

인지적 특성을 고려한 멀티미디어 동기화 기법 (Human-Perception Oriented Multimedia Synchronization Method)

박주철*, 최형일
(Joo-Chul Park, Hyung-II Choi)

송실대학교 컴퓨터학부
(School of Computing, Soong-Sil University)

요약

통신망의 발전과 컴퓨터를 통한 멀티미디어 처리 기술의 발달로 인해 사용자들은 보다 나은 서비스를 원하게 되었다. 이로 인해 컴퓨터 통신망에서 다양한 분산 멀티미디어 응용을 실현하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 그 대표적인 응용으로 화상회의가 있다. 그러나 멀티미디어 데이터를 다루는 응용들은 몇가지 어려운 문제가 있으며 그 중의 하나가 멀티미디어 데이터의 동기화(synchronization) 문제이다. 멀티미디어 동기화와 관련된 기존의 연구들은 특정 조건하에서는 잘 수행되지만 다른 환경에서는 한계를 나타내는 문제점을 보이고 있다.

본 논문에서는 응용의 동기화 요구사항과 사용자의 인지적 특성에 의해 유연한 동기화 서비스를 제공하는 새로운 동기화 기법을 제안한다. 본 기법은 유동적인 망환경의 변화에 적응적이고 시계속도 차이가 있는 시스템 환경에서도 영향을 받지않는 동기화방식이다.

1. 개요

대용량화, 고집적화, 고속화, 디지털화 등으로 대표되는 멀티미디어 통신은 기존의 통신과는 다르게 여러 미디어 데이터를 전송할 수 있다. 따라서 비디오, 오디오 데이터와 같은 연속 미디어 데이터들은 대용량이고, 실시간 데이터이므로 고속이면서 연속적인 데이터 전송이 요구되며 이와 같은 연속 미디어 데이터를 사용하는 멀티미디어 응용들을 수용하기 위해서는 해결되어야 할 여러 가지 문제들이 존재한다. 그 중 하나가 데이터 구성요소간의 시간 관계를 데이터 전송중에 유지하는 것이다. 비디오와 오디오 같은 연속 미디어 데이터는 기존의 텍스트등과 달리 데이터를 구성하는 요소들간에 일정한 시간 관

계가 존재한다. 그러나 지연 시간의 차이로 인해 동일한 시간 간격으로 출발한 데이터들의 수신측 도착 시간 간격이 서로 달라질 수 있다.

데이터들의 시간 관계 불일치 문제를 유발할 수 있는 또 하나의 요인은 송신측과 수신측간의 시계속도 불일치(clock drift)이다. 예를들어 수신측의 시계속도가 송신측의 시계보다 느리다면, 수신측의 실질적인 데이터 처리 시간간격이 송신측의 데이터 생성 간격보다 크게되어 원래의 시간관계를 훼손한다. 반대의 경우도 마찬가지이다. 이러한 시간관계 훼손은 멀티미디어 응용의 서비스 품질을 현격하게 저하시킬 수 있다. 멀티미디어 동기화(multimedia synchronization)는 훼손된 시간 관계를 복원시키는 기술이다.

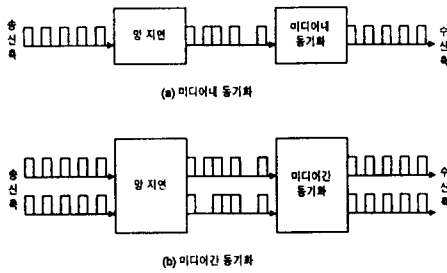


그림 1. 멀티미디어 동기화의 분류

멀티미디어 동기화는 그림 1과 같이 미디어내 동기화(intramedia synchronization)와 미디어간 동기화(intermedia synchronization)으로 분류된다. 미디어내 동기화는 하나의 미디어를 구성하는 데이터들간의 시간관계를 복원하는 것이고, 미디어간 동기화는 서로 다른 미디어 데이터들간의 시간관계를 복원하는 것이다. 미디어간 동기화에는 비디오와 오디오 데이터 사이의 립싱크(lip sync)를 유지하는 것과 같은 연속 미디어간 동기화와 슬라이드 쇼를 표현할 때와 같은 사건 단위로 동기화를 맞추는 이벤트 드리븐 동기화가 있다. 그리고 [6]에 의하면 저장되어 있는 미디어를 검색할 때 미디어들을 인위적으로 동기화를 맞추는 것을 synthetic 동기화라고 하고, 미디어 데이터들이 생성과 함께 동기화가 결정되는 것을 live 동기화라고 정의한다.

