

전송 지연 시간과 동기 구간 조정에 의한 동기화 기법

김 지 연*

Synchronization Method using Transmission Delay and Synchronization Interval Control

Ji-Yeon Kim*

요 약

패킷 전송망에서의 멀티미디어 데이터 전송은 송수신 단말간에 다양하게 나타날 수 있는 가변적 지연으로 인해 수신지에 도착하는 데이터 패킷간 지연 시간의 차이인 지터와 손실이 발생하므로 수신지 데이터들의 동기화를 이루지 못하게 된다. 특히, 근래의 인터넷과 같은 망의 사용이 급격히 증가함에 따라 나타나는 스파이크(spike)성 지연[8]에 대해서는 적절한 동기화 조치가 취해지지 못하고 있다. 본 논문에서는 스파이크성 지연으로 인한 손실을 줄이고 수신지 데이터들의 동기화를 위해 동기 구간을 조정하여 통신망의 급격한 변화에 잘 적응할 수 있도록 하는 적응형 동기화 알고리즘을 제안한다. 또한 임의의 패킷망에서 전형적으로 나타나는 지연 분포 특성을 이용하여 재생 시간을 결정하는 방법을 제안하고, 패킷 손실률과 지연 시간에 대해 성능을 평가한다.

Abstract

Recently a lot of informations is interchanged among many users through the network such as Internet. In this situation, multimedia data transfer has some problems, that are jitter, the difference of delay in arriving packets, and loss of data due to the various delay between sender and receiver. The arriving data packets are not synchronized because of those problems. Especially, an efficient method is needed to revise the sudden large changes of the delay, called spike-like delay, which is occurred in explosive growth of networking.

We propose efficient synchronization algorithm which controls synchronization interval and adjusts to sudden changes in networks. The algorithm, a receiver-driven adaptive synchronization method, is to synchronize the arriving data packets against spike-like delay and decrease the loss of them. In addition, another method is proposed in this paper. The method uses the probabilistic features of delay distribution appearing in general network. It is evaluated for the loss of data packets and the delay times.

* 청강문화산업대학 교수

I. 서론

멀티미디어 시스템은 오디오, 비디오 같은 연속미디어 정보를 전달할 수 있는 고속 통신망에 접속되어 원거리의 통신을 수행하게 된다. 이때 통신망에서는 단말간에 여러 가지 가변적 상황 때문에 데이터 지연과 데이터 손실이 발생하게 된다. 특히, 송수신 단말간의 여러 가지 가변적 상황과 수신지 버퍼에 머무르는 시간 등에 의해 다양하게 나타날 수 있는 가변적 지연으로 인해 수신지에 도착하는 데이터 패킷간 지연 시간의 차이인 지터가 발생한다. 기존의 패킷 교환망에서 측정된 결과에 따르면 지연 시간의 차이(지터, jitter)는 수백 ms까지 이를 수 있다(1,7,9). 따라서 수신된 데이터 패킷들은 불규칙한 도착 시간으로 인해 재생시 동기를 이루지 못하게 되므로, 생성된 미디어 단위들의 원래의 시간 관계를 복구해 줌으로써 수신측에서의 연속적이고 동기적인 재생(playout)을 보장하는 메카니즘이 필수적으로 요구된다. 이러한 동기 제어에는 USCD의 피드백 방식(8), USC의 처리율 조정 기법(2), IETF의 지연시간 조정 기법(5) 등이 있다.

본 논문에서는 다양한 통신망 지연에 대해 데이터 패킷들의 손실을 줄이고, 동기를 보장하기 위한 두가지 방법을 제안한다. 첫번째는, 송수신지간에 전형적으로 나타나는 지연 확률 분포와 주어진 손실률을 이용하여 재생 시간을 결정하는 방법이다. 이 방법은 응용에 따라 각기 다른 허용가능 손실률을 적용하여 일정한 목적 지연을 산출함으로써, 수신지 데이터의 동기를 회복하고 전체 지연을 감소시킨다. 두 번째 방법은 패킷 도착 시간 간격을 측정하여 스파이크 임계값(spike threshold)보다 클 경우에는 스파이크 상태를 인지하고, 스파이크 상태에 대한 지연 시간과 재생률을 구하고 동기 구간의 시작점을 현재의 패킷으로 재조정한다. 이렇게 함으로써 스파이크 상태에서의 패킷 손실률을 크게 줄일 수 있다. 또한 패킷 도착 시간 간격이 정상적인 값을 유지하고 있을 경우에도 지연 시간과 재생률을 이전 동기 구간의 평균값으로 매 동기 구간마다 조정할 수 있도록 함으로써, 기존의 지연 시간만을 조정하는 기법보다 패킷의 손실률을 줄이고 재

생률을 향상시킬 수 있다.

