{i-1} + (1 - \alpha) \cdot \tau_i$ ;
 $v_i = \alpha \cdot v_{i-1} + (1 - \alpha) \cdot |\mu_i - \tau_i|$ ;
 $\mu_{i-1} = \mu_i$ ;  $v_{i-1} = v_i$ ;  $\tau_{i-1} = \tau_i$ ;
return;

```

그림 6. 상태 전이 알고리즘  
Fig. 6 State transition algorithm

$\lambda_1$ 에서  $\lambda_2$ 로의 상태 전이는  $|\tau_i| > (|v_i| \cdot \lambda + C)$ 의 비교에 의해서 수행하도록 하는데, 이는 현재 패킷의 도착 간격이 평균 도착 간격 변이의  $\lambda$ 배 한 값에 임의의 상수  $C$ 를 더한값 보다 클 경우,  $\lambda_2$ 로의 전이가 일어난다는 것을 의미한다.  $\lambda_2$ 에서  $\lambda_3$ 로의 상태 전이는  $var$  값이  $|v_{i-2}|$  보다 작거나 같을 경우 발생하도록 한다.  $var$  값은 (1) 식과 같이 계산하는데, 이는 현재의 도착 간격  $\tau_i$ 와 이전의 도착 간격  $\tau_{i-1}$ 을 살펴  $var$  값에 더하고  $var$  값을 지수적으로 감소해 가면서  $var$  값이 지연 스파이크를 검출하기 이전의 변이값  $|v_{i-1}|$  보다 작으면  $\lambda_1$ 으로 상태전이가 이루어짐을 나타낸다.

$$var = \frac{var}{2} + |\tau_i \cdot (1-\alpha)| + |\tau_{i-1} \cdot (1-\alpha)| \quad (1)$$

지연 스파이크가 검출되어  $\lambda_2$  상태로 전이되면 지연 스파이크의 영향을 최소화 하기 위해 UTB 값을 재조정하고 값의 범위를 허용 한계 내로 조정한다. UTB 값이 계산되면 지연 스파이크 후의 버스트 데이터 수신을 예상하여 패킷의 처리율을 허용 가능한 최대율로 조정한다. 따라서 지연 스파이크 후의 버스트 데이터 수신에 재빨리 적용할 수 있게 된다.

본 논문에서 적용하는 버퍼 적응 알고리즘은 그림 7과 같다.

그림 7에서 알 수 있듯이 수신측에서 버퍼 상태를 계속 검사하다가 버퍼의 점유율이 UTB를 넘어서면 버퍼 적응을 수행하도록 한다. 버퍼 적응을 수행하기 위해서 새로운 소비율(release rate)  $R_{new}$ 를 계산하고 적응 시간이 끝난 시점에서 다시 버퍼의 점유율을 검사하여 버퍼의 점유율이 목표치의 범위로 조정되었으면 UTB를 원래의 소비율  $R_2$ 로 복귀시키고 버퍼 적응을 마치도록 한다.

### V. 시뮬레이션 및 결과

제안한 수신측 기반 적응형 동기화 기법의 동작을 확인해 보기위해 먼저 이동통신 환경의 데이터 전송 특성을 나타내는 트래픽 모델을 개발하고, H.263방식으로 압축된 영상 데이터를 개발한 트래픽 모델에 실시간으로 전송하는 시뮬레이션을 한다.