멀티미디어 동기화와 관련된 기존의 연구들은 특정 조건하에서는 잘 수행되지만 다른 환경에서는 한계를 나타내는 문제점을 보이고 있다.

본 논문에서는 응용의 동기화 요구사항과 사용자의 인지적 특성에 의해 유연한 동기화 서비스를 제공하는 새로운 동기화 기법을 제안한다. 본 기법은 유동적인 망환경의 변화에 적응적이고 시계속도 차이가 있는 시스템 환경에서도 영향을 받지않는 동기화방식이다. 그리고 본 기법은 미디어내 동기화뿐만 아니라 미디어간 동기화 서비스를 함께 제공

한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 동기화 요구사항에 대해 소개하고, 3장에서 사용자의 인지적 특성에 대해 설명한다. 그리고 4장에서 본 논문이 제안하는 동기화 기법을 자세하게 설명하고 5장에서 결론을 맺는다.

2. 동기화 요구사항

일반적으로 동기화를 요하는 멀티미디어 데이터는 다음과 같은 동기화 요구사항을 가진다. 이 요구사항은 동기화 서비스를 원하는 응용에 의해 명시되어야 한다.

- (1) 종단간 지연시간에 대한 최대 허용한계 (D_{max}) : 멀티미디어 데이터가 특정 응용에서 의미를 가지기 위해서는 송신측으로부터 수신측까지의 종단간 지연시간이 해당 응용이 요구하는 한계를 넘지않아야 한다. 종단간 지연시간에 대한 최대 허용한계는 응용에 따라 다를 수 있다.
- (2) 동기 오류에 대한 최대 허용한계(E_{max}) : 멀티미디어 응용에서 송신측에서의 생성 시간 간격과 어떤 인접한 데이터들의 수신측에서의 재생 시간 간격과의 차이를 말한다.
- (3) 데이터 손실율에 대한 최대 허용한계 (L_{max}) : 동기화를 요하는 멀티미디어 데이터는 미디어에 따라 다소 차이는 있으나 어느 정도의 데이터 손실이 발생하더라도 전체적인 서비스 품질에 영향을 미치지 않는다. 여기서 데이터 손실율이란 수신측의 연속적인 데이터 처리과정에서 데이터가 예정된 시간보다 늦게 도착하여 처리될 수 없는 현상을 말한다.
- (4) 미디어간 지터에 대한 최대 허용한계 ($J_{max}, Skew$) : 미디어간 지터란 다수의 미디어가 관련된 멀티미디어 응용에서 미디어 간의 데이터 처리시간 차이를

나타낸다. 응용에 따라 차이가 있지만, 대부분의 멀티미디어 응용의 경우 미디어간 지터에 대해 어느정도의 지터를 허용한다. 다시말해서, 미디어간 지터가 이 한계를 넘지않는 경우, 미디어간의 동기화는 고려하지 않아도 무방하다는 것이다.

3. 사용자의 인지적 특성

[9]에서는 사람이 인지할 수 있는 동기화의 범위에 대해서 집중적으로 연구하였고 화상회의의 경우뿐만 아니라 여러 가지 응용에 대한 상황을 왜곡률(skew)을 고려하여 표 1과 같이 결과를 내놓았다.

Media		Mode, Application	QoS
video	animation	correlated	+/- 120ms
	audio	lip synchronization	+/- 80ms
		overlay	+/- 240ms
	text	overlay	+/- 240ms
		non overlay	+/- 500ms
audio	animation	event correlation	+/- 80ms
		tightly coupled	+/- 11 μ s
	audio	loosely coupled	+/- 120ms
		tightly coupled	+/- 5ms
	image	loosely coupled	+/- 500ms
		text annotation	+/- 240ms
	pointer	audio relates to showed item	-500ms ~ +750ms

표 1. 동기화 목적을 위한 서비스 품질
Detected Error[%]

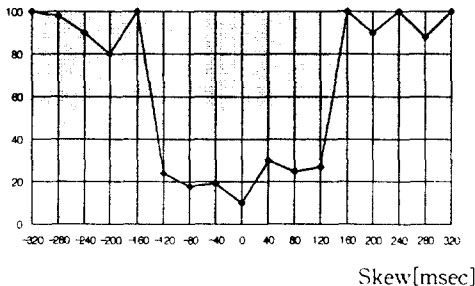


그림 2. 동기화 오류율의 검출

그림 2에서 보듯이 사람이 동기화에 대한 오류를 발견할 수 있는 오류율은 오디오 데이터와 비디오 데이터의 왜곡률이 -80과 80ms 사이에 있을 때 0% ~ 20%사이로 가장 적게 나타났고 반면에 왜곡률이 -160ms 이하일 경우와 160ms 이상일 경우에는 사람이 동기화에 대한 오류를 발견할 수 있는 오류율은 80% ~ 100%사이로 가장 많이 나타났다.

