

# 분산 멀티미디어 응용을 위한 실시간 동기화 메카니즘

박 영 숙<sup>†</sup> · 이 승 원<sup>††</sup> · 정 기 동<sup>†††</sup>

## 요 약

분산 멀티미디어 시스템에서는 미디어들 간에 존재하는 시간 관계성을 정확하게 표현하면서 네트워크의 가변적인 지연으로 인해 유발되는 비동기 문제를 해결할 수 있는 동기화 메카니즘이 필요하다. 본 논문에서는 실시간 분산 환경의 멀티미디어 응용을 지원하기 위해 Petri Net에 기반한 RTPN(Real-Time Petri Net) 동기화 명세 모델을 제안한다. 제안하는 모델은 미디어의 지연관계나 중요도에 의해 주요 키 미디어와 상대 키 미디어를 정의하여 다양한 미디어 객체간의 시간 관계를 유연하게 명세 한다. 그리고 점화 규칙은 비동기 허용율에 기반한 점화 함수에 의해 즉시 발생 되어 미디어 내 및 미디어간 실시간 동기화를 지원한다. 한편 프리젠테이션 레벨의 재동기를 위한 비동기 제어 알고리즘은 보다 효율적인 QoS 보장이 가능하다.

## A Real-Time Synchronization Mechanism for Distributed Multimedia Applications

Young-Sook Park<sup>†</sup> · Syung-Won Lee<sup>††</sup> · Gi-Dong Chung<sup>†††</sup>

## ABSTRACT

Effective synchronization specification model which can specify temporal relationship among media resolving asynchronous problem due to variable network delay is necessary in a distributed multimedia system. Therefore in this paper, we propose RTPN(Real-Time Petri Net) synchronization specification model based on Petri Net for multimedia application in a distributed real time environment. The proposed RTPN model supplies a flexible description of the temporal relationship among various media objects by defining primary key media and relative key media according to delay and importance among media. Firing rule is instantly executed by firing function based on QoS values ,which supports intra-media and inter-media synchronization. And asynchronous control algorithm for resynchronization of presentation level is possible more effective supporting of QoS.

### 1. 서 론

다중 매체가 결합된 분산 환경 하에서 멀티미디어 응용시스템은 최근 급격히 확산되고 있는 인터넷과 함께 다양한 영역으로 발전되어 각 분야에서는 웹에서의 서비스가 일반화되었으며 VOD, NOD, LOD, 원격 의료, 홈 쇼핑, 원격 게임, 화상회의, 인터넷 폰 등이 이

용자들의 폭발적인 관심에 따라 급속히 진행되고 있다 [NW99]. 그러나 기술적인 발전과 이용자의 요구에 따른 자연스러운 서비스 변화와 함께 여러 가지 문제점들이 나타나고 있고, 특히 제공되는 서비스 품질(QoS : Quality of Service) 측면에서 해결해야 할 새로운 문제들에 직면하고 있다. 즉, 멀티미디어 시스템은 시간의 존적, 시간독립적 미디어를 컴퓨터 제어하에 통합적으로 생성, 저장, 프리젠테이션하는 것으로 특징지어지는 데[2], 원활한 통합을 제공하기 위한 다수의 기반기술이 요구된다는 것이다. 이 같은 핵심 이슈들 중 대표

<sup>†</sup> 정 회 원 : 양산대학 컴퓨터인터넷정보과 교수

<sup>††</sup> 준 회 원 : 부산대학교 대학원 전자계산학과

<sup>†††</sup> 종신회원 : 부산대학교 전자계산학과 교수

논문접수 : 2000년 9월 28일, 심사완료 : 2000년 12월 11일

적인 것이 데이터의 디지털화된 표현과 다양한 종류의 미디어간, 그리고 미디어내에서 제공되는 동기화이다. 미디어들 간의 시간 관계에 맞는 정확한 재생을 보장하는 것이 시간 동기화 작업이며, 동기화 모델을 사용하여 미디어간의 시간 관계를 명세(specification)하는 것 또한 시간 동기화 메카니즘에 포함된다.

