

고품질의 서비스를 위한 페트리네트 기반의 멀티미디어 동기화 모델

정회원 이근왕*, 이기성*, 이문호**, 오해석*, 준회원 김은영*

Petri-net Based Multimedia Synchronization Model for High Quality of Service

Keun-wang Lee*, Gi-seong Lee*, Moon-ho Lee**, Hae-seok Oh, Eun-young Kim* *Regular Members*

요 약

다양한 멀티미디어 객체간의 시간 관계를 유연하게 서술할 수 있고, 미디어내의 시간 차이를 나타내는 지터와 미디어간의 시간 차이를 나타내는 스큐에 대한 서비스 품질 요구사항을 반영한 동기화 모델이 요구된다. 따라서 본 논문에서는 만족스런 서비스 품질을 제공하는 페트리 네트 기반의 멀티미디어 동기화 모델을 제안한다. 제안한 모델은 실시간 특징을 나타내는 데이터의 서비스 품질을 보장할 수 있는 최대 허용 지터 값과 최대 허용 스큐 값을 적용하였다. 본 논문에서는 페트리네트를 확장하여 분산환경에서 표현할 수 있는 새로운 동기화 규격 모델을 제안하고 제안한 모델의 검증에 위하여 페트리 네트의 두가지 분석방법에 의해 증명을 하였다. 그리고 기존의 모델과 비교하여 성능이 우수함을 보인다. 제안한 모델은 고품질 서비스의 보장을 요구하는 시스템에 적합한 모델이 된다.

ABSTRACT

It is required that synchronization model can describe various multimedia objects flexibly in the view point of time relationship and also respond quality of service requirement about jitter which is time difference between intramedia and skew which is time difference between intermedia. es desirable quality of service requirement. Proposed model applies maximum jitter and skew values which can be allowed, and then it presents high quality of service and real time characteristics. In this paper we expend Petri-net and propose new synchronization specification model and apply two analysis method of Petri-net to prove oln this paper we suggest multimedia synchronization model that is based on the Petri-net and servicur model suggested. We compared with other models and showed high QoS.

I. 서 론

멀티미디어 시스템의 특징은 상호 독립적인 연속 미디어와 비연속 미디어들을 구성하는 여러 매체들의 생성, 저장, 전송, 연산, 표현 과정을 컴퓨터로 제어하고 통합한다는 것이다. 이러한 멀티미디어 시스템에 있어서 가장 큰 관심사는 여러 미디어를 어떻게 디지털 데이터로 표현할 것인가와 이들 미디어들 간의 동기화를 어떻게 구현할 것인가이다^[1]. 연속 미디어 데이터 스트림과 비연속 미디어 데이터 스트림은 인간이 이해할 수 있는 내용을 보통 프레임 단위로 담고 있기 때문에 인간이 시각 또는

청각을 통하여 인식할 수 있는 시간 간격으로 전송되고 표현되어야 한다^[2]. 그러한 요구 사항을 만족하지 못할 시에는 실제적으로 전달하고자 하는 내용이나 의미가 왜곡될 수 있다. 그러나 비디오 스트림 등의 연속 스트림은 대부분 대량의 데이터를 가지고 있기 때문에 의미나 내용을 왜곡시키지 않는 범위내에서 연속적으로 전송하고 표현하기란 매우 어려운 일이다. 특히, 멀티미디어 서비스에서 서비스 품질과 관련하여 동기화가 핵심적인 기능으로 요구되는 이유는 ATM망과 같은 초고속통신망을 통해 데이터가 수신측에 전달될 때 망에서 발생하는

* 숭실대학교 컴퓨터학부(kwlee@multi.soongsil.ac.kr)

** 청운대학교 멀티미디어학과(mhlee@cswwww.csunet.ac.kr)

논문번호: 99097-0313, 접수일자: 1999년 3월 13일

랜덤한 지연이나 송수신 시스템간 클럭의 불일치 등에 의해 미디어간에 존재하는 원래의 시간 관계가 파괴되기 때문이다. 이와같은 이유로 시간관계가 훼손된 멀티미디어 데이터에 대해 응용서비스의 요구사항이나 각 미디어의 손실 및 지연에 대한 인간의 인지 한계 등을 이용해서 가능한한 원래의 시간관계와 유사하게 출력되도록 하기 위하여 인위적인 동기화 기능의 개입을 필요로 한다. 본 논문의 목적은 멀티미디어 동기화와 관련해서 연구가 가장 활발하게 이루어지고 있는 분야인 동기화 규격 분야에 대한 새로운 모델을 제시하는 것이다