따라서 사용자들은 오디오 데이터와 비디오 데이터의 시간적인 차이가 0.08초 이상이 되면 동기가 맞지 않는다고 생각하기 시작하여서 0.16초 이상이 되면 거의 대부분의 사용자들이 동기가 전혀 맞지 않는다고 생각하는 것이다.

4. 동기화 기법

제안된 동기화 알고리즘은 여러가지 점에서 적용적이다. 그것은 유동적인 망 변화들에 적용적이고 또한 지연, 지터, 그리고 손실율(loss ratio)같은 다양한 동기화 요구사항을 쉽게 수행한다.

동기화의 환경안에서 정확한 재생은 송신측의 데이터 사이의 시간 관계가 그것들이 수신측에서 재생되어질 때 유지되는 것을 의미한다. 그것을 어떻게 하는가가 동기화 기법에 의해서 해결하여야 하는 매우 중요한 문제이다. 미디어내 동기화를 위하여, 가장 직관적인 해답은 들어오는 데이터를 기억시키고 나서 모든 데이터가 동일한 지연을 갖게 하기위해서 송신측에서의 원래 생성 시간으로부터 그것들을 어떤 고정된 옵셋 지연후에 재생한다. 이러한 고정된 옵셋 지연은 어떤 데이터가 갖게 될 최대 지연보다 반드시 커야한다.

그림 3을 통해서, 동기화 문제를 해결하기 위하여 사용된 원리를 보여준다. 특정한 지연에 의해서 원래 생성 시간으로부터 옵셋

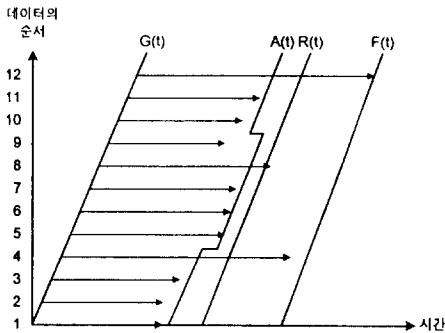


그림 3. 다른 기준에 기반한 재생 시간

시간안에서의 포인트로서 “재생 포인트”를 정의한다. 원래의 데이터를 정확하게 재생하기 위해서, 최대 종단간 지연보다 큰 고정된 오프셋 지연을 사용할 것이다(그림 4의 $F(t)$). 그러나, 이것은 단지 몇 개의 데이터들이 극단적으로 큰 지연을 갖게 될 때 비용이 많이 드는 방법이다. 또한 큰 종단간 지연은 실시간 응용에서는 피해야한다. 개선을 위해서, 응용이 특정 데이터의 손실을 허용할 때, 주어진 한계아래에서 손실율을 보증하는 최소의 재생 포인트를 찾을 것이다(그림 4의 $R(t)$). 트래픽의 특성, 그리고 망 지연과 지터의 통계와 같은 사전 정보를 수행하는 것은 높이 평가될 수 있다. 그러나, 실생활에서 이러한 종류의 정보를 얻는다는 어려운 일이다. 전체적인 관점에서 동기화 문제를 재검토함으로써, 두 개의 논거를 만들 수 있다. 첫째, 데이터들 사이의 가장 강력한 시간 관계가 그들사이의 시간 간격이 증가함에 따라 어떤 두 개의 데이터 사이의 상관관계가 감소하기 때문에 인접한 데이터들 사이에 존재한다. 그러므로, 멀리 떨어진 두 개의 데이터에 대한 시간 관계를 유지하는 것은 의미가 없다. 둘째, 시간 관계의 복구안에서 어느 정도의 에러는 허용할 수 있다. 실제적으로, 많은 임의의 요소들이 포함되기 때문에 동기화에서의 어느정도 에러를 도입하는 것은 필연적이다.

