

멀티미디어 시나리오를 이용한 효율적인 데이터 전송 기법 연구

서 덕 록[†] · 이 원 석^{††}

요 약

멀티미디어 시나리오 데이터베이스 시스템은 데이터 간의 연관 관계, 다중경로 및 데이터 공유 등의 정보를 그래프 구조로 표현하여 멀티미디어 데이터의 재생순서를 나타내는 시나리오로 기술하고, 정의된 시나리오를 참조하여 멀티미디어 데이터를 사용자에게 실시간으로 전송하는 읽기 전용 주문형 멀티미디어(Multimedia-on-demand) 시스템이다. 멀티미디어 시나리오 데이터베이스 시스템은 서비스되는 멀티미디어 객체의 메타데이터(metadata)를 저장하고 있는 시나리오 데이터베이스를 참조함으로써 데이터 전송을 위한 사전-스케줄링(pre-scheduling)을 수행하여 전송 지연으로 인한 반응시간을 줄이며, 시나리오를 다양한 기법으로 재순서하여 전송함으로써 데이터 전송효율을 향상시킬 수 있다. 본 논문에서는 멀티미디어 객체의 시간적·공간적·의미적 연관 관계를 기술하는 시나리오의 구성에 필요한 사항을 논하고 이의 저장·관리를 위한 시나리오 데이터베이스를 설계하며, 시나리오 재순서화를 이용한 스케줄링 방안에 대하여 논한다.

A Study for Efficient Transmission Policies using Multimedia Scenarios

Duk-Rok Suh[†] · Won-Suk Lee^{††}

ABSTRACT

Multimedia scenario database system is a read-only multimedia-on-demand system which transfers scenarios representing the display ordering of multimedia objects. A scenario is a graph of multimedia objects and it contains spatial, temporal and contextual information of multimedia data. By structuring multimedia objects as a scenario, it is possible to enforce their display order based on their context. Furthermore, it can provide multiple display paths as well as the sharing of objects between different scenarios. As a result, the multimedia scenario database system can perform the pre-scheduling of multimedia objects, which makes it possible to reorder the transmission order of objects in a scenario. Consequently, the overall system resource such as data buffer and network bandwidth can be highly utilized. In this paper, we discuss the requirements of structuring a scenario to design a scenario database that stores and manages multimedia scenario. Furthermore, we devise and analyze several scheduling policies based on the reordering mechanism for the objects in a scenario.

※ 본연구는 '97 초고속 정보통신망 응용 기술개발 사업(과제번호 97-E-30)의 연구비지원으로 수행되었음

† 정 회 원 : 한국PC통신 시스템개선팀

†† 정 회 원 : 연세대학교 컴퓨터과학과 교수

논문접수 : 1998년 7월 13일, 심사완료 : 1998년 8월 25일

1. 서 론

컴퓨터를 근간으로 하는 대용량 저장 매체와 고속 네트워크를 이용한 전송 기술의 발전으로 단일 시스템 상에서 이루어져 오던 멀티미디어 데이터의 저장·저장·관리·검색 및 재생 기능을 네트워크상의 분산 환경 시스템 내에서 실시간으로 처리할 수 있게 되었다. 멀티미디어 데이터는 연속적인 매체(CM : Continuous Media)와 비연속적인 매체(DM : Discrete Media)로 구분되며, 전자에는 오디오·비디오 등의 스트림형 데이터가 속하며, 이미지·텍스트 등의 비스트림형 데이터가 후자에 속한다. CM의 실시간 온라인 서비스를 위한 데이터의 저장 구조, 관리 형태, 스케줄링 및 전송에 관한 연구는 비디오 서버[3,4,5] 등의 연구를 통하여 광범위하게 진행되어 왔으며, 이를 통하여 축적된 기술을 기반으로 하여 CM과 DM을 동시에 서비스 하는 멀티미디어/하이퍼미디어 서비스에 대한 연구가 현재 활발하게 진행되고 있다[6,10,11,15]. 멀티미디어/하이퍼미디어 서비스의 활용 분야로서 최근 각광 받고 있는 WWW과 인터넷 TV[15] 등의 분산 하이퍼미디어 시스템은 장기적으로 비디오·오디오·이미지·텍스트 등의 다양한 연속·비연속적 데이터의 실시간 전송을 포함하게 될 것으로 예측되고 있다.

멀티미디어 데이터를 이용한 응용 시스템은 크게 세 가지로 구분할 수 있다[6]. 첫번째로 VOD(Video-On-Demand)는 원격 호스트에 저장된 동영상 데이터를 고속 네트워크를 통하여 사용자에게 전송 받아 실시간으로 재생하는 시스템이다. 일반적으로 VOD시스템에서 다루는 데이터 형태는 한 가지로 국한되어 있어 별도의 데이터 모델링 기법을 도입할 필요가 없고, 제한된 형태의 사용자 상호작용만을 제공한다. 반면, 서버에서 다루어야 할 데이터가 방대하고, 데이터 전송에 많은 네트워크 대역폭을 요구하므로 VOD시스템은 대용량의 저장 장치와 고속의 네트워크를 기반으로 연구되고 있다. 두번째로 실시간 영상·음성 통신 응용 시스템인 화상 회의 시스템이 있다. VOD 시스템의 데이터 흐름이 사전에 생성 저장된 동영상 데이터를 단방향으로 전송하는 것임에 반하여 화상 회의 시스템은 한정된 사용자가 영상·음성 데이터를 실시간 생성하여 양방향으로 전송·재생하는 것이 특징이다. 화상 회의 시스템에서 다루는 데이터 형태는 영상과 음성에 국한되어 있으며 이들의 동기화에 관련하여 집중적으

로 연구가 진행되고 있다. 세번째로 컴퓨터 기반 학습, 전자 백과 사전, 전자 도서관 등의 응용 시스템이 있다. 앞의 두 부류의 멀티미디어 응용 시스템에 비하여 다양한 형태의 CM과 DM 데이터를 조작하기 때문에 이들에 대한 모델링을 위한 방안이 요구되며 폭 넓은 사용자와의 상호작용을 제공하는 시스템 구조의 설계가 중요한 문제로 부각된다.