논문에서는 페트리네트를 확장시킨 DTSM(Dynamic Timed Synchronization Model)모델을 제시한다. 동기화 규격 모델은 객체의 일관성과 동기화 규격의 유지보수를 지원해야 하고 모든 동기화 관계의 형태를 유연하게 서술해야 한다. 또한 다양한 미디어의 통합과 서비스의 품질 요구사항의 정의가 지원되어야 하며 쉽게 서술되어야 한다. 그러나 OCPN(Object Composition Petri Net), XOCPN(eXtendedN), RTSM과 같은 기존의 확장된 페트리네트 모델은 멀티미디어 실시간 문제와 패킷 및 셀 네트워크의 랜덤 지연이 고려되었을 때 패킷의 늦은 전송을 다루기가 충분하지 않으며, 또한 미디어 내 및 미디어간 서비스 품질 파라미터를 모델링하는데 있어 제약적이었다³⁻⁵⁾.

따라서 본 논문에서는 다양한 멀티미디어 객체간의 시간 관계를 유연하게 서술할 수 있으며, 미디어 내의 시간 차이를 나타내는 지터와 미디어간의 시간 차이를 나타내는 스큐에 대한 QoS 요구사항을 반영할 수 있는 DTSM 모델을 제안한다. DTSM은 최대 허용 스큐 값과 최대 허용 지터 값을 효율적으로 보상함으로써 만족스런 서비스 품질을 제공할 수 있게 하는 특징을 갖는다^{6,7)}.

멀티미디어 응용 프로그램들을 위한 동기화 모델들을 위한 연구가 되어왔다⁸⁻¹³⁾. 기존의 동기화 모델을 살펴보면 다음과 같다. OCPN은 Little과 Ghafoor에 의해 소개된 이후 최근 멀티미디어 데이터의 모델링에 폭넓게 사용되고 있다. OCPN은 미디어 데이터 형태와 프리젠테이션 시간을 모델링하기 위해 플레이스에 자원 및 시간주기를 추가한, 페트리네트의 변형된 형태이다.

OCPN은 플레이스에 시간을 할당함에 의해 동기화의 정도(granularity)를 자유롭게 선택할 수 있다. 멀티미디어의 실시간 문제와 통신망의 랜덤 지연이 고려되었을 때 OCPN/XOCPN 이외의 페트리네트

를 기반으로 하는 다른 모델은 패킷의 지연된 전송 문제를 다루기가 충분하지 않다. 이 경우 목적지에 적합한 시점 보다 늦게 도착된 패킷은 폐기되어야 한다. 그러므로 OCPN은 불완전성을 나타내고 있다.

OCPN모델은 전이가 점화하기 위해서는 모든 객체가 도착하여야 한다. 통신망을 통해 전송되는 비디오 객체의 지연은 지연에 민감한 오디오 객체의 재생에 영향을 미치게 된다. 실시간 응용에서의 이러한 오디오 객체의 지연은 서비스 품질의 심각한 저하를 초래할 수 있다.

RTSM모델은 이러한 미디어간의 지연에 의한 서비스 품질의 저하를 방지하고, 실시간 응용에서 요구되는 서비스 품질을 보장할 수 있도록 하기 위하여 제안되었다¹⁰⁾. RTSM에서는 하나의 키 매체(key medium)를 정의한다. 다른 미디어에 비해 상대적으로 중요한 미디어이거나, 지연이나 지터에 민감한 미디어가 키 매체로 선택되며, 이것은 두 개의 원으로 표시한 강제(enforced) 플레이스로 나타내어 진다. 각각의 전이는 강제 플레이스의 행동이 끝나게 되면, 다른 미디어의 상태에 상관없이 점화가 발생하게 된다.

그러나 키 매체 자체의 지연으로 인해 실시간 제약사항을 위반할 수도 있다. 즉 실시간 오디오 객체에 과도한 지연이 발생하게 되어 실시간 특성이 만족되지 않을 경우, 지연된 패킷을 계속 기다리는 것 보다는 전이를 점화시켜 다른 미디어들을 활성화시키는 것이 사용자 관점에서 서비스 품질을 유지하는데 더 합리적일 것이다. 그러므로 절대적인 시간 간격을 나타내는 가상시간 매체를 정의하였다. 이러한 정의를 이용함으로써 오디오 객체의 재생이 끝나거나, 오디오 객체가 아직 끝나지 않았다 하더라도 시간 매체의 시간 간격이 지나면 전이의 점화가 발생하게 하여 키 매체의 지연으로 인한 서비스 품질 저하를 보완할 수 있다.