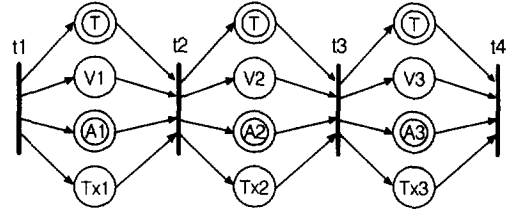
## 2. 시스템 모델

### 2.1 동기화 기준 모델

멀티미디어 데이터의 원활한 처리를 위한 동기화 모델의 역할은 매우 중요하며, EVA(Event Action)[6], SRT(Synchronization Relation Tree)[7], OCPN(Object Composition Petri Net)[8] 및 XOCPN(eXtended OCPN)[9] 등이 멀티미디어 시간 관계성을 표현한 모델들이다. 특히 미국의 시라큐스 대학에서 연구한 OCPN 모델은 기존의 TPN(Timed Petri Net) 모델에 시간과 자원에 관한 명세를 첨가하여 모델링 기능을 보강한 형태로 Petri Net의 각 상태마다 재생시 요구되는 자원이나 시간을 명세 함으로써 Allen의 13가지 시간 관계성[10]에 대한 표현이 가능하다. OCPN은 복잡한 재생 프로세서들을 두 개의 단위로 묶어 그들 간의 시간 관계성을 명세하고 작업을 계층적으로 나타내어 전체 데이터의 시간 관계를 하나의 트리 형태로 표현하며 도형에 기반한 명세 기법을 사용하기 때문에 의미의 전달성이 좋다는 장점을 가지나 각 미디어의 전송특성을 고려하지 않아 특정 미디어 객체의 과도한 지연이 실시간 응용에서의 심각한 서비스 품질 저하를 발생시킬 수 있다[14]. OCPN 모델을 확장한 XOCPN 모델은 분산환경 하에서 미디어간의 비동기를 완화하기 위해 동기객체를 삽입하는 통신 메카니즘으로서 데이터의 효율적인 검색, 컴포지션, 프리젠테이션을 지원할 수 있으나, 모든 미디어를 같은 재생시간을 갖는 동기 객체(SIU)로 분할하는 부하가 크며 동기 객체의 삽입 간격에 대한 정의가 불분명하다[14].

RTSM(Real Time Synchronization Model)모델은 OCPN에 기반하여 미디어간의 지연에 대한 서비스 품질 특성을 실시간 응용에서 보장하기 위해 제안되었다 [11], RTSM에서는 키 미디어를 정의한다. 키 미디어는 다른 미디어에 비해 상대적으로 중요한 미디어이거나, 지연에 민감한 미디어를 선택하며, 두 개의 원으로 표시한 강제 플레이스(enforced place)로 나타내고 있

다 각각의 트랜지션  $t_i$ 는 강제 플레이스 중 어느 하나라도 실행이 끝나게 되면, 다른 미디어의 상태와 상관없이 점화가 발생하게 하였다. (그림 1)은 비디오와 오디오, 텍스트 객체를 지닌 멀티미디어 응용에서의 동기화 관계를 RTSM 모델으로 나타내고 있다.



(그림 1) RTSM 모델

(그림 1)의 예에서 지연에 민감한 오디오 객체와 가상시간 객체(T)가 키 미디어로 정의되어, 강제 플레이스로 나타내고 있다. 이것은 RTSM의 각 트랜지션 점화는 오디오 객체의 재생이 끝나면 다른 미디어 플레이스의 수행 상태와 상관없이 점화가 이루어질 수 있음을 의미한다. 만약 비디오 객체  $V_1$ 이 지연으로 인해 아직 재생이 완료되지 않은 경우에도 오디오 객체  $A_1$ 의 재생이 끝나거나 가상시간객체의 값이 지나면 곧바로 트랜지션  $t_2$ 를 점화시켜 오디오 객체의 실시간 재생을 보장하고자 하였다. 즉 키미디어 객체의 지연으로 인해 실시간 제약이 초과할 경우, 오디오 객체  $A_1$ 의 지연된 패킷을 계속 기다리는 것보다 트랜지션  $t_2$ 를 점화시켜 다음 미디어 패킷  $A_2, Tx_2, V_2$  객체를 활성화시킴으로써 키 미디어의 지연으로 인한 서비스 품질 저하를 보완하고 있다.

그러나 RTSM 모델에서는 실시간 응용에 대한 다양한 동기화 관계를 서술하는데 불충분하다. (그림 1)에서 만약 텍스트 객체가 꼭 스크린에 표현되어야 하는 키 미디어 가운데 하나라고 한다면, 텍스트 객체도 강제 플레이스로 표현해야 한다. 그러나 각 트랜지션은 강제 플레이스 중 어느 하나라도 재생이 끝나면 점화되므로, 오디오 객체에 상관없이 텍스트 객체의 재생이 끝나면 점화가 발생되어 오디오 객체의 손실이 발생하게 된다. 또한 RTSM 모델은 키 미디어에 대한 미디어내 동기화는 만족시킬 수 있어도 함께 동기화되어야 하는 다른 미디어와의 동기화는 포기할 수 밖에 없는 문제점을 안고 있다. 예를 들어 비디오 폰과 같은 멀티미디어 응용의 경우 음성 객체의 해상도도

중요하지만 응용의 특성상 비디오 객체와의 동기화(lip sync)도 반드시 만족되어야 한다.

본 논문에서는 각 미디어의 지연관계나 중요도에 의해 주요 키 미디어와 응용상 반드시 동기화 되어야 할 상대 키 미디어를 정의하여 다양한 멀티미디어 객체간의 시간 관계를 유연하게 명세 할 수 있는 RTPN (Real Time Petri Net) 모델을 제안한다. RTPN 모델의 각 트랜지션은 비동기 허용율에 기반한 점화 함수에 따라 즉시 점화가 발생하게 되어 미디어 내 및 미디어 간 실시간 동기화를 보장하게 된다. 그리고 프리젠테이션 레벨의 비동기 제어 알고리즘에 의해 보다 효율적인 멀티미디어 동기화 메카니즘을 구현하고자 한다.