만약에 정확하게 재생되어지는 제약사항

이 관대해 질 수 있다면, 위에서 만들어진 두 개의 논거로부터 많은 것을 이용할 수 있다. 첫 번째로부터, 유일한 참조 시간 포인트를 사용하는 대신에, 응용은 때때로 그것을 조정할 수 있다. 두 번째로부터, 재생 포인트 후의 도착하는 모든 데이터를 버리는 대신에 응용은 데이터가 어느정도 왜곡되어지더라도 데이터를 재생하기 위하여 재생 포인트 후 도착하는 데이터를 받아들일 것이다. 따라서 다음처럼 적용형 동기화를 위한 목적을 정할 수 있다. 손실율이 주어진 한계아래에서 유지되어지는 동안에 원래의 데이터가 받아들여질 수 있는 왜곡을 가지고 정확하게 재생될 수 있는것에 기반한 최적의 재생 포인트를 찾는다. “최적”은 서비스 품질이 보장되면서 전체적인 평균 종단간 지연이 최소가 되는 것을 의미한다. 그림 4의 $A(t)$ 라인은 이러한 적용성의 특징을 그리고 있다. 초기에, 재생 포인트는 망 조건들의 특정 지식을 가지고 잘 정해지고 그후에 동적으로 조정된다. 이러한 조정은 망과 트래픽 행동상의 가장 나쁜 경우의 가정에 기반하고 있지는 않으며 오히려 최근 과거의 실제적인 망 지연에 응하여 적당한 예측을 가지고 계산되어진다. 가능한 완벽하게 데이터를 재생하기 위해서, 이러한 조정은 심각한 데이터 손실을 피하기 위해서 망의 변화에 빠르게 반응해야 한다.

4.1 미디어내 동기화 알고리즘

제안된 동기화 알고리즘은 트래픽 특성의 최소 지식을 사용한다. 알고리즘은 전역시계 또는 변화가 없는 네트워크를 가정하지 않고, 데이터 도착 시간을 기록할 필요도 없고, 시계속도 불일치에 영향을 받지않는다. 반면에 종단간 지연, 지연 지터, 손실율에 의하여 서비스 품질을 보장한다.

동기화 계획은 2장에서 설명된 동기화 요구사항을 가지고 설계된다. 송신측에서 각 데이터의 생성 시간을 나타내는 타임 스탬프

$t_{i,g}$ 를 전한다. 수신측에서는 가상 시계(Virtual Clock, VC)와 세 개의 이벤트 계수기, 즉 대기 계수기 C_w , 재생 계수기 C_p , 그리고 폐기 계수기 C_d , 그리고 각 계수기와 연관된 임계치 T_w , T_p , T_d 가 유지되어진다. 가상 시계는 송신측에서의 시계를 모방하는 수신측에서의 가상 시계이다.

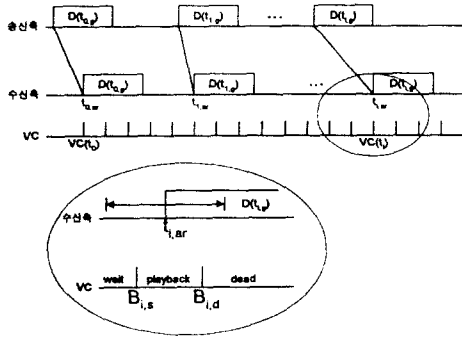


그림 4. 송신측, 수신측 그리고 VC 사이의 시간관계

수신측에서 가상 시계는 처음 받은 데이터에 의해서 전달된 타임 스탬프에 따라서 초기화 되어서 수신측 시계에 의해서 갱신되고, 세 개의 계수기들 내용에 기반해서 조정되어진다. 가상 시계 시간에 관하여 데이터의 도착 시간의 범위는 대기 경계(B_s)와 폐기 경계(B_d)에 의해서 세 개의 영역으로 나누어진다: 대기 영역, 재생 영역, 폐기 영역(그림 4 참조). 이러한 두 개의 경계가 각 데이터에 대하여 정의되어진다. i 번째 데이터를 전달하는 타임 스탬프 $t_{i,g}$ 에 대하여, 두 개의 경계는 다음과 같다.

$$B_{i,s} = t_{i,g}$$

$$B_{i,d} = B_{i,s} + E_{max} = t_{i,g} + E_{max} \quad (1)$$

가상 시계와 관련하여, i 번째 데이터의 도착 시간 $t_{i,ar}$ 은 (1)에서 정의된 것처럼 그것의 연관된 두 개의 경계들과 관련하여 세 개의 영역의 하나에 떨어질 것이다. 동기화 알고리즘은 다음 규칙들을 따른다.

1) 만약에 타임 스탬프 $t_{i,g}$ 를 가지는 데이터가 $B_{i,s}$ 전에(대기 영역안에) 도착한다면,

그것은 $B_{i,s}$ 에 재생될 것이다.