그러나 RTSM 모델에서는 실시간 응용에 대한 다양한 동기화 관계를 서술하는데 불충분하다. 만약 텍스트 객체가 꼭 스크린에 표현되어야 할 키 매체 중 하나라고 한다면, 텍스트 객체는 강제 플레이스로 나타내져야 한다. 각각의 전이는 강제 플레이스 중 어느 하나의 행동이 끝나면 점화되므로, 만일 오디오 객체의 재생이 먼저 끝날 경우에는 텍스트 객체의 손실이 발생하게 된다.

따라서 본 논문에서는 다양한 멀티미디어 객체간의 시간 관계를 유연하게 서술할 수 있으며, 미디어 내의 시간 차이인 지터와 미디어간의 시간 차이인 스큐에 대한 QoS 요구사항을 반영할 수 있는

DTSM 모델을 제안한다.

DTSM은 기본적인 페트리 네트와는 달리 최대 허용 스큐 값과 지터를 효율적으로 지정함으로써 만족스런 서비스 품질을 제공할 수 있게 하는 특징을 갖는다.

논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 제안한 DTSM의 정의 및 모델 그리고 알고리즘을 서술한다. III장에서는 지터와 스큐를 반영한 서비스 품질을 예를 들어 검증한다. IV장에서는 제안한 모델을 페트리 네트의 분석방법에 의한 검증을 하였고, V장에서는 결론을 내리고 추후 연구 방향에 대하여 논의한다.

II. DTSM Model

제안하는 DTSM은 서비스 품질을 효율적으로 제공하는 페트리 네트 기반의 규격 모델이다^[14,16]. DTSM은 정의와 점화규칙, 그리고 미디어내 및 미디어간의 서비스 품질 파라미터 규격을 서술한다.

1. DTSM의 정의

DTSM은 12개의 튜플이 있다.

$DTSM = \{P, T, K, A, CT, C, D, S, J, G, R, M\}$

$P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$; 플레이스의 집합

$T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$; 전이(transition)의 집합(막대 형태로 표현)

$K = \{k_1, k_2, \dots, k_i\}$; key 플레이스의 집합

$A : (k \times T) \cup (T \times K) \rightarrow I, I = \{1, 2, 3, \dots\}$; 방향 호(directed arcs)의 집합

$CT = \{ct_1, ct_2, \dots, ct_j\}$; 제어기의 집합

$X = P \cup K$; 모든 플레이스들

$C : X \rightarrow R$, 플레이스에서 자원으로 매핑되는데 소비되어야 할 시간

$D : X \rightarrow R$, 지속기간(durations)

$S : X \rightarrow R$, 최대 허용스큐 값

$J : X \rightarrow R$, 최대 허용지터 값

$G : T \rightarrow I, I = \{0, 1, 2, 3, \dots\}$ 점화값

$R : P \rightarrow \{r_1, r_2, \dots, r_k\}$ 자원(미디어 형태)

$M : P \rightarrow I, I = \{0, 1, 2\}$ 마킹

각 플레이스의 상태는 다음중 하나이다.

0 : 토큰 없음

1 : 닫힌 토큰

2 : 열린 토큰

본 논문에서 제안하는 DTSM은 OCPN과 RTSM 모델을 확장한 것이다. 각 플레이스는 1 또는 0개의 토큰을 가지고 있다. 토큰을 지닌 플레이스는 해당 미디어 객체가 현재 활성화된 객체임을 나타내며 토큰을 가지고 있지 않은 플레이스는 비활성화된 객체

임을 나타낸다. 각각의 토큰은 두 가지의 상태를 가지는데 열린(unlocked)토큰과 닫힌(locked)토큰으로 구분된다. 전이가 발생하여 새로운 플레이스에 토큰이 더해지게 되면 해당 미디어 객체의 행동이 실행되고 그 실행이 끝나기 전까지는 닫힌 토큰으로 존재하게 되며, 끝남과 동시에 비로소 열린 토큰으로 변하게 된다. 각 플레이스 p_i 는 몇 개의 파라미터를 가지고 있는데, 그 중 객체 제어기 파라미터와 키 매체 그리고 시간 매체 파라미터는 다른 미디어에 비해 상대적 중요도를 나타내는 파라미터이다. 즉 어떠한 키 매체가 결정될지를 객체 제어기 파라미터가 그 정보를 가지고 있으며 다음 전이에 전달하여 준다. 또한 시간 매체 파라미터는 키 매체중 어떤 키 매체의 시간에 따른 것인가를 결정하는 다른 미디어 객체에 비해 상대적으로 중요한 객체임을 표시한다. 이러한 키 매체 및 시간매체의 부여는 각 미디어의 지연 관계나 중요도에 의해 결정되어진다.