본 논문의 구성은 먼저, 2장에서 기존의 동기화 기법의 개요를 설명하고, 3장에서는 지연시간과 동기 구간 조정에 의한 동기화 기법을 자세히 소개한다. 4장에서 본 기법의 장점을 비교, 검토한 후 5장에서 결론을 맺는다.

II. 기존의 멀티미디어 동기화 기법

기존의 동기화 기법은 동기화 주체에 따라 수신측 동기화와 송신측 동기화로 나눌 수 있고, 동기화되는 미디어의 범위에 따라 미디어내 동기화와 미디어간 동기화로 나눌 수 있다. 또한, 동기 메카니즘이 위치하는 계층에 따라 프로토콜 기반의 동기화와 국부적인 동기화로도 나눌 수 있는데, 여기서는 국부적 동기화 중 주어진 구간에 대해 일정한 비율로 재생 시간을 유지하는 일정 재생률(constant playout rate) 방식과 동기 구간내에서 지연 시간 및 재생률을 조정함으로써 망의 변화에 대응하는 적응형(adaptive) 방식에 대해 설명한다.

주어진 구간에 대해 일정한 비율로 재생 시간을 유지하는 일정 재생률 방식(3)은, 정해진 재생률이 실제 데이터의 도착 시간들과 같은 비율로 설정되어야만 수신 데이터의 손실을 줄일 수 있다. 재생 시점보다 늦게 도착한 패킷들은 사실상 손실되는 효과를 가져올 수 있기 때문이다. 그러나, 데이터 손실을 줄이기 위해 재생률을 너무 낮출 경우 수신지 버퍼 지연으로 인한 큰 래그(lag)를 초래하게 되며, 래그의 증가는 실시간 처리를 요하게 되는 화상회의와 같은 응용에서는 바람직하지 않다.

적응형 동기화 방식은 망과 시스템의 상황 변화에 따라 적절하게 동기화 조건을 조정하는 것으로서 송신자에 의한 방식과 수신자에 의한 방식으로 나눌 수 있다. 송신자에 의한 적응형 방식은 수신자로부터의 피드백 정보에 의해 전송 시점을 조정하는 방법을 예로 들 수 있다(4). 그런데, 이러한 방식은 다점간 응용이나 지연 시간에 민감한 응용에서는 사용하기 어렵다. 수신자에 의한 적응형 방식은 지연 시간 율셋 조정에 의한 방식(5)과 처리율 조정에 의한 방식(2)을 예로 들 수 있다. 그러나, 이러한 기존의 수신자에 의한 적응형 방식은 일반적인 망의 변화

하는 환경에 적절히 적응하고는 있으나 인터넷과 같이 급격하게 지연시간이 증가하는 스파이크성 지연에 대해서는 고려하고 있지 않다.

Ⅲ. 제안하는 동기화 기법

1. 지연 분포를 이용한 일정 재생률 방식

패킷 전송망에서 전형적으로 나타나는 지연은 일정한 함수적 특성을 지니고 있다.(3) 그림 1의 경우, Df 는 고정 지연 (fixed delay), Dv 는 가변 지연 (variable delay), DT 는 목적 지연을 나타낸다.

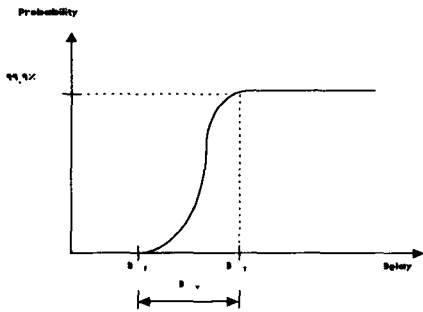


그림 1. 지연의 확률분포함수

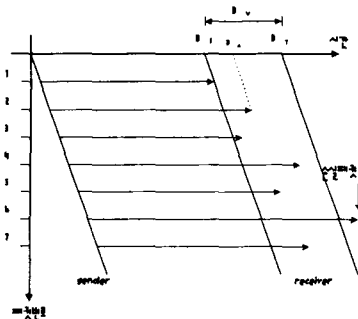


그림 2. 재생시간 설정과 손실패킷

고정 지연은 망의 연결과 전파 지연으로 인해 나타나는 것이므로, 어떠한 패킷도 Df 이전에 도착할 수 없다. 반면에 Df 와 DT 사이를 나타내는 Dv 는 송수신 단말간의 여러 가지 가변적 상황과 수신지의 버퍼에 머무르는

시간 등에 의해 다양하게 나타날 수 있다. 이러한 가변 지연은 지터를 발생시키며 지터의 발생 분포는 대체로 정규 분포 함수의 모양으로 나타남을 알 수 있다. 수신지 데이터의 동기를 보장하기 위해서는 가변적인 Dv 를 일정하게 유지하도록 하여 DT 의 시점에서 수신된 데이터를 재생해야 한다.