본 논문에서 제안하는 멀티미디어 시나리오 데이터베이스 시스템은 전술한 멀티미디어 응용 시스템 중 세번째 것으로 분류되며, 멀티미디어 데이터 간의 연관 관계·다중경로 및 데이터 공유 등의 정보를 멀티미디어 객체와는 독립적인 서비스 시나리오로 기술하고, 시나리오를 참조하여 멀티미디어 데이터를 사용자 시스템에 실시간으로 전송·재생 하는 읽기 전용 대화형 시스템이다. 본 논문에서는 멀티미디어 시나리오 데이터베이스 시스템의 구성에 필요한 소요 기술 중 시나리오의 저장을 위한 데이터베이스의 구성과 이를 이용한 멀티미디어 데이터의 전송 기법에 관하여 중심으로 논하도록 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 멀티미디어 시나리오 데이터베이스 시스템의 구성 방안에 대하여 개략적으로 설명하며, 멀티미디어 서비스를 위한 시나리오의 특성과 구조에 대하여 고찰하고 이를 바탕으로 본 시스템에서 사용하는 관계형 데이터베이스 스키마를 정의한다. 제3장에서는 시나리오 데이터베이스 서버에서 데이터 전송시 사용되는 시나리오 참조를 통한 데이터의 프리패치와 재순서화(reordering) 기법을 이용한 효율적인 전송 방안에 대하여 기술한다. 제4장에서는 여러 가지 재순서화 기법의 특징을 살펴보고, 제안된 재순서화 기법에 대한 모의 실험을 통하여 서버 시스템의 성능 평가를 수행하며, 제5장에서는 결론과 함께 향후 연구 방향에 대하여 기술한다.

2. 관련 연구

멀티미디어 서비스를 위한 연구의 흐름은 크게 동기화를 중심으로 멀티미디어 객체의 기술 방안에 대한 연구와 CM을 중심으로 한 실시간 스케줄링에 대한 연구로 나누어 진다. 멀티미디어 객체의 기술 방안에 대한 연구는 HyTime, MHEG, OCPN의 세 가지가 대표적인 예이다. 먼저, HyTime(Hypermedia Time-Based Document Structuring Language)[1]은 SGML(Standard

Generalized Markup Language)을 기반으로 멀티미디어/하이퍼미디어 문서를 기술하기 위하여 사용된다. 프리젠테이션 객체는 시간, 공간 등의 축으로 이루어진 절대 좌표에 위치하여 동기화 구조를 제공하지만, 프리젠테이션 객체와 사용자와의 대화성을 제공하지 못하는 단점이 있다.

ISO에서 표준화 작업이 이루어지고 있는 MHEG(Multimedia and Hypermedia Expert Group)[2]은 이기종간의 멀티미디어/하이퍼미디어 응용의 데이터 교환을 위하여 고안되었으며, 객체 지향 모델의 클래스로 이루어진 MH-객체를 통하여 동기화와 대화성을 제공하며, MH-객체의 링크를 통하여 다양한 멀티미디어 문서를 이룬다. [7]의 연구에서는 MH-객체를 분석하는 MHEG 엔진을 설계하고 MH-객체 데이터베이스 서버와 이에 접속을 용이하게 하는 네트워크 인터페이스 및 응용 개발 인터페이스를 구성하여 MHEG을 이용한 응용 프로그램 개발 플랫폼을 설계하였다.

[6]의 연구에서는 OCPN(Object Composition Petri Net) [8] 모델을 기반으로 OCPN에서 결여되었던 사용자와의 대화성과 분기 기능을 추가하여 다양한 멀티미디어 객체의 모델링, 저장 및 조장이 가능한 데이터베이스를 구성하고, 멀티미디어 객체를 재생하는 프리젠테이션 엔진을 설계하여 멀티미디어 시나리오 데이터베이스 시스템을 구성하였다.

한편, 멀티미디어 서비스의 데이터 전송에 있어서 미디어간의 최소 요구 대역폭이 서로 상이하다. 즉, 높은 전송 대역폭을 필요로 하는 동화상 데이터와 이에 비하여 상대적으로 적은 대역폭을 사용하는 오디오, 이미지, 텍스트 등의 데이터 간의 최적화된 전송 스케줄링은 효율적인 시스템 자원을 활용을 위하여 반드시 필요하며, 이러한 실시간 스케줄링 기법에는 Earliest-

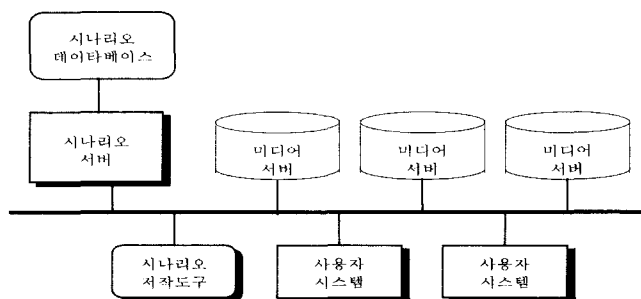
Deadline-First(EDF) 알고리즘과 Rate-Monotonic(RM) 알고리즘이 있다[9].

EDF 알고리즘은 준비 상태이면서 서비스가 완료되지 않은 시나리오 중에 데드라인이 가장 가까운 시나리오가 가장 높은 우선순위를 할당받아 서비스 되는 방법이다. 새로운 시나리오 혹은 매체의 전송이 요구될 때마다 스케줄링을 동적으로 재조정해야 하므로 스케줄링에 대한 오버헤드가 높은 반면 가장 빠른 시간 내에 서비스되어야 하는 데이터를 우선적으로 전송할 수 있다. RM 알고리즘은 사용자의 전송 요구와 동시에 전송 스케줄링에 대한 우선순위가 계산되어 서비스의 종료시까지 별도의 추가적인 우선순위 계산이 없이 적용할 수 있는 기법이다. 이를 적용하기 위하여서는 작업의 정의에 있어서 보다 제약성이 많으며, 스케줄링 시 작업 전환에 따른 오버헤드가 크다는 단점이 있다.