각 전이 t_i 는 점화를 결정하는 정보를 객체 제어기를 통하여 가지고 있다. 전이 t_i 의 점화는 해당 전이의 입력 플레이스중에서 열린 토큰을 지닌 플레이스중 키 매체는 시간 매체에 의해 정해진 시간내에 도달하는 경우에는 즉시 점화를 한다. 그러나 시간 매체에서 지정된 시간을 벗어나는 경우에는 즉시 점화가 발생하게 된다.

그림 1은 페트리 네트를 확장하여 DTSM 모델로 나타낸 것이다.

오디오는 비디오에 비해 지연에 민감한 특성을 지니므로 전이 t_2 에서 V1의 늦은 전송에 의해 A2의 재생이 지연되어서는 안된다. 예를 들어 비디오 객체, 텍스트 객체, 이미지 객체. 그리고 오디오 객체를 표현하려고 한다. t_2 의 경우 입력 플레이스의 키 매체가 무엇인가에 따라 키 매체가 도달하는 즉시 t_2 의 점화가 발생한다.

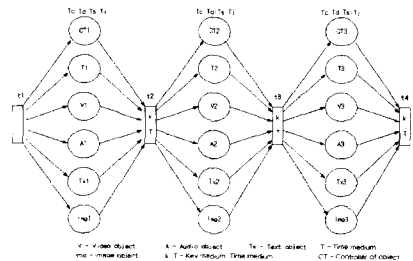


그림 1. DTSM 모델

만약 키 매체가 오디오라면 비디오나 텍스트 및 이미지에 상관없이 오디오 객체 A1이 끝나게 되면 점화 조건을 만족하여 점화가 발생하게 되고, 이에 의해

오디오의 서비스 품질을 유지시킬 수 있다. 또한 이미지 객체 img_2 가 꼭 스크린 상에 표시되어야 할 객체라면 t_3 의 점화 조건식을 키 매체인 오디오와 이미지가 도달하면 비디오 객체의 수신지연에 상관없이 오디오 A2와 이미지 img_2 가 끝남과 동시에 전이 t_3 을 점화시킬 수 있다. OCPN에 있어서는 각 미디어가 모두 도달해야만 점화를 한다. RTSM 모델에서는 강제 플레이스가 끝나면 즉시 점화하게 된다.

DTSM 모델에서는 각 미디어 객체에 대한 키 매체를 동적으로 정의할 수 있고 점화 조건을 키 매체와 시간 매체로 함으로써 OCPN에서의 동기화 관계와 RTSM에서의 실시간 동기화 관계를 포함하여 다양한 동기 관계를 모델링할 수 있다. 또한 미디어내 동기화와 미디어간 동기화에서 최대 허용 지터 값 및 최대 허용 스큐 값을 적용하여 효율적인 서비스 품질을 가지는 동기화 모델을 제안한다.

2. DTSM의 점화규칙

DTSM의 점화 규칙은 다음과 같다.

- 1)객체 제거는 각 플레이스들의 키 매체를 판단하여 다음 전이에 키 매체의 정보와 시간 매체를 전송한다.
- 2)시간 매체의 시간이 되면 즉시 점화한다.
- 3)전이는 열린 토큰을 지닌 플레이스의 키 매체가 도착하면 즉시 점화한다.
- 4)점화시, 전이 t_i 의 입력 플레이스중 토큰을 지니지 않은 가지(branch)에 백트래킹하며 이 경로상의 전이 t_j 의 점화값을 0으로 set하며 토큰을 지닌 플레이스를 만나면 그 가지에 대한 백트래킹을 중지한다.
- 5)점화시, 전이 t_i 는 각 입력 플레이스의 토큰을 제거하고, 각각의 출력 플레이스에 토큰을 추가한다.
- 6)토큰을 받은 후 플레이스 p_j 는 시간구간 τ_j 동안은 활동 상태에 있으며, 이러한 시간간격 동안 토큰은 닫힌 상태로 존재한다.