2.2 RTPN 동기화 명세 모델

분산 멀티미디어 시스템에 대한 동기화 모델을 고려하기 전에 먼저, 시간 개념에 대한 정의가 필요하다. 일반적으로 시간은 시점(instant) 및 시간 간격(time interval)으로 나눌 수 있으며, 본 논문에서는 시점 및 시간 간격을 모두 논리적 시간 단위(LDU)로 표현한다. 미디어마다 표현 단위가 다르므로 LDU를 사용하여 표준화(standardization)하고, 단위 시간 간격은 1 LDU로 표현한다. 각 미디어들의 재생 시간은 LDU에 의해 표현되고, LDU는 개념적인 최소 단위 시간이므로 재생 시간 표현 시 하나의 LDU 내에서는 내부적인 단편화가 존재하지 않는다고 가정한다. 그리고 각 생성지에서 만들어진 미디어들 간의 상대적인 재생 순서를 결정하기가 어려우므로 본 논문에서는 모든 생성지들에 대한 상대적인 시간 기준으로 RTS를 사용한다.

2.2.1 RTPN의 정의

본 논문에서 제안하는 RTPN 모델은 다음과 같은 용어 및 표기로 정의한다.

**[정의 1]** RTPN 명세를 위한 각 매개변수의 집합을 RTPN이라고 할 때 집합 RTPN의 원소는 T, P, K, E, W, S, A, D, I, R, J, M, Z로 이루어진 객체가 된다.

$$RTPN = \{T, P, K, E, W, S, A, D, I, R, J, M, Z\},$$

**[정의 2]** 각 트랜지션의 집합을 T라고 할 때 T의 원소는  $t_1, t_2, \dots, t_n$ 으로 구성된다.

$$T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$$

**[정의 3]** 각 미디어 플레이스의 집합을 P라고 할 때

P의 원소는  $p_1, p_2, \dots, p_m$ 으로 구성된다.

$$P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$$

**[정의 4]** K는 키 미디어 플레이스(key media places)  $k_1, k_2, \dots, k_i$ 로 구성된다.

$$K = \{k_1, k_2, \dots, k_i\}$$

**[정의 5]** X는 모든 미디어 플레이스(all media places)의 집합이다.

$$X = P \cup K$$

**[정의 6]** E는 트랜지션 T에 대한 모든 미디어 플레이스의 입출력 방향성 에지(directed edges)의 집합이다.

$$E : \{T \times X\} \cup \{X \times T\}$$

**[정의 7]** W는 키 미디어의 주요순서값을 나타내는 집합(weighted sequence of key media places)이다.

$$W : K \rightarrow \{k_1, k_2, \dots, k_i\}$$

**[정의 8]** S는 키 미디어와 상대 키 미디어사이의 최대허용스큐값(Maximum Allowable Skew value)이다.

$$S : \text{skew}(W(k_1) \text{ between } W(k_2))$$

**[정의 9]** 각 미디어 객체의 도착시간 (arrival time), 지연시간(delay time ,재생시간(Interval)은 각각 A, D, I로 정의한다.

$$A : X \rightarrow R^+, R^+ \text{는 실수 } D : X \rightarrow R^+, R^+ \text{는 실수 } I : X \rightarrow R^+, R^+ \text{는 실수}$$

**[정의 10]** 서로 다른 미디어 플레이스의 자원 형태 및 최대 허용 지터값은 R, J로 각각 정의한다.

$$R : X \rightarrow \{r_1, r_2, \dots, r_k\}, J : X \rightarrow R^+, R^+ \text{는 실수}$$

**[정의 11]** M은 각 미디어 플레이스의 상태를 나타내는 Marking값으로 다음과 같이 정의한다.

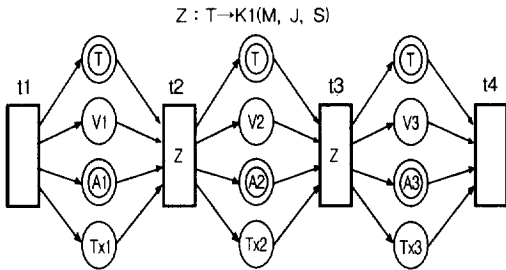
$$M : X \rightarrow \{0, 1, 2\}$$

- 플레이스 상태 (place status)
- 0 : 실행 전 상태(no token)
- 1 : 실행 중인 상태(blocking status)
- 2 : 실행 종료 상태(non-blocking status)

**[정의 12]** Z는 멀티미디어 응용에 따라 각 트랜지션의 점화를 결정하는 점화 함수로 정의한다.

$$Z : T \rightarrow KI( M, J, S )$$

(그림 2)는 위에서 예를 든 멀티미디어 응용에 대해 주요 키 미디어와 상대 키 미디어 사이의 S(skew valid value)를 명시한 제어 플레이스 및 트랜지션에 대한 점화 함수 Z를 이용한 RTPN모델이다.



(그림 2) RTPN 모델

이 모델에서 사용되고 있는 플레이스는 실시간 처리를 요하는 키미디어 플레이스와 일반 미디어 플레이스로 분류한다. 모든 미디어 플레이스의 필드 정보는 아래 (그림 3)과 같다.