2) 만약에 타임 스탬프 $t_{i,g}$ 를 가지는 데이터가 $B_{i,s}$ 후에 그러나 $B_{i,d}$ 전에(재생 영역안에) 도착한다면, 그것은 즉시 재생될 것이다.

3) 만약에 타임 스탬프 $t_{i,g}$ 를 가지는 데이터가 $B_{i,d}$ 후에(폐기 영역안에) 도착한다면, 그것은 버려질 것이다.

사실상 이 규칙들은 데이터에 관한 대기 경계가 그 데이터에 대한 계획된 재생 시간 이다라고 말하는 것이다. 다음에 동기화 알고리즘이 있다(B_s 와 B_d 는 (1)에 의해서 정의되어져 있고 모든 시간들은 가상 시계에 관련되어 있다).

단계 1) 처음 성공적으로 도착한 데이터를 받자마자 이 데이터에 의해서 전달된 타임 스탬프와 같은 초기 가상 시계를 정한다.

단계 2) i 번째 데이터를 받자마자, 그것의 타임 스탬프 $t_{i,g}$ 와 그것의 도착 시간 $t_{i,ar}$ (현재의 가상 시계 시간 $VC(t)$ 와 비교한다. 만약에 $t_{i,g} > t_{i,ar}$ 이면, 대기 계수기를 하나 증가시키고 B_w 까지 데이터를 재생하지 않는다. 그렇지 않고 $t_{i,g} \leq t_{i,ar} < t_{i,g} + E_{max}$ 이면, 재생 계수기를 하나 증가시키고 즉시 데이터를 재생한다. 그렇지 않으면(즉, $t_{i,ar} \geq t_{i,g} + E_{max}$)이면, 폐기 계수기를 하나 증가시키고 그 데이터를 버린다.

단계 3) 가장 최근에 증가된 계수기를 조사한다. 만약에 오버플로우라면(즉, $C_x > T_x$, $x \in \{w,p,d\}$), 다음 단계로 간다. 그렇지 않으면, 단계 2로 간다.

단계 4) 재생 계수기 또는 폐기 계수기가 오버플로우일때, 만약에 대기 계수기가 꽉차지 않았다면, VC를 감소한다.

$$VC(t) = VC(t) - \Delta$$

$$\Delta = 1 - \frac{C_w}{T_w}$$

그리고 단계 5로 간다. 그렇지 않으면, 단계 5로 간다. 대기 계수기가 오버플로우일 때, 만약에 재생 계수가 팽차지 않아다면, VC를 증가한다.

$$VC(t) = VC(t) + \Delta$$

$$\Delta = 1 - \frac{C_p}{T_p}$$

그리고 단계 5로 간다. 그렇지 않으면 단계 5로 간다.

단계 5) 모든 계수기를 리셋하고 단계 2로 간다.

정함으로써 미디어간 동기화가 유지되도록 한다. 미디어간 동기화에 대한 알고리즘은 다음과 같다.

- 단계 1. 왜곡률(skew)을 조사
 단계 2. if $T_L < \text{Skew} < T_H$ do nothing
 단계 3. if $\text{Skew} > T_H$ then
 Adjust $VC_i(t)$ of media i
 단계 4. if $\text{Skew} < T_L$ then
 Adjust $VC_j(t)$ of media j
 단계 5. Goto 단계 1

4.2 미디어간 동기화 기법

미디어간 동기화 기법은 미디어 데이터들의 왜곡정도를 나타내는 왜곡률(skew)과 사용자가 인지할 수 있는 인식범위를 미리 지정하고 인지 범위와 왜곡률을 중심으로 접근하였다.

미디어간 지터에 대한 최대 허용한계(왜곡률)가 $J_{\max}(\text{skew})$ 로 주어졌을 때 동일한 시점에서 출발한 서로 다른 미디어의 데이터들의 처리 시점 차이가 J_{\max} 이내로 유지되면, 미디어간 동기화가 허용 범위내에서 유지되고 있음을 의미한다. 미디어간 동기화를 요하는 각 미디어의 데이터가 미디어내 동기화 알고리즘에 의해서 미디어내 동기화가 수행되었을 때 두 개의 미디어(i, j)간에 동기화를 위한 충분조건은 식(2)와 같다.