DTSM의 간단한 사건과 스트림의 동기화를 쉽게 표현할 수 있으므로 DTSM에 의한 재생시간과 전후관계에서 주어진 재생시간을 결정하기 위한 DTSM-Net 알고리즘을 제안한다.

DTSM-Net 알고리즘은 다음과 같이 DTSM을 시뮬레이션 한다. 초기 마킹 ($M(p_j) = 1, \forall_j : A(p_j, t_i) > 0$)으로부터 시작하여 점화규칙은 계속된다. 이를테면, 모든 활성화된 전이는 점화하고 새로운 마킹을 생성한다.

DTSM-Net Algorithm :

$M(p_j) = 1, \forall_j : A(p_j, t_i) > 0$
 CT에 의한 key medium 결정

```

if (  $T_{over}$  ) or (  $\forall_{key\ medium} \text{ playout}$  ) then
    If  $M(p_j) < 1, \forall_j : A(p_j, t_i) > 0$  then
         $t_j$ 를 fire,  $t_j : A(t_j, p_j) > 0$ 
    end
     $M(p_j) = M(p_j) - 1, \forall_j : A(p_j, t_i) > 0$ 
     $M(p_k) = M(p_k) + 1, \forall_k : A(t_i, p_k) > 0$ 
end
end
    
```

전이 t_i 가 점화되면 입력 플레이스의 토큰을 제거하기 전에, 점화규칙 4)에서 기술한 바와 같이, 남아있는 토큰을 강제로 제거하기 위한 백트래킹을 수행한다. 백트래킹은 해당 전이 t_i 의 입력 플레이스에서 토큰이 없는 가지에 대해 시행한다.

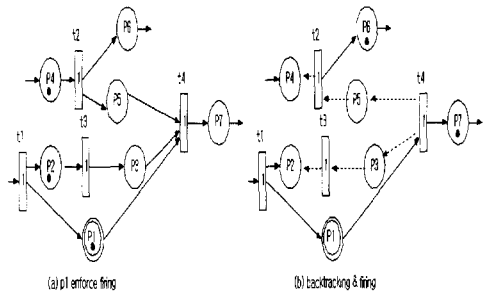


그림 2. DTSM에서 점화 규칙의 백트래킹

그림 2(a)에서 보논바와 같이 전이 t_4 는 플레이스 p_3 와 p_5 의 상태와 상관없이 p_1 의 플레이가 끝나자마자 즉시 점화된다. 그러나 t_4 가 점화될 때 p_2 와 p_4 에 토큰이 있다면 이들 토큰을 제거하여야 한다. 이와 같이 토큰을 제거하기 위한 작업이 백트래킹이다.

그림 2(b)는 백트래킹하는 과정을 나타내고 있다. 플레이스 p_i 객체의 행동이 끝나게 되면 전이 t_i 가 점화하는데 입력 플레이스의 토큰을 제거하기 전에 해당 전이의 입력 플레이스중 플레이스를 포함하고 있는 가지에 대해 백트래킹을 한다. 이러한 백트래킹 과정에서는 토큰을 지닌 플레이스를 만나기 전까지 거치는 전이의 점화값을 0으로 설정한다. 즉 토큰을 지니지 않은 점선으로 된 부분을 따라가며 백트래킹을 하며 전이 t_3 와 전이 t_2 의 점화값을 0으로 set하여 t_3 와 전이 t_2 가 강제로 점화한다. 그런 후에 입력 플레이스의 토큰을 제거하고 출력 플레이스에 토큰을 추가한다.

III. 서비스 품질 검증

미디어내 동기화와 미디어간 동기화에 대한 QoS 파라미터 처리를 위하여 각 플레이스 p_i 는 키 매체 외에 시간과 관련된 4가지 파라미터인 소비되어야 할 시간, 지속기간, 최대 허용 스큐 값, 최대 허용 지터

값을 가지고 있다. T_d 로 표시되는 지속시간은 해당 미디어의 재생 또는 디스플레이가 지속되어야 할 시간 길이 즉 지속기간을 나타내는 파라미터이다. 최대 허용 스큐 값은 T_s 로 표시되고 미디어 스트림간의 스큐에 대한 허용치를 나타내는 파라미터이다. 미디어간의 최대 허용 스큐 값이 0일 때 두 미디어 스트림은 완전한 동기상태가 요구된다는 것을 의미한다.