M_id	RTS	Ta	Td	Ti	Tj	M	R	Lp	Rp
------	-----	----	----	----	----	---	---	----	----

(그림 3) 미디어 플레이스 필드

M\_id는 각 타입의 미디어에 대한 연속되는 미디어 객체 이름으로서, M\_id : X → {m1, m2, ..., mi, ...}로 표현할 수 있다. RTS는 재생되어질 시간 순서이며 Ta는 실제 미디어 도착시간이다. 미디어 재생전 지연 시간 Td = Ta-RTS로서 여기에 재생 지속시간 Ti를 합하면 실행 완료시간이 된다. Tj는 각 미디어의 최대 허용 지터로서 각 미디어 스트림의 연속성(intra-media sync)을 보장하기 위한 파라메타이다. M은 미디어 플레이스의 상태를 나타내는 것으로 토큰을 가지지 않은 실행 전 상태와 실행중인 블록킹 상태 및 실행 완료 상태로 구분된다. 자원을 의미하는 R은 단순히 미디어 종류만을 의미하는 것이 아니라 네트워크 자원인 통신채널 및 사용자가 명시한 QoS, 버퍼, 재생 장치 등 동기화에 관련된 모든 자원에 대한 설정 및 해제를 의미한다. Lp와 Rp는 해당 M\_id의 전후 미디어의 저장위치

를 나타내는 포인터로서 사용자 인터페이스 및 빠른 검색을 지원할 수 있다. 미디어 플레이스플레이스(K2)에 대한 각 필드는 트랜지션 점화함수의 매개변수로 이용될 뿐만 아니라 프리젠테이션 레벨의 비동기 제어에도 참조된다. 제어 플레이스 Ts는 멀티미디어 응용상, 주요 키 미디어 플레이스(K1)와 반드시 동기화 되어져야 하는 상대 키 미디어 사이의 최대 허용 스큐값을 배정하여 미디어간 동기화를 보장하고자 한다.

T_id	Ei : m1, m2, ..., mi	Eo : m1, m2, ..., mi	K1	K2	Ts
------	----------------------	----------------------	----	----	----

(그림 4) 트랜지션 필드

(그림 4)는 동기점 역할을 하는 각 트랜지션 필드 정보이다. T\_id는 각 트랜지션 이름이며 K1, K2 그리고 Ei, Eo는 각각 해당 트랜지션의 주요키 및 입출력 방향성 에지(Directed Edge) 개수를 나타내는 정수형 데이터이며 m1, m2, ..., mi,는 각각 해당 T\_id의 입출력 미디어 플레이스를 의미한다. 입력 플레이스에 대한 동기 정보를 각 미디어 플레이스의 필드로부터 참조하여 점화함수, Z : T → KI( M, J, S)에 따라 점화를 수행한다. 점화함수에서 알 수 있듯이 각 트랜지션은 입력 플레이스의 주요키 미디어에 대한 지터와 동기화 되어져야 하는 상대 미디어와의 스큐값에 따라 점화를 결정하여 주요 키 미디어의 미디어내 동기화와 미디어간 동기화를 모두 보장하고 네트워크 지연으로 인한 비동기는 재생시에 비동기 허용율에 따라 동기제어를 다시 한번 수행한다.

본 연구에서는 키 미디어를 주요키 미디어(K1)와 상대 키 미디어(K2)로 한정하여 주요 키 미디어와 상대 키 미디어 사이의 비동기 허용율을 제어 플레이스로 두어 이중 원으로 표현하였다. 트랜지션의 점화함수에서 모든 미디어의 비동기 허용율을 고려하지 않은 것은 실시간 분산 환경의 특성상 스케줄링 부하로 인한 성능저하가 우려될 뿐만 아니라 손실과 지연에 민감한 오디오와 비디오같은 주요키 미디어를 제외한 텍스트, 이미지, 그래픽과 같은 매체는 전송 특성상 대체로 재생시간 데드라인을 만족하기 때문이다. 그러나 제안한 RTPN 모델은 응용 프로그램의 특성에 적합한 사용자 명세가 가능하다. 예를 들어 다른 미디어 스트림에 비해 늦게 도착하는 미디어가 발생할 경우 이에 대한 처리는 멀티미디어 응용에 따라 달라진다. 방사선이나 병리, 의과 등과 같은 의료 분야 응용에서는 고품질의

재생이 요구되므로 키 미디어 플레이스를 원하는 미디어만큼 정의하고 지터나 스큐를 완화하여 전체적인 재생 시간 지연이 발생하더라도 늦은 미디어에 대한 재생을 감행한다. 그러나 VOD나 기타 실시간 재생 제약을 가지는 응용에서는 다소의 손실이 발생하더라도 재생시간 엄수가 우선이므로 키미디어와 함께 동기되어야 하는 상대 키 미디어를 결정하여 늦은 미디어 스트림에 대해서는 포기하고 나머지 미디어 스트림에 대해서만 재생하게 된다.

본 논문에서는 일반적인 동기화 기법을 가정하므로 사람의 비동기 인식율에 근거해서 늦은 미디어 스트림에 대한 동기/비동기를 판단한다.

2.2.2 RTPN의 점화함수(Firing Function)

RTPN의 점화 함수는 아래와 같이 2가지 경우로 정의한다.