$$|VC_i(t) - VC_j(t)| \leq J_{\max}(\text{skew}) \quad (2)$$

식(2)의 의미는 서로 다른 두 미디어 데이터간의 처리 시점 차이가 J_{\max} 보다 작거나 같다는 것이다. 따라서 식의 관계가 만족되는 경우, 미디어간 동기화를 위한 어떤 동작도 필요로 하지 않는다. 그렇지 않은 경우 식을 충족시킬 수 있도록 처리 시간을 재조

위의 알고리즘을 간단히 설명하면 왜곡률 자체의 임계치(Threshold)를 두어서 이 임계치를 중심으로 알고리즘을 시시각각으로 변하는 상화에 대처할 수 있게 하였다. 설명할 필요도 없이 두 개의 미디어 데이터가 지연 또는 지터 없이 정확하게 일치하면 왜곡률은 0 이며 왜곡률이 80ms를 벗어나게 되면 이는 미디어 j의 데이터가 미디어 i의 데이터보다 먼저 처리되는 경우를 뜻하므로 미디어 i의 $VC_i(t)$ 를 재조정한다. 반대의 경우에는 미디어 i의 데이터가 미디어 j의 데이터보다 먼저 처리되는 경우를 뜻해서 미디어 j의 $VC_j(t)$ 를 재조정한다. 이러한 일련의 과정을 계속해서 조사하면서 동기화되어진 데이터의 왜곡률을 사람이 인지할 수 있는 범위내로 유지시켜 주게 되는 것이다.

5. 결론

통신망의 발전과 컴퓨터를 통한 멀티미디어 처리 기술의 발달로 인해 사용자들은 보다 나은 서비스를 원하게 되었다. 이로 인해 컴퓨터 통신망에서 다양한 분산 멀티미디어 응용을 실현하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 그 대표적인 응용으로 화상회

의가 있다. 그러나 멀티미디어 데이터를 다루는 응용들은 몇가지 어려운 문제가 있으며 그 중의 하나가 멀티미디어 데이터의 동기화(synchronization) 문제이다. 멀티미디어 동기화와 관련된 기존의 연구들은 특정 조건하에서는 잘 수행되지만 다른 환경에서는 한계를 나타내는 문제점을 보이고 있다.

본 논문에서는 응용의 동기화 요구사항과 사용자의 인지적 특성에 의해 유연한 동기화 서비스를 제공하는 새로운 동기화 기법을 제안한다. 본 기법은 유동적인 망환경의 변화에 적응적이고 시계속도 차이가 있는 시스템 환경에서도 영향을 받지않는 동기화방식이다. 그리고 본 기법은 미디어내 동기화뿐만 아니라 미디어간 동기화 서비스를 함께 제공한다.

참고문헌

- [1] Borko Furht, "Multimedia Systems : An Overview", IEEE Multimedia, Spring, 1994, pp. 47 ~ pp. 59
- [2] Cosmos Nicol며, "An Architecture for Real-Time Multimedia Communication Systems", IEEE J, Select. Area Comm., Vol. 8, No. 3, April 1990, pp. 391 ~ pp. 400
- [3] Wu-Hon F. Leung, Thomas J. Morgan and Shi-chuan Tu, " A Software Architecture for Workstations Supporting Multimedia Conferencing in Packet Switching Networks", IEEE J, Select. Area Comm., Vol. 8, No. 3, April 1990, pp. 380 ~ pp. 390
- [4] Thomas D. C. Little, Arif Ghafoor, "Synchronization and Storage Models for Multimedia Objects", IEEE J, Select. Area Comm., Vol 8, No. 3, April 1990, pp. 413 ~ 427
- [5] Ralf Steimetz, " Synchronization Properties in Multimedia Systems". IEEE J, Select. Area Comm., Vol 8, No. 3, April 1990, pp. 401 ~ 412
- [6] Thomas D. C. Little, Arif Ghafoor, " Multimedia Synchronization Protocols for Broadband Integrated Service", IEEE J, Select. Area Comm., Vol 9, No. 9, December 1991, pp. 1368 ~ 1382
- [7] David L. Mills, "Internet Time Synchronization : The Network Time Protocol", IEEE Trans. on Comm., Vol 39, No. 10, October 1991, pp. 1482 ~ pp. 1493
- [8] David P. Anderson, " Meta-scheduling for Continuous Media", ACM Transaction on Computer Systems, Vol. 11, No. 3, August 1993, pp. 226 ~ pp. 252
- [9] Ralf Steimetz, " Human-Perception of Jitter and Media Synchronization", IEEE J, Select. Area Comm., Vol 14, No. 1, January 1996, pp. 61 ~ pp. 72