3. 멀티미디어 시나리오 서비스의 구조

본 논문에서 제안하는 멀티미디어 시나리오 데이터베이스 시스템 [12]은 그림 1과 같이 사용자에게 서비스 가능한 시나리오를 관리하고 있는 시나리오 데이터베이스, 멀티미디어 데이터형에 따라 독립적으로 구성되어 저장·전송하는 미디어 서버, 시나리오의 생성에 따라 시나리오 서버와 미디어 서버의 저장 정보를 추가·갱신하는 시나리오 저작 도구와 시나리오에 따라 멀티미디어 객체의 재생을 담당하는 사용자 시스템 등의 네 구성 요소가 네트워크를 통하여 연결된 분산 구조로 구성된다.

시나리오 서버는 시나리오 데이터베이스를 관리하며 사용자의 질의에 따라 데이터베이스를 검색하여 결과를 반환하며, 시나리오 데이터베이스에 저장되어 있



(그림 1) 멀티미디어 시나리오 데이터베이스 시스템 구성도
(Fig. 1) Multimedia scenarios database system configuration

는 멀티미디어 객체의 메타데이터 중 객체의 재생에 필요한 정보는 사용자 시스템에 전송한다. 이 메타데이터는 서버 시스템의 스케줄러가 참조하여 객체의 실시간 전송에 필요한 스케줄링 정보로 사용된다. 시나리오 서버는 사용자의 초기 접속 및 사용자 허가(admission control)를 수행하며, 사용자와의 상호작용에 따라 결정되어지는 시나리오를 참조하여 멀티미디어 데이터의 전송에 필요한 스케줄링을 수행하며, 멀티미디어 시나리오 데이터베이스 시스템을 구성하는 모든 미디어 서버의 서비스 상황 및 상태를 관리한다.

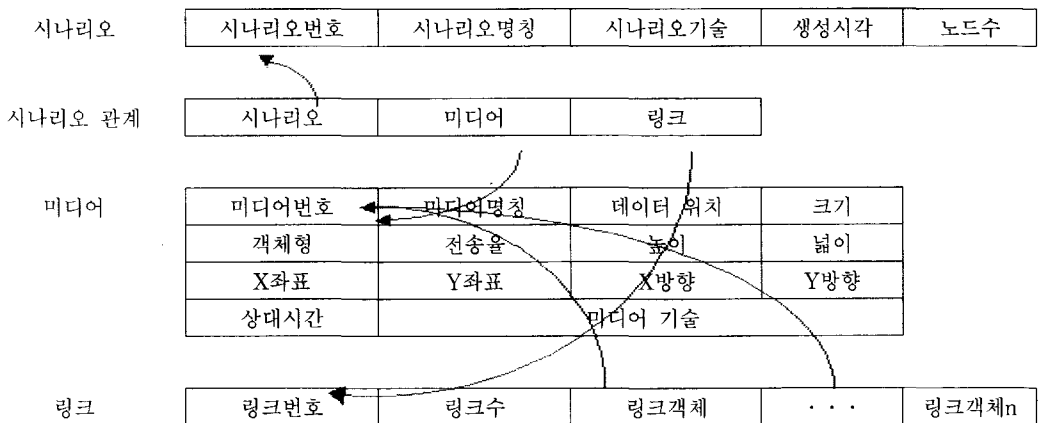
미디어 서버는 멀티미디어 시나리오 데이터베이스 시스템에서 서비스가 제공되는 멀티미디어 객체형에 따라 분리하여 독립적인 호스트에 저장하고 있으며, 시나리오 서버와의 통신을 통하여 사용자가 요구하는 멀티미디어 객체를 스케줄링 테이블의 정보에 따라 사용자에게 전송한다. 객체형에 따라 분리를 함으로써 멀티미디어 데이터의 저장 및 관리를 데이터의 특성에 맞게 특화 시킬 수 있는 장점이 있다. 미디어 서버는 비디오·오디오 등의 높은 네트워크 대역폭 및 시간적 제약 조건을 갖는 CM에 대하여 전송에 필요한 충분한 네트워크 자원을 미리 확보하는 자원 예약 기능을 갖고 있어야 한다.

시나리오 저작 도구는 저작자의 의도에 따라 새로운 시나리오를 구성하여 시나리오 데이터베이스에 추가하며, 시나리오에서 참조하는 멀티미디어 객체를 미디어 서버에 저장한다. 이전에 생성된 시나리오 및 멀티미디어 객체의 공유·재사용을 위하여 시나리오 서

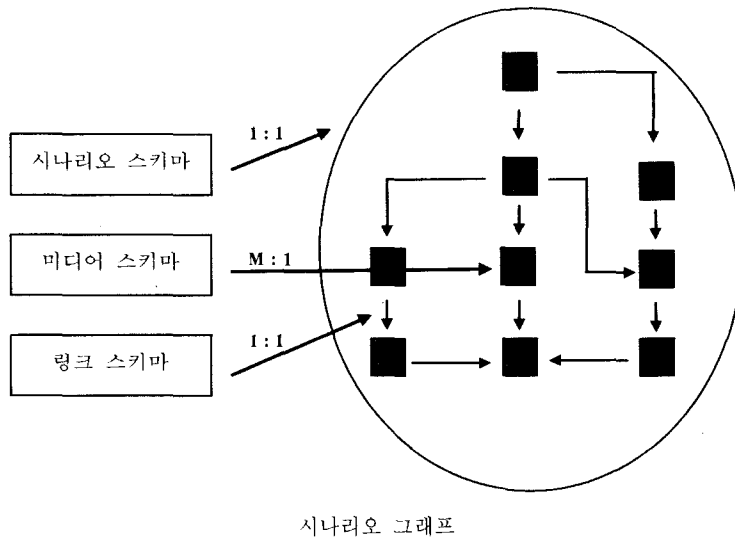
버 및 미디어 서버의 기존의 데이터 검색이 가능해야 하며, 멀티미디어 객체간의 시간적·공간적·의미적 관계를 사용자가 이해하기 쉽게 표현 가능한 GUI를 제공해야 한다. 사용자 시스템은 시나리오 서버에의 접속을 수행하여 시나리오 질의를 통하여 선택되어진 시나리오를 시나리오 서버로부터 전송받아 해석하여, 시나리오가 기술하고 있는 정보에 미디어 서버에서 전송되는 멀티미디어 객체를 사용자에게 프리젠테이션하는 시스템이다.