**[정의 13]** Case(a)는 트랜지션  $t_i$ 가 어떤 키 플레이스도 갖지 않을 경우로서 실시간 처리를 요하지 않으므로 모든 미디어가 모두 수행 완료 후에 점화되는 패트리 넷 점화 규칙을 따른다

$$Z : T \rightarrow \text{Petri Net Firing Rule}$$

**[정의 14]** 트랜지션  $t_i$ 의 입력 플레이스 중에 키 플레이스가 있는 경우, (그림 5)와 같은 점화함수 알고리즘에 의해 수행된다.

$$Z : T \rightarrow KI( M, J, S )$$

*Firing Function of  $Z : (T \rightarrow KI(M, J, S))$*

---

for arrival media objects of each transition in RTPN  
begin

set RTS be the time which should be played back according to the scenario  
set Tp be the time which played back at the destination  
set  $Tp = Ta + \zeta (\neq 0)$   
set Ta be the arrival time of each media object  
set  $K1(Td)$  be  $K1(Tp - RTS)$   
set  $K2(Td)$  be  $K2(Tp - RTS)$   
set D be  $|K1(Td) - K2(Td)|$   
Initialize  $K1(Td), K2(Td), D$

else if  $(K1(M) == 2 \ \&\& \ K2(M) == 2)$   
fire transition  $t_i$   
else if  $(K1(M) != 2 \ \&\& \ (K1(Td) < J))$   
wait for firing  $t_i$  until  $K1(M) == 2 \ || \ (K1(Td) > J)$   
else if  $(K1(M) == 2 \ \&\& \ K2(M) != 2)$

```

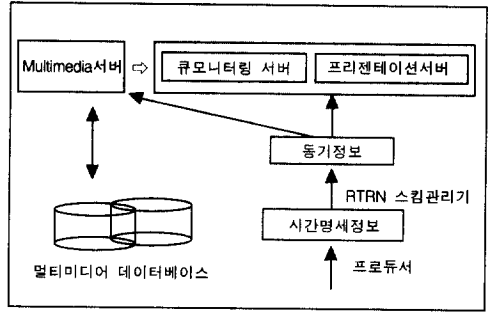
wait for firing  $t_i$  until  $(K1(Td) > J \ || \ D > S)$ 
else
fire transition  $t_i$ , and then following action is taken :
begin
Remove tokens of input media places
Add tokens output media places of transition  $t_i$ 
Each media places that receives the token exists
on active state for play out interval  $T_i$ 
end
end
    
```

(그림 5) 점화함수( $Z : T \rightarrow KI(M, J, S)$ ) 연산과정

3. RTPN 비동기 제어

3.1 동기화 수행모델

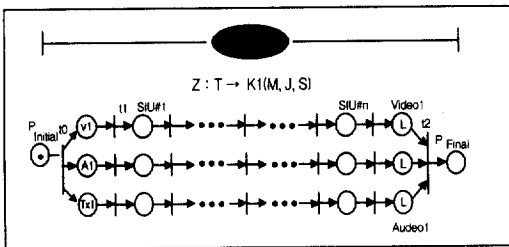
본 논문에서 제안하는 RTPN은 (그림 6)과 같은 동기화 수행 모델을 기반으로 한다. 사용자가 각 미디어 사이의 시간 관계를 명세 모델에 의해 표현하면 RTPN 스킴관리기는 멀티미디어 / 프리젠테이션 서버가 필요로 하는 여러 정보들을 생성한다. 멀티미디어 서버는 각 저장 매체의 특성 정보를 유지하면서 저장되어진 멀티미디어 데이터를 관리, 제공하며 특히, 네트워크 전송시 서로 관련성이 있는 미디어 사이의 동기화를 위해 각 미디어 스트림의 재생시간을 같은 크기의 LDU단위인 SIU(Synchronization Inter Unit)로 분할한다. 큐 모니터링 서버는 목적지에서 동기화를 보다 쉽게 하기 위해서 트리거 패킷에 의해 가변적인 네트워크 지연을 계속 모니터링하여 보다 유동적이며 효율적인 버퍼관리를 할 수 있게 한다. 프리젠테이션 서버는 각 미디어 데이터의 검색 및 재생시간을 결정하여 멀티미디어 서버에게 제공하며 비동기와 같은 이상 현상을 제안한 프리젠테이션 레벨의 생성 알고리즘에 따라 처리한다.



(그림 6) 동기화 수행모델

3.2 비동기 제어 알고리즘

RTPN은 각 트랜지션에서 특별한 기능을 갖는 함수를 가지며 이 점화 함수는 점화되는 시점에서 적용하는 함수이다. 따라서 RTPN이 점화 함수에 의해 얻어진 미디어 객체의 동기정보에 따라 수행된다 하더라도 분산 환경의 특성상 재생시에 비동기 오류가 발생할 수 있으므로 프리젠테이션 레벨에서의 동기제어 알고리즘인 A-XOCPN(Augmented-XOCPN) 비동기 보상 메카니즘을 도입하고자 한다[12]. 동기/비동기와 상관없이 임의의 m\_multiple SIU마다 일정한 주기로 무조건 동기점(inter-stream pacing point)을 삽입하는 XOCPN [9]의 동기 객체 삽입 메카니즘을 보완한 A-XOCPN은 XOCPN의 프레임은 그대로 사용하면서 각 SIU 트랜지션 지점에서의 누적 지연(Td)과 비동기 허용율(QoS value)에 따라 동기를 맞추므로써 정확한 동기점을 보장할 수 있다. XOCPN의 동기객체 파라메타를 임의로 변화시키면서 A-XOCPN의 동기제어 알고리즘과 비교한 실험결과 XOCPN에서의 m파라메타를 일정한 multiple 단위로 결정한다는 것은 적절한 비동기 복구 방법이 아님을 알 수 있으며 각 미디어 스트림의 SIU사이의 누적 지연과 QoS에 의한 A-XOCPN의 동기제어가 더욱 효과적임을 알 수 있다[13]. (그림 7)은 프리젠테이션 레벨의 동기 수행을 위해 각 미디어 재생시간을 SIU 동기점 단위로 분할한 확장된 RTPN모델을 나타낸 것이다. 위에서 언급한 것처럼 트랜지션 지점에서의 비동기를 비동기 생성 알고리즘에 따라 프리젠테이션 서버가 모니터링하여 허용 스큐를 초과하는 SIU 지점에서 동기를 맞추는 뒤 누적 지연시간을 초기화한 후 프리젠테이션을 계속 진행함으로써 동기가 이루어진다[13].