그런데, 그림 2에 나타난 것과 같이 DT 이후에 도착하는 패킷은 모두 손실되므로 응용의 품질에 지장을 주지 않는 범위에서 이러한 손실되는 패킷의 양을 적절하게 선택해야 한다. 즉, 손실률은 응용에 따라 다르게 설정될 수 있으며, 그림 1에서는 손실률이 0.01인 경우를 나타내고 있다. 그림 2에서 보듯이 정해진 패킷 손실률에 따라 적절한 목적 지연 DT 를 구하기 위해 본 논문에서는, 매 동기 구간 시작 패킷에서 패킷 손실률과 확률 분포를 이용하여 목적 지연을 구한 다음 동기 구간내의 모든 패킷에 적용한다. 손실률이 PLoss, 이전 동기 구간에서 DV 의 평균과 표준편차를 각각 μ , δ 라고 할 때,

$$\mu = \sum DV / \Delta n$$

$$\delta = \sqrt{(\sum (DV - \mu)^2 / \Delta n)}$$

$$P(z) = 1 - P_{Loss}$$

이다. 정규분포표를 이용하여 표준정규분포의 확률 변수 z 를 구한 다음 DV 에 관한 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$z = (DV - \mu) / \delta$$

DT = Df + DV 이므로 식을 변형시키면,

$$DT = Df + \delta \times z + \mu(1)$$

이 된다. 이와 같이 동기 구간의 시작 시점에서 확률 분포 함수를 이용하여 재생 시간을 결정하는 방법은 일반적인 지연을 갖는 망에서는 적절한 동기 제어를 제공하지만, 인터넷과 같은 스파이크성 지연에 대해서는 급격한 지연의 변화에 적절히 대처하지 못하게 되어 패킷 손실률 및 재생률을 유지할 수 없다. 따라서, 다음과 같이 스파이크를 고려한 동기화 메커니즘이 필요하게 된다.

2. 동기구간 조정에 의한 적응형 동기화 방식

스파이크성 지연(delay spike)란 몇 개의 인터넷 사이트 사이의 점대점 전송에서 관측되는 지연의 일종으로, 수신단에서 연속적인 패킷들 사이의 지연이 갑작스럽게 증가하는 것을 말한다.(sudden large increase in the delay)[6] 통신망에서의 지연이 갑자기 크게 증가함으로써 스파이크가 종료되기전까지 일련의 패킷들이 거의 동시에 도착하게 된다. (1)식에서 설명한 매 동기 구간의 시작 시점에서 이전 동기 구간의 평균 지연과 분산을 계산하는 방법은 현재의 동기 구간에서 스파이크가 나타나더라도 다음 동기 구간의 시작 시점까지 평균 지연과 재생 시간을 변경할 수 없다. 따라서, 스파이크가 시작되는 첫 번째 패킷부터 다음 동기 구간이 시작될때까지 수신되는 모든 패킷을 손실하게 된다.

본 절에서는 스파이크의 시작과 종료를 하나의 동기 구간으로 재설정하는 방법을 제안한다. 동기 구간을 재설정하는데 있어서 중요한 것은 스파이크의 시작과 종료 시점을 찾아내는 방법이며, 다음과 같이 처리할 수 있다.

- 수신지에서 연속적인 패킷들 사이의 지연이 스파이크로 불릴만큼 충분히 큰지를 검사한다. 스파이크는 지연시간의 갑작스런 증가이므로 스파이크 상태의 시작을 감지하는 것은 간단하다.
- 스파이크 상태가 되면, 동기구간 시작점을 조정하고, 가장 최근 관측된 지연값과 최소 재생률을 따른다.
- 스파이크 상태의 종료는 연속적인 패킷간 지연을 검사하여 송신지에서의 패킷의 생성 간격과 비교하여 충분히 근사한 값일 경우 정상상태로 전환한다.