#### 1. 시뮬레이션을 위한 모델 및 가정

본 논문에서 사용할 시뮬레이션을 위한 파라미터를 정리하면 표 1과 같다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터  
Table 1. Simulation Parameters

항목	파라미터
시스템	· CPU: Pentium 133MHz · RAM: 32M · 운영체제: 윈도우95
동영상 부호화	· H.263(TMN H.263 S/W Codec) · 입력 영상: Claire · 입력 포맷: QCIF · 전송율: 64Kbps · 부호화 주기: 66ms
전송 및 지연시간	· 전송 패킷크기: 53Bytes(48 + 5) · 패킷전송 평균 주기: 6ms · 랜덤오류 환경지연: 0~50ms · 버스트 오류 환경지연: 50~100ms · 핸드오버 지연: ≤ 700ms
수신측	· 버퍼 지연: ≤ 600ms
기타	· 수신 신호레벨: 15~45dBμV · 시뮬레이션 시간: 1분 · 최대 버스트 데이터 전송율: 128Kbps

```

dB(ti) = a · dB(ti-1) + (1 - a) · ActualBufferDelay(ti)
Target = LTB + (UTB - LTB) / 2
Rcurr = dB(t) - Target ;
Rnew = R2 + Rcurr ;
Rnew = MIN( Rmax, Rnew );
if( CurrentRecvBufferItem() > UTB )
{
    if(AdaptState == NORMAL)
    {
        AdaptState = ADAPTION;
        AdaptStartTime = GetCurrentTime();
        ChangeReleaseRate ( Rnew );
        return;
    }
}
if(AdaptState == ADAPTION)
{
    if( (GetCurrentTime() - AdaptStartTime) >= δ )
    {
        if( CurrentRecvBufferItem() <= Target )
        {
            UTB = MIN_UTB;
            mode = AdaptState = NORMAL;
            ChangeReleaseRate (R2);
            return;
        }
    }
    else
    {
        return;
    }
}
ChangeReleaseRate ( Rnew );
}
    
```

그림 7. 수신버퍼 적응 알고리즘  
Fig. 7 Receive Buffer Adaptation Algorithm

무선 채널은 크게 랜덤 오류가 있는 경우와 버스트 오류가 있는 경우로 분류할 수 있다. 각각에 대한 상태전이 그림 8과 같은 2연쇄 마코프 모델로 표현할 수 있다<sup>(7)</sup>.

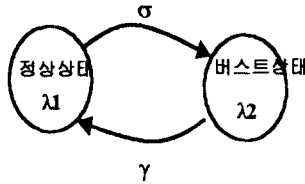


그림 8. 랜덤 오류와 버스트 오류의 2연쇄 마코프 상태 전이 모델

Fig. 8 Two-state continuous-time Markov Model between Random and Burst Error

$\lambda_1$ 은 랜덤 오류 상태를 나타내고  $\lambda_2$ 는 버스트 오류 상태를 나타낸다. 여기서 버스트 상태에서 정상상태의 전이확률을  $\gamma$ , 정상상태로부터 버스트 상태로의 전이확률을  $\sigma$ , 전체의 BER을  $B_e$ , 버스트내 BER을  $\beta$ , 버스트의 BER을  $\alpha$ , 평균 버스트 길이를  $L_b$ , 평균 버스트 발생 간격을  $L_g$ 로 정의하면,  $t$  시간 내에서의 상태전이확률  $\gamma$ 와  $\sigma$ 는 다음과 같이 계산된다.

$$\gamma = 1 - e^{-\frac{t}{L_g}} \quad (2)$$

$$\sigma = 1 - e^{-\frac{t}{L_b}} = 1 - e^{-t \times \frac{B_e - \alpha}{(L_b \times (\beta - B_e))}} \quad (3)$$

$\alpha = \frac{B_e}{10}$ ,  $\beta = 0.5$ 를 가정하고 수신 레벨의 변동을 15~45(dB $\mu$ V)라 하면 참고문헌[7]의 실험 결과에 의해  $\sigma$ 의 전이확률은 0.00001~0.001이고,  $\gamma$ 의 전이 확률은 0.05~0.5으로 결정되며 상태 전이의 위치는 기하분포에 의해서 결정된다. 수신측에 도착하는 데이터는 포아송과정(poisson process)을 따르고 도착 간격은 지수분포를 갖는다고 가정한다. 이와 같은 가정을 근거로 압축된 영상 데이터 패킷이 랜덤오류와 버스트 오류, 그리고 핸드오버 영향이 있는 무선채널을 통해 전송될 때 수신측 버퍼에 도달하는 패킷지연모델은 그림 9와 같은 형태가 된다.