본 논문에서 제안하는 멀티미디어 시나리오 데이터베이스 서버에서 사용하는 시나리오의 저장을 위하여 정의된 관계형 스키마를 그림 2에 나타내었다.

서비스 가능한 시나리오의 목록은 시나리오 스키마에 저장되며 시나리오번호를 기본키로 하여 시나리오의 명칭, 시나리오에 대한 간략한 설명, 생성시간과 시나리오에 포함된 전체 멀티미디어 객체의 수를 속성으로 갖어 시나리오 전체에 대한 정보를 저장한다. 미디어 스키마는 시나리오에서 사용되는 각 멀티미디어 객체의 속성을 저장하고 있는 스키마로써 미디어번호를 기본키로 갖으며, 객체의 크기 및 형태 그리고 저장되어 있는 호스트 명 및 경로 등의 데이터 전송에 필요한 정적인 정보와 공간 좌표, 시간 좌표 등의 재생에 필요한 동적인 정보를 저장하고 있다. 각 멀티미디어 객체는 시간적으로는 상대시간 속성에 따라, 공간적으로 X방향, Y방향 속성에 의하여 다른 객체와의 시공간적으로 동시에 재생되거나 독립적으로 동기화·재생



(그림 2) 시나리오 객체의 관계형 데이터베이스 스키마
(Fig. 2) Relational database schema for scenario objects



(그림 3) 시나리오 스키마와 시나리오 그래프와의 관계
 (Fig. 3) Relationship between scenario schema and scenario graph

되어 진다. 링크 스키마는 링크번호를 기본키로 갖으며 시나리오, 미디어, 링크 스키마의 기본키를 외부키로 갖는 시나리오 목록 스키마의 정보를 통하여 참조되어지는 멀티미디어 객체들 간의 관계를 표현하고 있는 스키마이다.

그림 3은 앞서 정의한 시나리오 스키마 구조와 시나리오 그래프와의 관계를 표현한다. 데이터베이스에 저장되어 있는 시나리오는 사용자의 서비스 요구에 따라 시나리오 서버에 존재하는 시나리오 분석 모듈을 통하여 멀티미디어 객체간의 관계 및 시나리오의 구조를 파악하기 용이한 시나리오 그래프로 동적으로 변환된다. 시나리오 그래프 내의 각 노드는 미디어 스키마에 해당하는 멀티미디어 객체의 정보를 갖으며, 링크 스키마의 정보는 노드와 노드의 관계로 표현되고, 시나리오 스키마 정보는 시나리오 그래프 전체에 대한 정보를 저장한다. 시나리오 그래프는 사용자의 선택에 따라 재생되는 시나리오가 변할 수 있도록 링크 스키마의 정보에 의하여 다중경로를 표현하며, 그래프 내에, 순환(cycle)이 존재하여 반복되는 데이터의 재생이 제한적으로 가능하다.

미디어 서버에 저장되어 있는 하나의 멀티미디어 객체는 여러 시나리오에서 공유될 수 있기 때문에 미디어 스키마의 튜플(tuple)과 1:M의 관계를 갖는다. 멀

티미디어 객체간의 시간적인 관계 [13,14] 에 따라 객체 α , β 와 매핑되는 미디어 스키마의 두 개의 튜플 t_1 과 t_2 의 관계가 before 또는 meets 인 경우는 t_1 과 t_2 는 서로 다른 시나리오 그래프의 노드로 매핑되며 그 외의 관계일 경우 즉, overlaps, during¹, starts, finish¹, equals 인 t_1 과 t_2 는 시나리오 그래프 내의 하나의 노드로 표현되므로 미디어 스키마와 시나리오 그래프 노드는 N:1관계를 이루게 된다. 표 1은 객체의 전송에 필요한 시간을 Transfer()로 정의하여, 두 튜플 t_1 , t_2 와 매핑 되는 객체의 시간적 관계에 따라 요구되는 전송 시간을 나타낸 것이다.

<표 1> 두 객체의 시간적 관계에 따른 요구 전송 시간
 <Table 1> Required transfer time based on the temporal relationship of two objects.

| t_1 과 t_2 의 관계 | 전송 시간 |
|--------------------|--|
| before | > Transfer (t_1) + Transfer (t_2) |
| meets | = Transfer (t_1) + Transfer (t_2) |
| overlaps | < Transfer (t_1) + Transfer (t_2) |
| during-1 | = Transfer (t_1) |
| starts | = Transfer (t_1) |
| finish-1 | = Transfer (t_1) |
| equals | = (Transfer (t_1) or Transfer (t_2)) |

4. 시나리오 전송 스케줄링

멀티미디어 시나리오 데이터베이스 시스템에서의 데이터 전송을 위한 스케줄링은 시나리오 서버에서의 전역 스케줄러와 각 미디어 서버에서의 지역 스케줄러에 의하여 두 단계로 이루어진다. 시나리오 서버의 전역 스케줄러는 각 사용자가 요구한 시나리오에 대한 서비스 허가와 시나리오 내의 객체에 대한 스케줄링 순서를 결정하며, 미디어 서버의 지역 스케줄러는 전역 스케줄러가 생성한 스케줄링 정보에 따라 해당 미디어 서버 내에 있는 데이터들을 사용자에게 멀티미디어 데이터를 실시간 스케줄링하여 전송한다. 시나리오 서버의 전역 스케줄러와 미디어 서버의 지역 스케줄러를 중심으로 한 멀티미디어 시나리오의 서비스 구조는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