그러나 인간에게 있어서 어느 정도의 스큐값 한도 내에서는 동기 상태로 인식될 수 있다. 예를 들어 입출 동기화의 경우 비디오와 오디오 스트림간의 스큐가 80ms 이내라면 동기상태로 인식될 수 있다는 것이다. T_j 로 표시되는 허용 지터 값은 각각의 단일 미디어 사이의 시간 차이를 나타내는 파라미터이다.

그림 3은 지터와 스큐를 반영하였을때의 드롭되는 모습을 보여주고 있다. drop1과 drop2와의 관계는 $drop1 > drop2 > drop3$ 과 같다. 그림 3(a)에서 drop1은 스큐와 지터를 미반영한 경우이고, 그림 3(b)에서의 drop2는 스큐만 반영한 경우이고, 그림 3(c)에서 drop3은 스큐와 지터를 모두 반영한 결과를 보인다.

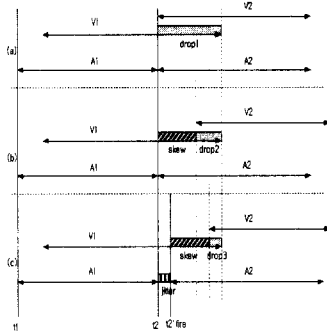


그림 3. 지터와 스큐를 반영한 경우

T_c 로 표시되는 소비되어야 할 시간 파라미터는 각각의 플레이스 p_i 와 연관된 해당 미디어 프레임에서 소비되어야 할 시간을 나타내는 파라미터이다 이 파라미터 초기값은, 전이 t_1 가 점화된 후 전이 t_2 의 출력 플레이스의 각 지속기간 T_d 와 입력 플레이스에서 넘겨진 값 T_s 를 더한 합으로 초기화되며, 해당 플레이스 p_i 의 자원이 소비됨에 따라 감소하며 0에서 멈춘다. T_c 는 전이 t_1 가 점화된 시점에서, 입력 플레이스의 소비시간이 최대 허용 스큐값보다 큰 경우에는 최대 허용 스큐값으로 설정되고, 작은 경우에는 소비되어야 할 시간 값으로 설정된다.

그림 4은 이 파라미터의 초기값을 설정하는 첫 번째 예로 V1은 t_1 시점의 상태를 나타낸다. 그림 4의 입력 플레이스중에서 키 매체를 가진 A1에 의해 전이 t_1 가 점화된다. A1은 150ms의 지속기간을 가지는

대 150ms의 자원을 소비하였다고 가정하면 A1의 소비시간 T_{cal} 은 0이 된다. 전이가 점화된 시점에서 지속기간 100ms의 V1은 70ms의 자원을 소비하였다고 가정하면 추가로 오디오 T_{ja} 만큼의 최대 허용 지터 값 5ms를 소비하게 되어 남은 시간은 25ms가 된다.

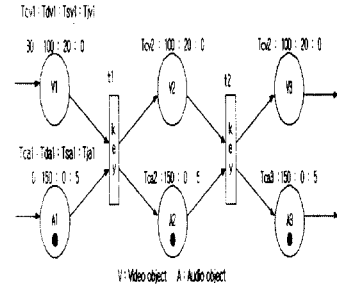


그림 4. 소비시간 설정 예제

허용지터를 다음과 같은 $T_{cri} = T_{cri} \cdot T_{jri}$ (R는 key medium resource) 에 반영하면 $T_{cvi} = 25ms$ 의 값이 산출된다.

$$T_{cri+1} = T_{dri+1} + \min(T_{cri}, T_{sri}) \quad (1)$$

위의 식에서 이 25ms는 최대 허용 스큐값 20ms를 초과하므로 20ms만 V2에 넘겨주게 되고 V2의 지속기간 100ms와 합쳐져 120ms의 소비시간이 설정된다. 이와 같이 동적으로 최대 허용 지터 값과 최대 허용 스큐 값을 적용함으로써 효율적인 서비스 품질을 나타내며 동기화를 맞출 수 있다.

IV. 페트리 네트의 분석방법에 대한 검증

[14,15]에서 제안한 멀티미디어 동기화 모델을 검증하기 위해 페트리 네트의 분석방법에 의한 검증 방법 2가지를 이용하여 완전함을 증명한다.