제안한 기법을 확인하기 위한 시뮬레이션 모델은 그림 10과 같다. 영상 압축은 PSTN 및 이동통신에 사

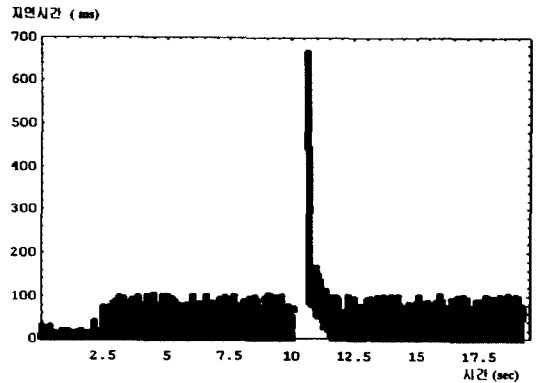


그림 9. 수신패킷 지연 모델  
Fig. 9 Receive Packet Delay Model

용하는 ITU-T H.263 코덱을 사용하고, 압축된 영상 데이터 스트림은 패킷으로 분리되어 전송되는데, 시뮬레이터에서 그림 9와 같은 무선채널의 전송지연특성을 인가한다. 버퍼에 수신된 데이터는 본 논문에서 제안한 지연 스파이크 적응 제어방식(ASDSA: Adaptive Synchronization with Delay Spike Adaptation)과 기존에 제안된 방식에 의해 동기화 및 버퍼제어를 수행한다.

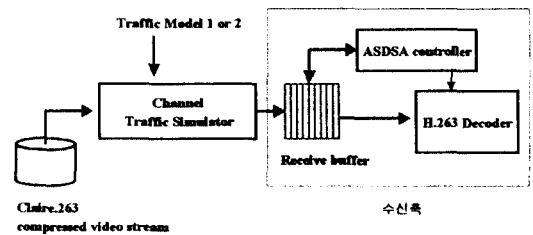


그림 10. 시험 모델  
Fig. 10 Test Model

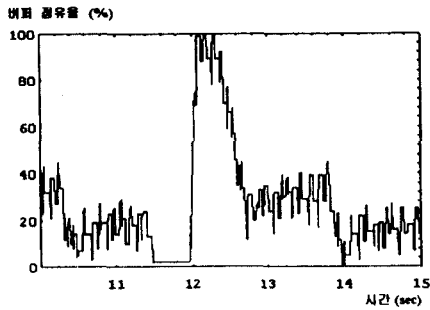
## 2 결 과

무선채널에 의한 패킷 전송지연 특성으로서 그림 9와 같은 모델을 가정하여 Kurt Rothermel<sup>(6)</sup>이 제안한 ASP(Adaptive Synchronization Protocol)와 본 논문에서 제안한 지연 스파이크 적응 제어방식을 적용하여 지연 스파이크의 적응 정도, 버퍼 지연 시간, 버퍼 넘

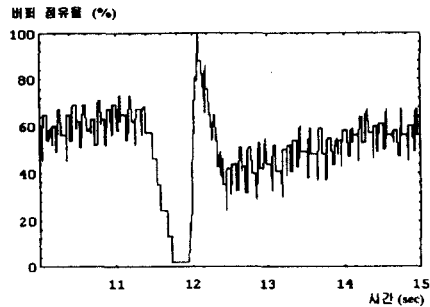
침희수 등의 항목에 대해서 그 결과를 비교하였다.

그림 11은 ASP와 ASDSA방식에 대해 각각 패킷 지연에 의한 수신버퍼의 점유율 변화를 나타내고 있다. 그림 11의 a)는 UTB를 33%로 고정하였을 때의 버퍼 점유율로서 버퍼 넘침현상이 발생하여 프레임

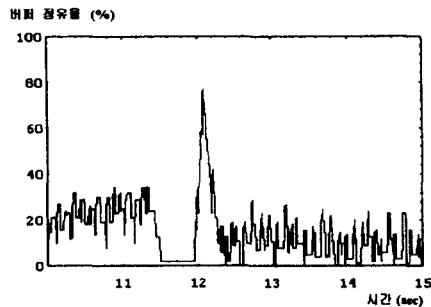
손실과 오류가 발생함을 알 수 있다. b)는 ASP방식의 UTB를 66%로 고정하였을 때의 버퍼 점유율로서 UTB가 33%인 경우에 비해 버퍼 넘침현상을 보이지 않으나 버퍼 내의 지연이 길어짐을 알 수 있다. c)는 본 논문에서 제안한 ASDSA방식으로 버퍼를 제어할 경우의 버퍼 점유율을 나타내고 있다. ASDSA방식이 ASP방식에 비해 버퍼 넘침과 지연이 현저히 개선됨을 알 수 있다. 이것은 제안한 기법이 지연 스파이크를 신속히 감지하여 데이터 소비율을 허용 가능한 한계 내에서 최대 값으로 조정함으로써 버퍼 적용이 신속하게 이루어 지도록 하고, 목표 버퍼 지연시간을 네트워크 상태에 따라 적응적으로 조정하여 지연 스파이크에 대해 효과적으로 대처하기 때문이다.