4.1 전역 스케줄러

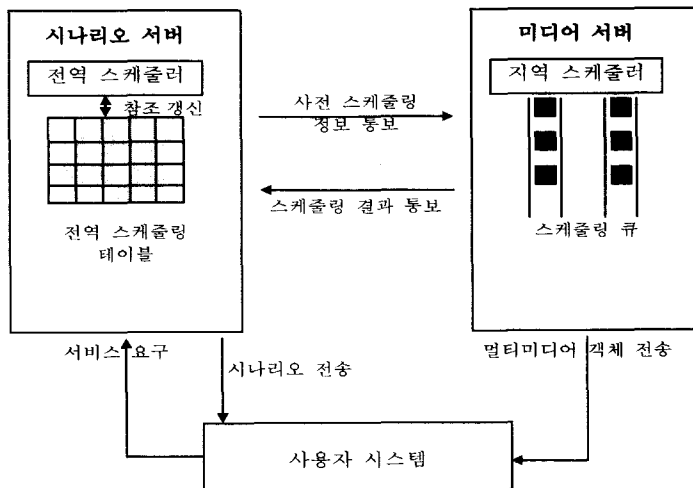
전역 스케줄러는 시나리오 그래프의 정보에 따라 사용자, 미디어 서버, 시간의 세 좌표축으로 이루어진 전역 스케줄링 테이블(global scheduling table)을 생성·운용하여 서버에서 서비스 중인 모든 시나리오와 사용자, 서버 내의 미디어 서버에 대한 스케줄링 정보를 저장한다. 전역 스케줄러에서 참조하는 주요 변수를 표 2에 나타내었다.

<표 2> 전역 스케줄러의 참조 변수
<Table 2> Parameters for global schedule

| | |
|--------------------------|---------------|
| 시나리오 내의 i번째 멀티미디어 객체의 크기 | $S(i)_{size}$ |
| 미디어형 | $S(i)_{type}$ |
| 미디어형에 따른 평균 전송률 | R_{mean} |
| 서버의 네트워크 대역폭 | N_{server} |
| 사용자 네트워크 대역폭 | N_{client} |
| 사용자 버퍼의 수 | B_{slot} |
| 사용자 버퍼의 크기 | B_{size} |

멀티미디어 데이터의 전송에 있어서 CM은 MPEG 데이터와 같이 내부 부호화 규칙에 따라 데이터의 압축율이 정의되어 정상적인 재생에 필요한 평균 전송률이 CBR(constant bit rate) 혹은 VBR(variable bit rate)로 사전에 결정되어져 있거나 정상적인 재생을 위한 최소 전송률을 시스템에 제한할 수 있으나, DM은 특성상 CM과는 달리 시간적 제약 조건이 정의되어 있지 않다. 그러나 DM에 대해서는 사용자가 내용을 인지하는 시간을 데이터 형의 소비율이라고 한다면 통계적으로 이를 산출할 수 있으며, 서버는 DM을 일정한 전송률(CBR)로 제공되는 스트림으로 간주하여 CM과 동일한 방식으로 처리 가능하다.

전역 스케줄러의 스케줄링 범위는 임의의 시간 $P_i = [t_{i-1}, t_i]$ 의 구간으로 주어지며, 예상 전송 시간이



(그림 4) 멀티미디어 시나리오 서비스의 스케줄링 구조
(Fig. 4) Scheduling structure of scenario services

구간 P_i 내에 위치하고 있는 서비스 요구된 시나리오 그래프의 노드를 대상으로 스케줄링을 수행한다. 한 사용자에 대한 스케줄링 범위는 시나리오 그래프의 단일 경로 구간을 단위로 이루어진다. 스케줄링의 범위가 다중경로를 포함한 구간이 되면 각 경로에 해당하는 미디어 서버의 자원을 모두 확보해야 하는 반면, 사용자 시스템에 재생되는 객체는 선택한 하나의 경로에 포함된 객체뿐이므로 n-ary 경로에서 (n-1)개의 경로에 포함된 객체는 불필요한 자원을 예약하게 되어 시스템의 서비스 성능을 저하시키는 결과를 가져온다.

새로운 스케줄링 요구가 들어오면 미디어 서버에서의 네트워크 자원 확보 여부를 사전에 검사하여 전역 스케줄링 테이블에 기록한다. 네트워크 자원 확보 검사가 실패하였을 경우 현재의 스케줄링 요구에 의한 갱신 정보를 원래의 상태로 복구하여 자원의 예약을 취소하고, 일정 시간 후 재시도를 한다. 스케줄링 범위의 모든 객체에 대하여 스케줄링 검사가 성공하면 전역 스케줄링 테이블에 기록하고 지역 스케줄러에 알려 멀티미디어 객체의 전송이 가능하도록 한다. 이상에서 설명한 스케줄링 알고리즘은 그림 5와 같다.

자원 예약이 성공하기 위한 조건을 단일경로로 이루어진 시나리오로 단순화하여 살펴보면, 시나리오의 시작 시간을 S_{start} 라고 정의하면, 시나리오에 포함된 i 번째 객체의 예상 전송 시작 시간 $S(i)_{start}$ 는

$$S(i)_{start} = S_{start} + \sum_{k=1}^i \frac{S(K)_{size}}{R(S(K)_{type})_{mean}}$$

로 정의되며, 이는 전역 스케줄러에서 (미디어서버, 사용자)에 대한 자원 예약 검사 시작 시간을 나타낸다. 미디어 서버에서 동시에 서비스 가능한 사용자 수 C_{max} 는 각 미디어 서버 별로