1. 도달가능 그래프 방법의 검증

도달가능 트리는 페트리 네트의 도달가능 집합을 표현한다. 제안한 모델의 초기 마킹은 (1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)이라 가정한다. 이 초기 마킹에서 t_2 으로의 전이가 가능하다. t_2 이 점화 되면 $t_2[\text{giving}(0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0)]$ 를 얻을 수 있으며 t_3 로의 전이가 가능하다. t_3 가 점화 되면 $t_3[\text{giving}(0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1)]$ 를 얻을 수 있다. 이 트리의 결과는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} &(1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0) \\ &\quad \downarrow t_2 \\ &(0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0) \\ &\quad \downarrow t_3 \\ &(0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1) \end{aligned}$$

2. 행렬 방정식의 검증

페트리 네트의 두번째 분석 방법인 행렬 방정식으로 제안한 모델을 검증한다. 입력 함수와 출력 함수를 표현하는 두 행렬 D^- 와 D^+ 를 나타내었다. 행렬 D^- 와 D^+ 는 다음과 같다.

$$D^- = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$D^+ = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

그리고 D행렬은

$$D = D^+ - D^- =$$

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

방정식 $\mu' = \mu + x \cdot D$ 에 적용하면, 다음과 같다.

$$(0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1) = (1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)$$

$$+ x \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$(-1, -1, -1, -1, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1) =$$

$$x \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$x = (x_1, x_2)$ 라 하면

- 1 = -1 · x_1 ①
- 1 = -1 · x_1 ②
- 1 = -1 · x_1 ③
- 1 = -1 · x_1 ④
- 0 = $x_1 - x_2$ ⑤
- 0 = $x_1 - x_2$ ⑥
- 0 = $x_1 - x_2$ ⑦
- 0 = $x_1 - x_2$ ⑧
- 1 = x_2 ⑨
- 1 = x_2 ⑩
- 1 = x_2 ⑪
- 1 = x_2 ⑫

①②③④에서 $x_1 = 1$

⑨⑩⑪⑫에서 $x_2 = 1$

⑤⑥⑦⑧은 $x_1 - x_2 = 0$ 로 성립한다.

이와 같이 제안한 멀티미디어 동기화 모델이 페트리 네트의 안전성, 유계성, 생존성, 보존성등 네가지 성질에 만족하고 도달가능 그래프와 행렬 방정식에 적합하게 증명되었다. 그러므로 페트리 네트로 제안한 멀티미디어 동기화 모델이 완전하다는 것을 알 수 있다.

V. 결론 및 추후 연구방향

본 논문에서 제안된 모델은 서비스 품질을 효율적으로 이용한 모델링이 가능한 독특한 특성을 가지고 있다. 대부분의 멀티미디어 응용은 사용자와 상호작용을 하면서 동작하기 때문에 이는 매우 중

요한 특성이다. 그리고 미디어내 동기화를 위한 최대 허용 지터 값과 미디어간 동기화를 위한 최대 허용 스큐 값을 적용하여 효율적인 서비스 품질을 제공하는 멀티미디어 동기화 모델을 제안하였다.

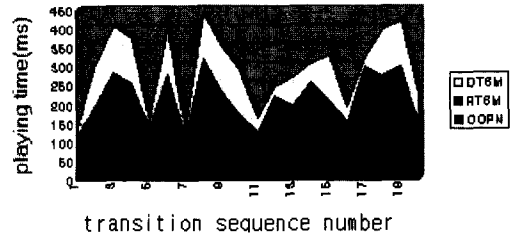


그림 5. 성능 평가

그림 5는 제안한 모델과 OCPN, RTSM 모델과의 서비스 품질을 비교하여 성능평가를 한 것이다. 성능 측정 실험에서 사용되는 트랜지션 단위체의 개수는 20개이고, 실험에서 최대 허용 지터 값 10ms를 적용하였다. 비교 검증을 위하여 OCPN 모델과 RTSM 모델을 구현하였고, DTSM 모델에서 제안한 최대 허용 지터값을 적용하여 DTSM 모델이 OCPN과 RTSM 모델에 비해 서비스 품질이 더 많이 보장되었다. 그러므로 제안한 모델의 서비스 품질이 향상되었음을 평가하였다. 본 논문에서는 Java 언어로 시뮬레이션을 수행하였다.

향후 연구 방향은 분산 멀티미디어 상에서의 QoS를 만족시키기 위한 스케줄링 기법을 연구해야 하며, 멀티미디어 모델을 구현하는 것이다. 그러므로 모든 멀티미디어 응용 프로그램에 적용 가능한 동기화 모델을 만드는 것이 필요하다.