(a)



(b)



(c)

그림 11. 수신 버퍼의 점유율 화

- (a) ASP, UTB = 33%
- (b) ASP UTB = 66%
- (c) ASDSA

Fig. 11 Variation of Receive Buffer Occupation Rate



(a)



(b)

그림 12. 수신측 출력영상 비교

- (a) ASP, UTB = 33%
- (b) ASDSA 방식

Fig. 12 Decoder output image



표 2는 Claire 영상을 H.263방식으로 압축하여 시뮬레이션 모델에 적용하여 얻은 결과값이다. ASDSA 방식이 지연 스파이크 후에 폭주하여 패킷에 의한 버퍼 넘침을 유연히 처리하고, 평균 버퍼지연이 줄어든다는 것을 확인할 수 있다. 그림 12는 지연 스파이크 발생 후, 수신측에서 버퍼제어방식으로 처리된 결과를 복호화한 영상이다.

표 2. 시험 결과  
Table 2. Test Results

항목	방법	ASP UTB = 33	ASP UTB = 66	ASDSA
생략 프레임수		2	0	0
평균 프레임율 (frame/sec)		9.54	9.59	9.59
버퍼 넘침(회수)		9	0	0
평균 버퍼지연 시간(msec)		97.22	187.34	57.61

## VI. 결 론

본 논문에서는 IMT-2000이나 무선 ATM과 같은 고속 이동통신 환경에서 실시간 비디오 전송을 위한 이동 단말의 수신버퍼 제어 방안을 제안하였다. 제안한 기법의 평가는 지연 스파이크에 대한 적응 정도와 프레임율의 변화, 버퍼 지연 시간의 변화, 릴리즈 레이트의 변화등의 항목에 대해서 Kurt Rothermel이 제안한 패킷 처리율 기반 수신측 적응형 동기화 기법과 비교 평가하였다.

무선통신의 패킷전송지연 특성을 적용하여 모의실험을 통해 분석한 결과, 제안한 ASDSA 기법이 ASP보다 지연 스파이크에 잘 적응하고 버퍼 적응제어가 잘 이루어 지며 버퍼의 지연시간이 감소함을 확인할 수 있었다. ASP는 세션을 설정하면서 망의 트래픽 상태에 따라 사용자가 버퍼적응의 범위를 설정해야 하지만 제안한 ASDSA 기법은 수신되는 데이터의 통계적 특성을 관찰하여 최적의 버퍼적응 범위를 설정한다. 따라서 ASP보다 버퍼적응이 빠르기 때문에 지연 스파이크에도 유연하게 수신버퍼를 제어할 수 있을 뿐만 아니라 버퍼 지연시간 또한 짧게 유지할 수 있다는 것을 알 수 있었다. ITU-T의 H.263방식으로 압축

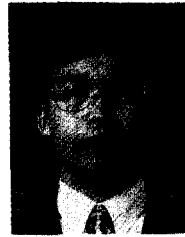
된 영상정보를 지연 스파이크를 가하여 수신측 단말에 보내고 수신 버퍼제어 및 적응을 거친 영상정보를 복호해 본 결과, 본 논문에서 제안한 방식이 기존의 다른 방식에 비해 버퍼 지연과 넘침 횟수가 적어서 품질이 좋은 영상정보를 유지할 수 있음을 확인할 수 있었다.

## 참 고 문 헌

1. Isidor Kouvelas, Vicky Hardman, Anna Watson, "Lip Synchronisation for use over the Internet: analysis and Implementation", University College London, IEEE SIGCOMM, pp. 893-898, 1996.