스파이크 구간을 감지하여 동기 구간의 시작점을 재설정 한 후에는 패킷간 지연을 인위적으로 증가시키는 방법으로 재생율을 일정하게 유지한다. 결국, 스파이크 구간에서도 정상적인 상태의 데이터 전송과 비슷한 수준의 서비스를 보장할 수 있게 된다. 이에 대한 구체적인 알고리즘은 다음의 그림 3에서 보여주고 있다. 알고리즘에 사용된 변수의 정의는 다음과 같다고 가정한다.

- slide : 연속적인 패킷간의 지연 시간 변화
- D_{i-1} : 가장 최근 관측된 지연값
- PMAX : 응용의 서비스 품질을 보장하는 범위에서의 최대 재생률
- DAVG' : 이전 동기 구간의 평균 지연

```

spike_adaptive_algorithm ( $\Delta n$ ) {
    // n : 동기 구간 크기
    DAVG = DAVG' ; PAVG = PAVG' ;
    for (;  $\Delta n > 0$ ;  $\Delta n--$ ) {
        if (status == normal_state) {
            if (slide > spike_threshold)
                status = spike_state;
        }
        if (status == spike_state) {
            // 동기구간 재설정
            DAVG =  $D_{i-1}$ ; PAVG = PMAX;
            for (;  $\Delta n > 0$ ;  $\Delta n--$ ) {
                if ( slide < end_spike_threshold) {
                    status == normal_state;
                    return; // 스파이크 구간 종료
                }
            } // end of for
        } // end of if
    } // end of for
}
    
```

그림 3. 동기 구간 조정에 의한 동기화 기법

IV. 성능분석 및 검토

지연 분포를 이용하여 재생 시간을 결정하는 방식에서 손실률과 목적 지연은 그림 4.과 같이 반비례한다.

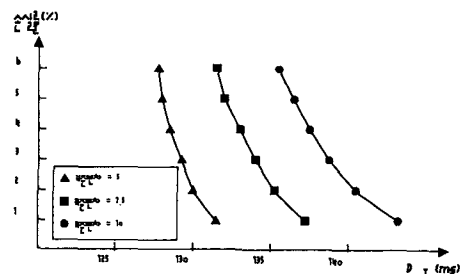


그림 4. 손실률과 목적 지연의 관계

즉, 목적 지연을 크게 설정하여 재생 시간을 늦출수록 패킷 손실은 적어진다. 그러나, 목적 지연이 커지면 수신지 버퍼에 머무르는 시간이 길어지므로 비효율적이다. 따라서, 응용에 따라 다른 손실률을 적절하게 유지하는 목적 지연을 설정해야 한다. 음성 데이터의 전송에 있어서는 목음 구간과 발음 구간의 손실률에 차이가 있을 수 있다. 목음 구간에서는 패킷의 손실률이 높더라도 응용의 서비스 품질에 큰 영향을 주지 않는다. Df 가 100 ms 이고, 발음 구간의 손실률(PLoss1)는 0.01, 목음 구간의 손실률(PLoss2)는 0.1 일때, 발음 구간과 목음 구간이 반복된다고 가정한다. 전송되는 패킷은 μ 가 20이고, σ 가 4.376인 정규난수로 발생되었을때, 그림 5.와 같은 그래프를 구할 수 있다.

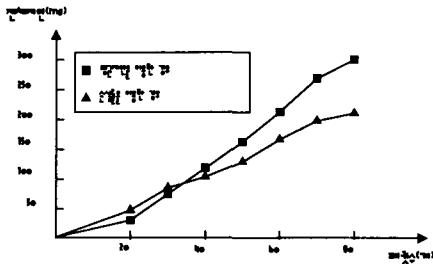


그림 5. 전체 지연 시간 비교

패킷 손실률이 같을 경우 평균 지연에 따라 DT를 설정했을 경우에 비해 목음 구간과 발음 구간의 손실률을 구별하였을때 전체 지연이 더 감소함을 알 수 있다. 이것은 실시간 전송에서 응용에 따라 다른 손실률을 일정한 값으로 유지함으로써 응용의 서비스 품질을 높이고 송수신지간의 지연을 감소시키는 효과를 얻을 수 있다. 스파이크가 나타나는 망의 송수신지간 패킷 번호와 시간 관계는 그림 6와 같다.

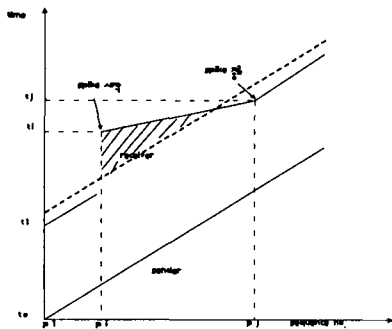


그림 6. 스파이크 구간에서의 손실

수신지에서의 실선은 실제 패킷 도착 시간을 나타내고, 점선은 재생 시간을 나타낸다. 일반적인 망에서와 같이 동기 구간의 시작 시점에서 계산된 재생률로 데이터를 재생했을 경우, 그림 6.의 빗금친 부분으로 나타나는 패킷은 손실된다.