(그림 7) 확장된 RTPN 표현

4. 성능 실험 평가

비교 모델인 RTSM은 지연에 민감한 주요미디어의

스트림 동기화에 역점을 두는 반면 제안된 RTPN은 특정 시스템에만 적용되기 보다 실시간 분산 환경의 여러 멀티미디어 응용에 적용될 수 있도록 모델링하였다. RTSM은 성능 평가 척도로서 전송 패킷에 대한 각 미디어별 지터만 보임으로서 구체적인 미디어간 동기화에 대한 성능 측정은 생략하고 있다. 그러나 본 연구에서는 미디어내 동기화에 기반하여 미디어간 동기를 보장하는데 초점을 맞추었으므로, 응용의 서비스 품질을 측정하는 파라미터로서 각 트랜지션의 수행 시간과 처리된 미디어의 수를 성능 측정 요소로 두고자 한다.

4.1 실험 환경

성능 측정 실험은 우선 본 논문에서 제시한 RTPN을 지터와 스큐를 변화시키면서 트랜지션의 평균 수행 시간과 수행된 미디어의 개수를 비교 분석하여 최적의 지터와 스큐를 찾아본다. 그리고, 기존의 동기화 모델인 OCPN, RTSM과 본 논문에서 제안하는 동기화 모델인 RTPN을 트랜지션의 수행 시간과 수행된 미디어의 개수에서 비교한다.

<표 1> 실험에서 사용된 객체들의 속성

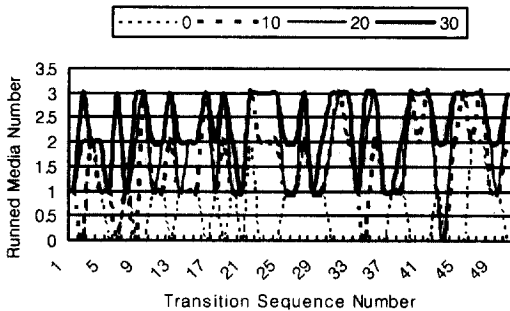
객체 6종류	실행 시간	평균 지연시간	지연시간 표준편차
오디오	100ms	100ms	20ms
비디오	50ms	120ms	100ms
텍스트	100ms	10ms	100ms

성능 측정 실험에서 사용되는 트랜지션의 개수는 100개이고, 각 트랜지션에는 비디오 객체와 오디오 객체, 그리고 텍스트 객체가 하나씩 존재하며 RTPN의 점화함수에 따라 지연에 민감한 오디오 객체를 키미디어로 두었으며 응용상 오디오와 반드시 함께 동기화되어야 하는 상대 키미디어 객체를 비디오로 두고 실험을 행하고자 한다. <표 1>은 각 미디어 패킷의 속성을 나타낸다. 약 1 Kbytes 크기의 오디오 데이터가 실행되는 시간이 100ms이기 때문에 오디오 객체의 실행 시간은 100ms로 한다. 그리고 비디오 객체는 초당 20 프레임을 보여주기 위해서 50ms 동안 실행되게 한다.

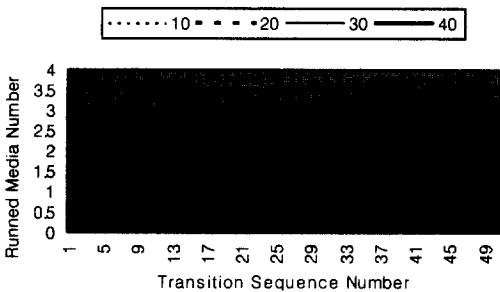
4.2 RTPN 성능 분석

(그림 8)은 각각 지터와 스큐를 변화시키면서 각 트랜지션을 통과하여 수행된 미디어의 개수를 비교한 그림이다. (그림 8-a)는 키 미디어인 오디오 미디어의 지

터값이 0, 10, 20, 30의 네 가지 값일 때 각 트랜지션의 수행 미디어의 개수를 보여준다. (그림 8-b)는 키 미디어인 오디오와 상대 미디어인 비디오의 skew값이 10, 20, 30, 40의 네 가지 값일 때 각 트랜지션의 수행 미디어의 개수를 보여준다. 그림에서 알 수 있듯이 본 논문에서 제시한 RTPN의 경우 jitter와 스큐값의 조절을 통해 각 트랜지션의 수행 미디어의 개수를 변화시킬 수 있음을 알 수 있다. 트랜지션의 수행 미디어 개수는 각 트랜지션이 처리하는 QoS와 밀접한 관계를 가지므로 적용할 응용의 QoS 요구에 따라 적절한 지터나 스큐값의 선택이 필요하다.