2. Ramachandran Ramjee, Jim Kurose, Don Towsley, Henning Schulzrinne, "Adaptive Playout Mechanisms for Packetized Audio Applications in Wide-Area Networks", Proceedings of IEEE INFOCOM'94, pp. 680-688, June. 1994.
3. Doru Chlin, Djamel Zeghlache, "Performance and Handoff Analysis of an Integrated Voice Data Cellular System", IEEE Proceedings, Vol. 2, pp. 386-390, Sept. 1997.
4. Hang Liu, Qinqing Zhang, Magd El Zarki, Saleem Kassam, "Wireless Video Transmission with Adaptive Error Control", Proceedings of the 1996 IEEE international symposium on information Theory and it's Applications, Vol. 1, pp. 371-374, Sept. 1996.
5. ITU-T H.263, "Video coding for low bitrate communication", International Telecommunication Union, May. 1996.
6. Kurt Rothermel, Tobias Helbig, "An Adaptive Stream Synchronization Protocol", Proceedings of the 5th International Workshop on Network and Operating System Support for Digital Audio and Video, pp. 189-201, April. 1995.
7. Masami KATO, Noriyoshi USUI, Shuji TASAKA, "Performance Evaluation of a Video Transmission Scheme for PHS", 電子情報通信學會論文誌 B-II, Vol. J79-B-II, No. 10, pp. 646-656, Oct. 1996.
8. Suresh Singh, "Quality of service guarantees in mobile computing", Computer Communications

Vol. 19 N. 4, April. 1996.

9. 강충구, 조유제, 김용진, “무선 ATM망 표준화 동향 및 요소 기술 분석”, Telecommunications Review, 제7권 제4호, July. 1997.
10. 대한전자공학회, “이동통신”, 청문각, 1997.
11. 김성, 안병철, 강구화, 배예경, 박용완, “제3세대 이동통신시스템(FPLMTS)을 위한 이동 멀티미디어 프로토콜”, Telecommunication Review 제6권 제5호, pp. 505-515, Sept. 1996.
12. 박승철, 최양희, “QoS를 고려한 적응형 멀티미디어 동기화 기법”, 정보과학회논문지(A) 제22권 제9호, pp. 1307-1318, Sept. 1995.
13. 이문호, 김병기, 이형, “멀티미디어 서비스를 위한 이동통신 트래픽 처리 기법”, 한국정보처리학회 논문지 제3권 제3호, pp. 493-499, May. 1996.
14. 임재성, 장한식, 임슬기, 정해관, “이동 멀티미디어 실현을 위한 영상 압축기술”.
15. 한국전자통신연구원, “FPLMTS 기반기술 연구”, Dec. 1995.
16. 한국전자통신연구원, “무선멀티미디어기술 연구”, Dec. 1996.



李 泰 勳(Tae-Hoon Lee)중신회원

1958년 6월 9일생

1982년 2월: 한국항공대학교 항공  
공전자공학과(공학사)

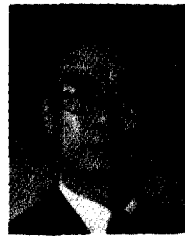
1984년 2월: 아주대학교 전자공  
학과(공학석사)

1992년 3월~현재: 아주대학교 전  
자공학과 박사과정

1984년 3월~1993년 8월: 한국전자통신연구원 선임연  
구원

1993년 9월~현재: 광주대학교 공과대학 컴퓨터학과  
조교수

※주관심분야: 광대역 통신망, 통신프로토콜, 멀티미  
디어 통신



金 容 得(Yong Deak Kim)정회원

1946년 1월 30일생

1971년: 연세대학교 전자공학과  
졸업

1973년: 연세대학교 대학원(공학  
석사)

1978년: 연세대학교 대학원(공학  
박사)

1973년~1974년: 불란서 ESE연구원

1978년~1980년: 미국 Standford 대학교 연구교수 재직

1978년~현재: 아주대학교 전자공학과 교수

※주관심분야: 디지털 시스템, 멀티미디어 시스템