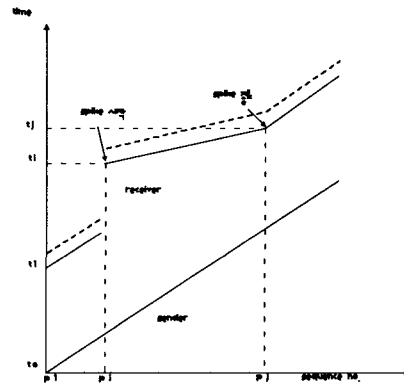


그림 7. 동기 구간 조정에 의한 손실 감소

이 경우, 그림 7.과 같이 스파이크의 시작 시점에서 동기 구간이 재시작되는 것으로 가정하여 평균 지연과 재생률을 다시 설정한다면 손실되는 패킷을 줄일 수 있다. 이 때, 재생률은 응용의 서비스 품질을 손상하지 않는 범위 내에서의 최대값이다.

V. 결론

멀티미디어 데이터 시스템은 패킷망과 같은 고속의 망을 사용하여 다량의 데이터를 전송하게 되는데, 이러한 망의 원거리 통신에서 발생하는 지연과 손실로 인해 수신지 데이터들의 동기화를 이루지 못하게 된다. 특히, 망의 사용이 급격히 증가함에 따라 나타나는 스파이크성 지연에 대해서는 적절한 동기화 조치가 취해지지 못하고 있다. 본 논문에서는 먼저, 지연의 전형적인 분포 특성을 이용하여 재생 시간을 결정하는 방법과, 스파이크성 지연으로 인한 손실을 줄이기 위해 동기 구간을 조정하여 통신망의 급격한 변화에 잘 적응할 수 있도록 하는 스파이크 적응 동기화 알고리즘을 제안한다. 지연의 확률분포를

이용하는 방법은 응용에 따라 다른 손실률을 적절하게 유지하고, 목적 지연을 최소화할 수 있음을 성능 평가에 의해 알 수 있었다. 따라서, 실시간 전송에서 응용에 따라 다른 손실률을 일정한 값으로 유지하면서, 송신지와 수신지간의 지연을 감소시키는 효과를 얻을 수 있다. 또한 급격한 지연의 변화로 나타나는 스파이크성 지연을 고려한 동기 구간 조정 알고리즘은, 망의 변화에 적절하게 대응함으로써 패킷 손실을 줄이고, 응용의 서비스 품질을 보장할 수 있는 재생활을 유지할 수 있다.

참고문헌

- [1] J-C Bolot, "End-to-End Packet Delay and Loss Behavior in the Internet", Proc. of SIGCOMM'93, 1993.
- [2] S. Soman and S. Singh, "An Experimental Study of Video Conferencing over the Internet", Globecom'94, 1994.
- [3] Sadhna Soman and Suresh Singh, "An Experimental study of Video Conferencing over Internet", Globecom'94, 1993.
- [4] Felipe, "Voice Synchronization in Packet Switching Networks", IEEE Network, Sep. 1993.
- [5] H.Schulzrinne, "Issues in Designing a Transport Protocol for Audio and Video Conferences and Other Multiparticipant Real-Time Applications", IETF AVT-WG, Internet-draft, Oct. 1993.
- [6] D. Mills, "Internet Delay experiments", ARPANET Working Group Requests for Comment, (December 1983), RFC 889.
- [7] 박승철, 최양희, "QoS를 고려한 적응형 멀티미디어 동기화 기법", 정보과학회논문지(A), 95년 9월.
- [8] S. Ramanathan and P.V. Rangan, "Feedback Techniques for Intra-Media Continuity and Inter-Media Synchronization in Distributed Multi-Media Systems", The Computer J., Mar. 1993.
- [9] D. Sanhi, et al., "Experimental Assessment of End-to-End Behavior on Internet", Proc. of INFOCOM'93, 1993.

저자 소개

김지연

1992년 인하대학교 전자계산공학과(공학사)

1999년 인하대학교 대학원 전자계산공학과(공학석사)

1992년~1994년 대우정보시스템(주)

1997년~2000년 LG정보통신(주)

2001년~현재 청강문화산업대학 전임강사.