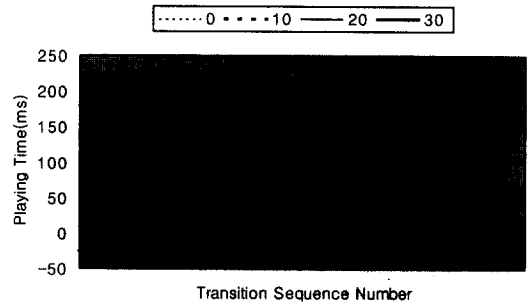
(a) jitter값에 따른 수행 미디어의 개수(skew : 20ms)



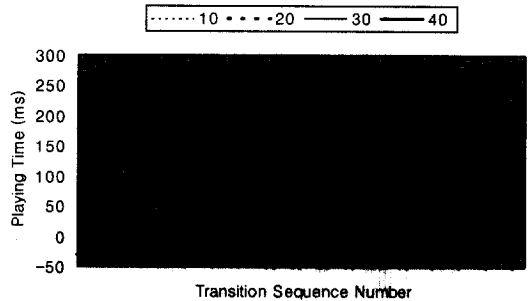
(b) skew값에 따른 수행 미디어의 개수(jitter : 20ms)

(그림 8) RTPN의 수

(그림 9)는 (그림 8)과 동일한 실험을 사용하여 수행 미디어의 개수 대신 각 트랜지션의 수행 시간을 비교한 그림이다. 멀티미디어 응용에서는 QoS도 중요하지만 응용에 따라 실시간성이 더 중요한 경우가 있다. 따라서, 트랜지션의 수행 시간은 응용의 동기화 기법 설계의 중요한 요소이다. 그림에서 볼 수 있듯이 지터와 스큐값이 증가하게 되면 트랜지션의 수행 시간도 증가함을 알 수 있다.



(a) jitter값에 따른 수행 시간(skew : 20ms)



(b) skew값에 따른 수행 시간(jitter : 20ms)

(그림 9) RTPN의 트랜지션 수행 시간 변화

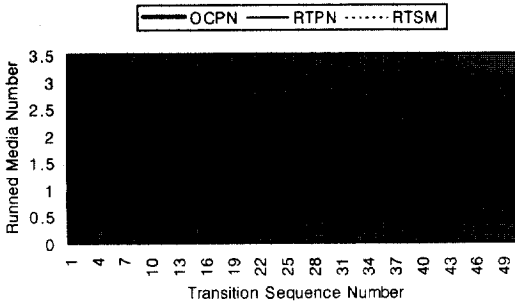
(그림 8)과 (그림 9)의 실험 결과 멀티미디어 응용에 동기화 기법을 적용할 때 응용의 서비스 특성에 따라 QoS와 실시간성 간의 tradeoff가 필요하며, 이는 적절한 지터와 스큐값의 선택으로 가능함을 알 수 있다.

### 4.3 기존의 기법과 비교

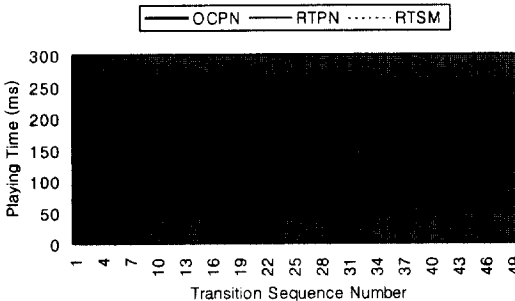
본 논문에서 제안한 동기화 모델인 RTPN의 성능 분석을 위해서는 기존의 동기화 모델들과 비교가 필수적이다. 비교 대상으로 기존의 동기화 모델 중 공인된 모델인 OCPN, RTSM을 사용하여 RTPN의 QoS와 실시간성에서의 우수성과 유연성을 보이도록 하겠다. 각 기법간의 비교 항목은 앞서 실험한 각 트랜지션의 수행 미디어 수와 수행 시간으로 설정하였다.

(그림 10)은 OCPN과 RTSM을 RTPN과 비교 분석한 실험 결과이다. RTPN의 실험 인자로 스큐값은 20ms, 지터는 20ms로 설정하여 실험 하였다. (그림 10-a)는 각 기법들의 트랜지션 수행 미디어 수를 비교한 실험 결과이다. OCPN의 경우 모든 미디어의 도착 후 트랜지션을 실행하기 때문에 3가지 미디어 모두 실행되게 된다. RTSM의 경우 키미디어인 오디오의 수

행 준비가 완료되면 다른 미디어의 상태와 상관 없이 트랜지션이 수행 되므로 트랜지션 수행 미디어 개수는 가장 작다. 본 논문에서 제안한 RTPN의 경우에는 키 미디어인 오디오와 상대 키 미디어인 비디오간의 스큐와 키미디어인 오디오의 지터를 고려함으로써 RTSM보다 많은 수의 미디어를 수행하게된다. (그림 10-b)는 각 기법들의 트랜지션 수행 시간을 비교한 실험 결과이다. (그림 13-a)와 trade off관계가 있음을 알 수 있다. 따라서, 본 논문에서 제안한 동기화 기법인 RTPN이 기존의 동기화 기법인 RTSM보다 QoS면에서 트랜지션 수행 미디어 수가 앞서므로 더 나은 성능을 보이고 실시간성 면에서도 트랜지션 수행 시간이 OCPN보다는 훨씬 나은 성능을 보이며 RTSM과도 유사한 성능을 보인다. 또한, 지터와 스큐의 조정으로 QoS와 실시간성간의 유연한 조정이 가능함을 알 수 있다.