참고 문헌

- [1] F. Fluckiger, *Understanding Networked Multimedia*, Prentice Hall, 1995.
- [2] R. Steinmetz and K. Nahrstedt, *Multimedia : Computing, Communications and Applications*, Prentice Hall, 1995.
- [3] S. Ramanathan and P. V. Rangan, "Feedback Techniques for Intra-Media Continuity and Inter-Media Synchronization in Distributed Multimedia Systems," *The Computer Journal*, Vol. 36, No.1, Oct. 1993.
- [4] P. W. Jardetzky, and C. J. Sreenan, and R. M. Needham, "Storage and synchronization for distributed continuous media," *Multimedia*

Systems/Springer-Verlag, 1995.

- [5] E. Biersack, W. Geyer, and C. Bernhardt, "Intra- and Inter-Stream Synchronization for Stored Multimedia Streams," *IEEE Proc. of Multimedia '96*, pp. 372-381, 1996.
- [6] R. Steinmetz, "Human Perception of Jitter and Media Synchronization," *IEEE Journal on selected Areas in Communications*, Vol.14, No.1, Jan. 1996.
- [7] D. L. Stone, and K. Jeffay, "An empirical study of delay jitter management policies," *Multimedia Systems/Springer-Verlag*, 1995.
- [8] G. Blakowski and R. Steinmetz, "A Media Synchronization Survey: Reference Model, Specification, and Case Studies," *IEEE Journal on selected Areas in Communications*, Vol.14, No.1, Jan. 1996.
- [9] M. J. Perez-Luque and T. D. C. Little, "A Temporal Reference Framework for Multimedia Synchronization," *IEEE Journal on selected Areas in Communications*, Vol.14, No.1, Jan. 1996.
- [10] C.-C. Yang and J.-H. Huang, "A Multimedia Synchronization Model and Its Implementation in Transport Protocols," *IEEE Journal on selected Areas in Communications*, Vol.14, No.1, Jan. 1996.
- [11] T. D. C. Little, and Arif Ghafoor, "Multimedia Synchronization Protocols for Broadband Integrated Services," *IEEE Journal on selected Areas in Communications*, Vol. 9, No.9, Dec. 1991.
- [12] T. D. C. Little, and Arif Ghafoor, "Synchronization and Storage Models for Multimedia Objects," *IEEE Journal on selected Areas in Communications*, Vol. 8, No.3, Apr. 1990.
- [13] N. U. Qazi, M. Woo, and A. Grafoor, "A Synchronization and communication model for distributed multimedia objects," in *Proc. ACM Multimedia*, 1993.
- [14] J. L. Peterson, *Petri Net Theory and the Modeling of Systems*, Prentice-Hall, 1981.
- [15] T. Murata, "Petri Nets: Properties, Analysis and Applications," *The Proc. IEEE*, 77-4, 1989.
- [16] 이동익, "페트리넷 이론의 기초" *한국정보처리학회 학회지*, Vol. 2, No. 2. pp 76-84, 1995.6.

이근왕(Keun-wang Lee)

정회원



- 1993년 2월: 대전 산업대학교 전자계산학과 졸업
- 1996년 2월: 송실대학교 전자계산학과 석사
- 1999년 2월: 송실대학교 전자계산학과 박사과정 수료

1996년~현재: 송실대학교 시간강사

<주관심 분야> 멀티미디어 응용, 멀티미디어 통신

이기성(Gi-seong Lee)

정회원



- 1993년 2월 송실대학교 전자계산학과 학사
- 1996년 8월 송실대학교 전자계산학과 석사
- 1996년~현재 송실대학교 컴퓨터공학과 박사과정

<주관심 분야> 멀티미디어 통신, 멀티미디어 응용

김은영(Eun-young Kim)

준회원



- 1987년 2월 숙명여자대학교 전자계산학과 학사
- 1993년 2월 숙명여자대학교 전자계산학과 석사
- 1997년~현재 송실대학교 컴퓨터학과 박사과정

<주관심 분야> 멀티미디어 데이터베이스, 멀티미디어 통신

이문호(Moon-ho Lee)

정회원

한국통신학회논문지 제 24권 제 1A호 p77

오해석(Hae-seok Oh)

정회원



- 1975년 2월 서울대학교 계산통계학과 학사
- 1981년 2월 서울대학교 계산통계학과 석사
- 1989년 2월 서울대학교 계산통계학과 박사
- 1982년~현재 송실대학교 교수

<주관심 분야> 멀티미디어 응용, 멀티미디어 데이터베이스