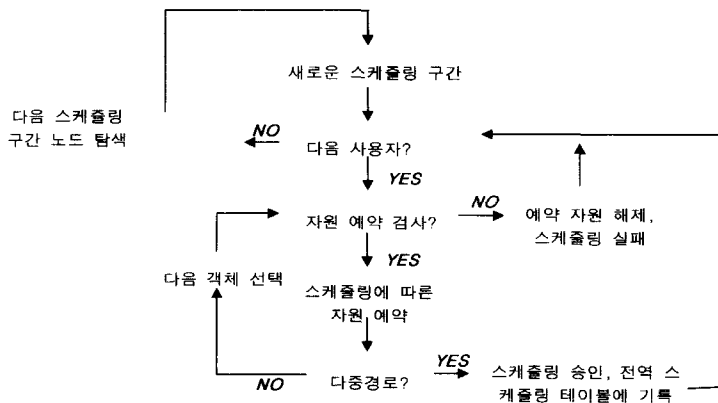
$$C_{max} = N_{server} / R_{mean}$$

로 한정되어 있으므로 $S(i)$ 가 성공적으로 스케줄링 되기 위해서는 해당 객체의 전송구간 $T(S(i)_{start} \leq T \leq S(i)_{end})$ 에 대하여 미디어 서버에서 현재 서비스 중인 사용자 수 $C_{current}$ 가

$$C_{current} \leq C_{max} - 1$$

을 만족해야 한다.

사용자가 오디오·비디오 등의 스트림형 데이터의 재생 중에 대화형 명령(정지·계속·빨리가기·되돌아가기·스킵 등)을 지시하면 스케줄러는 스케줄링 검사에서의 실패와 동일하게 서비스하고 있는 시나리오 그래프의 노드로부터 새로운 스케줄링을 시도하여 전송하며, 스케줄링의 재시도 간격은 연속적인 스케줄링 실패 회수를 k 라고 하면 2^k 로 증가한다. 이 경우 자원의 사용율이 높은 시나리오의 서비스에 대하여 무한 대기(starvation)가 발생하지 않도록 스케줄링 우선순위를 조절한다. 그리고, 단시간 내에 사용자의 서비스 요구가 폭주하면 연속적인 스케줄링 실패가 발생하여 정상적인 서비스가 불가능하므로 전역 스케줄러는 스케줄링 실패의 빈도가 일정 수준 이상으로 높아지면 새로운 사용자의 서비스 요구를 거부하여 현재 서비스 중인 사용자가 정상적인 데이터 전송을 받을 수 있도록 설계하였다.



(그림 5) 전역 스케줄링 알고리즘
(Fig. 5) Global scheduling algorithm

4.2 시나리오 재순서화

전역 스케줄러는 사용자의 요구에 따라 시나리오의 서비스 허가를 수행하며 선택된 시나리오에 따라 전송할 객체를 스케줄한다. 사용자 시스템에 네트워크를 통하여 서버로부터 전송되어진 객체를 저장할 메모리 버퍼가 존재하지 않는다면 전역 스케줄러는 시나리오에서 정의된 순서에 따라 객체를 전송해야 한다. 그러나, 사용자 시스템에 메모리 버퍼가 활용 가능하면 유휴(idle) 상태의 네트워크 대역폭을 이용하여 현재 서비스 되고 있는 객체 다음에 재생되어질 객체를 프리패치하여 사용자에게 전송할 수 있다. 이에 따라 스케줄링 패턴은 시나리오에 의한 순차적인 스케줄링 패턴과는 상이한 형태를 갖게 되며 이는 시간적으로 후에 재생되어질 멀티미디어 데이터가 먼저 전송되어지는 형태로 나타난다. 이 과정을 시나리오의 재순서화라고 정의 한다.

시나리오가 재순서화 가능한 조건은 첫째 서버 및 사용자 시스템에 유휴 네트워크 대역폭이 존재하고, 둘째 사용자 시스템에 하드웨어적으로 제공되는 네트워크 버퍼와 별개로 사용자 시스템이 제어가 가능하여 전송되어진 데이터를 임시적으로 저장 가능한 메모리 버퍼가 존재해야 한다.

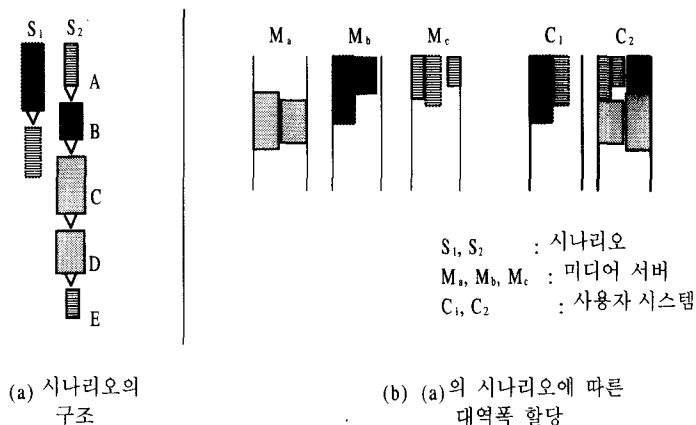
비디오·오디오 등의 CM객체와 일부 DM객체의 크기가 할당된 사용자의 버퍼의 크기보다 클 경우 재순서화가 불가능하게 된다. 이 경우 객체를 사용자의 버퍼 크기로 분할하여 객체의 시작 블록을 사용자에게

미리 전송하고, 해당 객체의 재생 시간을 산출하여 나머지 데이터를 시나리오에 따른 스케줄로 전송하는 구조를 가지면, 시나리오 내의 모든 멀티미디어 객체에 대하여 재순서화 전체 조건을 만족시키며 프리패치 전송이 가능하게 된다.

그림 6은 프리패치에 의한 시나리오 재순서화 모형을 단순화하여 나타낸 것이다. 시나리오 S₁, S₂가 각각 사용자 C₁, C₂에 서비스 되며 S₂는 객체 A, B, C, D, E를 순차적으로 전송하는 시나리오이다. 사용자 C₂에 대한 시나리오에 따른 전송 순서는 시나리오에 따라 순차적으로 스케줄링 할 경우 (A→B→C→D→E)이지만 프리패치에 의한 시나리오의 재순서화에 따라 (A, B, E)가 동시에 전송이 시작되며, (C, D)가 중첩되어 전송되어 진다. 물론 사용자 시스템에 재생되어야 할 객체가 미리 전송되어 있다 하더라도 객체의 재생은 시나리오에 기술된 순서에 따라 이루어진다.