(a) 각 기법간 트랜지션 수행 미디어 수



(b) 각 기법간 트랜지션 수행 시간

(그림 10) 각 기법간 성능평가

### 5. 결 론

본 논문에서는 동기화 제어가 어려운 분산 멀티미디어 시스템의 서비스 제공에 있어 핵심적인 기술로 부

상된 동기화에 대한 RTPN 동기화 명세 모델 및 비동기 제어 알고리즘을 제시하였다. RTPN은 미디어의 지연관계나 중요도에 의해 주요 키 미디어와 상대 키 미디어에 기반한 점화함수에 의해 다양한 미디어 객체간의 시간 관계를 유연하게 기술하면서 응용에 따른 QoS를 보장할 수 있도록 모델링하여 미디어내 동기화와 미디어간 동기화를 지원한다. 또한 제안한 비동기 제어 알고리즘은 정확한 비동기점을 포착하므로써 기존의 XOCPN 모델을 보다 개선하였다

### 참 고 문 헌

- [1] 한국 전자 통신 연구소, "멀티미디어의 세계", 한국 전자 통신 연구소, 1993.
- [2] R. Steinmetz and K. Nahrstedt, multimedia : computing, communications and applications, Prentice Hall, 1995.
- [3] M. A. Montgomery, "Techniques for packet Voice Synchronization," IEEE Journal on selected areas in communication, Vol.SAC-1, dec. 1983.
- [4] T. D. C.Little and A. Ghafoor, "Multimedia synchronization Protocols for Broadband Integrated services," IEEE journal on selected areas in communication, Vol.9, No.9, DEC. 1991.
- [5] L. Besse, L. Dairaine, W. tawbi, and K. thai, "towards and architecture for distributed multimedia applications support," proc. of the International conference on Multimedia computer and systems, Boston, may 1994.
- [6] Dimitrova, N., and F. Golshani, "EVA : A Query Language for Multimedia Information Systems," Proc. of Multimedia Information systems An International Workshop Proc., pp.1-20, 1992.
- [7] Kim, Woosaeng, E. P. Lim, and Srivastava, Jaideep, "Timing Specification and Synchronization for Multimedia Information Systems," Proc. of the IEEE Workshop on Architectural Aspects of Real-Time Systems, San Antonio, TX., Dec. 1991.
- [8] Little, Thomas D. C., and Arif Ghafoor, "Synchronization and Storage Models for Multimedia Objects," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.8, No.3, pp.413-427, April 1990.
- [9] Naveed U. Qazi, Miac Woo, Arif Ghafoor, "A Synchronization and Communication Model for Distributed Multimedia Objects," Proc. of the First ACM Int'l Conference on Multimedia, Aug. 1993, pp.147-155.
- [10] Allen, J. F., "Maintaining Knowledge About Temporal Intervals," CACM, November, Vol.26, pp.832-



843, 1983.

- [11] C. Yang and J. Huang, "A Multimedia synchronization Model and Its Implementation in transport protocols," IEEE journal on selected areas in communications. pp.212-225 Jan 1996.
- [12] 박영숙, 정기동, "부산 멀티미디어 시스템 동기화를 위한 개선된 XOCNP 모델", 한국정보과학회 영남지부 '95 학술발표논문집, 제2권 제1호, pp.101-103, 1995.
- [13] 최태욱, 박영숙, 정기동, "실시간 NOD 시스템을 위한 클라이언트 기반 동기화 메카니즘", 한국정보과학회 '98 학술발표 논문집, 제5권 제1호 pp.273-274, 1998.
- [14] 김은애, "부산 멀티미디어 시스템에서의 시간 동기화", 부산대학교 석사학위논문, 1995.



### 박영숙

e-mail : yspark@mail.yangsan.ac.kr  
 1977년 부산대학교 공과대학 기계  
 공업교육학과 졸업(공학사)  
 1987년 부산대학교 산업대학원  
 전자계산학과(공학석사)  
 2001년 부산대학교 대학원 전자  
 계산학과(이학박사)

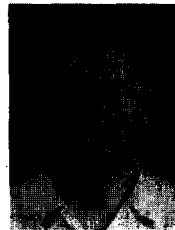
1992년~현재 양산대학 컴퓨터인터넷정보과 조교수  
 관심분야 : 멀티미디어, 정보처리 응용



### 이승원

e-mail : bluecity@melon.cs.pusan.ac.kr  
 1997년 부산대학교 전자계산학과  
 졸업(학사)  
 1999년 부산대학교 대학원 전자  
 계산학과 (이학석사)  
 1999년~현재 부산대학교 대학원  
 전자계산학과(박사과정)

관심분야 : 파일시스템, Mobile Computing



### 정기동

e-mail : kdchung@melon.cs.pusan.ac.kr  
 1973년 서울대학교 졸업(학사)  
 1975년 서울대학교 대학원 졸업  
 (석사)  
 1986년 서울대학교 대학원 계산  
 통계학과 졸업(이학박사)

1990년~1991년 MIT, South Carolina 대학 교환 교수  
 1995년~1997년 부산대학교 전자계산소 소장  
 1978년~현재 부산대학교 전자계산학과 교수  
 관심분야 : 병렬처리, 멀티미디어