재순서화를 위한 사용자 시스템의 버퍼는 큰 크기의 단일 버퍼보다는 작은 크기의 슬롯(slot)으로 구성된 버퍼로 이루어 지는 방안이 전역 스케줄러가 각 사용자 시스템의 유휴 버퍼를 고정된 크기의 슬롯 수 만을 관리함으로써 가용 버퍼의 크기를 예측할 수 있고, 사용자 시스템 또한 슬롯 단위로 인덱싱하여 전송되어진 객체를 재생할 수 있는 장점이 있다.

사용자 시스템의 버퍼를 이용한 재순서화는 미디어 서버의 유휴 네트워크 대역폭을 최대한 활용할 수 있



(그림 6) 프리패치 의한 시나리오 재순서화
 (Fig. 6) Scenario reordering based on prefetching

음과 동시에 나중에 재생되어 질 데이터를 프리패치하여 사용자 시스템의 버퍼에 전송함으로써 서비스 중인 사용자에게 대하여 빠른 반응 시간을 나타낼 수 있다. 반면 시나리오의 재순서화에 의하여 네트워크 대역폭의 사용이 집중되어 일어나므로 높은 네트워크 대역폭을 요구하는 데이터의 전송시에는 스케줄링이 실패할 가능성이 커지는 단점을 갖게 된다.

4.3 지역 스케줄러

지역 스케줄러는 전역 스케줄러에 의하여 생성된 전역 스케줄링 테이블의 정보에 따라 해당 멀티미디어 객체를 사용자 시스템에 전송한다. 객체에 대한 서비스가 종료되거나, 전역 스케줄러의 요구가 있을 때, 지역 스케줄러는 현재의 정보, 즉 서비스 되고 있는 데이터의 전송 정보 및 큐의 대기자를 전역 스케줄러에게 알린다. 전역 스케줄러는 분산된 미디어 서버의 지역 스케줄러가 전달한 정보에 따라 전역 스케줄링 테이블을 갱신한다.

전술한 바와 같이 미디어 서버는 멀티미디어 객체 형에 따라 구조화 되어 있기 때문에 전송할 데이터는 모두 동일한 평균 전송률을 갖고 있다. 따라서 지역 스케줄러는 시나리오에 따른 순차적인 스케줄링에 의하여 전송되는 데이터군(A군)과 재순서화 과정에 의하여 재생되어야 할 시간보다 먼저 전송되는 데이터군(B군)의 두 종류의 스케줄링 큐를 관리하여 전송한다. A군에 속한 각 미디어 데이터는 사용자 시스템에서 재생에 필요한 데드라인을 지키도록 필요한 경우 예약된 자원을 초과하여 우선적으로 스케줄링을 수행하여 전송하며, B군에 속한 미디어 데이터는 사용자 시스템의 버퍼에 저장된 후 재생되므로 A군에 속한 객체의 실제 전송률이 예약한 전송률보다 높을 경우 B군에 할당된 네트워크 자원을 일시적으로 감소시켜 데이터를 전송하며, 이를 전역 스케줄러에 알려 현재의 서비스 구간에 대한 전역 스케줄링 테이블의 정보를 갱신하도록 한다.

5. 실험결과 분석

본 장에서는 전술한 시나리오 참조를 통한 시나리오 재순서화에 사용되는 여러 가지 스케줄링 기법 및 이의 특성에 대하여 고찰하고, 각 스케줄링 기법에 따른 특성과 서버의 성능에 대한 검증을 위하여 수행한

모의 실험 환경 및 모의 실험 프로그램의 구성과 동작에 관하여 기술한다. 마지막으로 각 재순서화 기법의 특성을 파악할 수 있는 대표적인 모의 실험 결과를 도표로 나타내고 이를 분석하였다.

스케줄링 범위 내에 재순서화가 가능한 멀티미디어 객체가 복수로 존재할 경우 전역 스케줄러는 재순서 대상 멀티미디어 객체들 중 하나를 선택하여 시나리오를 재순서화하게 된다. 전역 스케줄러는 스케줄링 구간 내에 존재하는 시나리오 참조를 통하여 멀티미디어 객체에 대한 정보를 파악함으로써 스케줄링 실패를 일으키는 노드를 사전에 추출할 수 있다. 이렇게 스케줄링 실패를 일으키는 노드들에 대하여 사용자 버퍼와 유휴 네트워크 대역폭을 이용하여 해당 멀티미디어 데이터의 전송을 분산시킴으로써 스케줄링 실패의 빈도를 줄이는 재순서화 기법을 고려할 수 있다. 이 경우 스케줄러는 스케줄링 구간내에 있는 모든 사용자 리스트를 탐색하여 네트워크 대역폭을 초과하는 멀티미디어 객체 노드들에 대하여 우선적으로 자원을 할당하여 스케줄하고 나머지 데이터를 앞서 기술한 First-Fit 등의 재순서화 정책에 따라 스케줄함으로써 스케줄링 자체의 실패율을 감소시킬 수 있다. 이러한 스케줄링 기법을 충돌 노드 우선(CNF: Conflict Node First) 재순서화 기법으로 정의한다. CNF는 스케줄링 실패 빈도를 줄이는 반면 스케줄링 실패를 일으키는 시나리오 그래프 내의 노드를 발견하고 이의 전송에 필요한 네트워크 자원을 탐색하기 위한 비용이 실제 자원을 예약하는 스케줄링의 비용에 근접하여 요구되는 단점이 있다.

전술한 스케줄링 정책에 따른 멀티미디어 데이터베이스 서버의 성능 평가를 위하여 시나리오 생성기, 서버 전역 스케줄러, 사용자 시스템에 대한 시뮬레이터 프로그램을 작성하였다. 시나리오 생성기는 서버에서 서비스 가능한 시나리오 목록 및 이에 포함된 멀티미디어 객체의 속성을 생성하는 프로그램이며, 시나리오 생성기는 하나의 시나리오를 구성하는 멀티미디어 객체의 수, 단일경로를 이루는 노드 수, 다중경로에서의 분기 수, 노드의 전송율, 데이터 크기 등의 변수들에 대하여 표 3에서 정리한 각 변수의 최대값과 최소값 사이의 값을 시스템 클럭을 이용한 단순 난수 발생기(simple random number generator)를 이용하여 할당하도록 구성하였다.

〈표 3〉 시나리오 데이터의 특성값 범위
 〈Table 3〉 Range of characteristic values for scenario data

| 시나리오 변수 | 최대값 | 최소값 |
|-----------------|--|-----------|
| 멀티미디어 객체의 수 | 300 | 500 |
| 단일경로 노드 수 | 15 | 30 |
| 다중경로의 분기 수 | 2 | 4 |
| 네트워크 전송율 | (4800, 9600, 64000, 258000, 1500000, 3000000, 6000000) bps | |
| 데이터 크기(전송율에 비해) | 0.5K bytes | 16M bytes |

사용자 프로그램은 시나리오 생성기에 의하여 생성된 서비스 목록을 참조하여 이중 임의의 시나리오를 선택하여 전역 스케줄러 프로그램의 이벤트 큐에 입력하여 새로운 사용자의 요구를 알리며, 5초 간격으로 새로운 사용자의 서비스 요구가 정의한 최대 사용자 수만큼 이루어진다. 전역 스케줄러의 이벤트 큐를 통하여 사용자 시스템과 서버간에 발생하는 다중 분기에서의 선택, 시나리오의 정지·재생 등의 상호 작용을 시뮬레이션 하도록 구성하였다.

전역 스케줄러는 이벤트 큐로부터 읽어 들여진 사용자의 요구에 따라 시나리오를 참조하여 서비스를 위한 시나리오 그래프를 동적으로 생성한다. 전역 스케줄러에서 사용하는 시스템 변수는 표 2에서 정의한 변수를 바탕으로 스케줄링 특성을 파악하기 위하여 부가적으로 정의한 변수와 사용된 값을 표 4에 정리하였다.

〈표 4〉 전역 스케줄러에서 사용하는 시스템 변수
 〈Table 4〉 System parameters for global scheduler

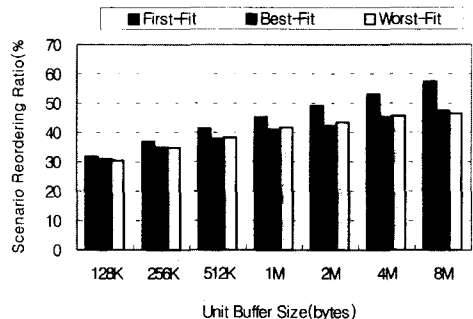
| | |
|-----------------|-------------------------------|
| 단위 스케줄링 구간 | 100/200/300 sec. |
| 미디어 서버 수 | 7 |
| 미디어 서버 네트워크 대역폭 | 50/75/100 M bps |
| 동시 접속 사용자 수 | 50/100 명 |
| 사용자 네트워크 대역폭 | 10M bps |
| 사용자 단위 버퍼 크기 | 128K/256K/512K/1M/2M/4M bytes |
| 사용자 시스템 버퍼 수 | 5/10/15 개 |
| 상호 작용 반응 시간 | 1~15 sec.의 random number |
| 연속 스케줄링 실패 허용치 | 5회 |

표 4에 정리한 바와 같이 재순서화 스케줄링 기법을 이용한 멀티미디어 데이터베이스 서버의 시뮬레이션을 위한 시스템 변수들이 구성하고자 하는 서버의 사양에 따라 다양하게 정의되는 관계로 본 절에서는 서버의 스케줄링 특성을 파악하기 용이한 대표적인 경우에 대하여 시뮬레이션 결과와 함께 분석한다.

사용자 시스템의 버퍼의 크기에 따른 시나리오 재순서화 빈도는 사용자 시스템에 주어진 버퍼의 사용에 관련된 척도이다. 시나리오 재순서 빈도는

$$\text{시나리오 재순서화빈도} = \frac{\text{재순서화된노드수}}{\text{시나리오에포함된전체노드수}} \times 100$$

로 정의되며 시뮬레이션 결과는 그림 7과 같다.



사용자수: 50, 스케줄링범위: 100, 버퍼 수: 5개

(그림 7) 시나리오 재순서 빈도
 (Fig. 7) Frequency of scenario reordering

각 스케줄링 기법 모두 사용자 시스템의 버퍼가 커질수록 재순서화 빈도가 커짐을 알 수 있으며, 특히 First-Fit의 경우는 다른 두 기법에 비하여 재순서 빈도가 월등히 높게 나타난다. 이는 사용자 시스템의 버퍼로 전송된 데이터는 시나리오에 정의된 재생시간까지 버퍼를 점유하고 있게 되는데, First-Fit는 버퍼에 전송되는 데이터가 재순서화 조건을 만족하는 노드들중 가장 빠르게 소비되는 노드이므로 그에 따라 버퍼의 소비가 빠른 시간내에 이루어져 결과적으로 재순서 빈도가 높아지게 된다.

스케줄링 실패율은

$$\text{스케줄링 실패율} = \frac{\text{스케줄링 실패수}}{\text{전체 스케줄링}} \times 100$$

로 정의되며, 사용자 시스템의 단위 버퍼 크기가 커질

수속 실패율이 증가한다. 4.1절에서 전술한 바와 같이 시간 T에서 사용자에 대하여 스케줄링이 실패하게 되면 $T+2^k$ (K는 연속적인 스케줄링 실패 수)시간 동안 대기 후 재스케줄링을 수행하는데, 시뮬레이션 프로그램에서는 $T+2^{i+k}$ (i : 초기 부하치 = 4)가 스케줄링 구간 P_i 에 속할 경우 현재의 스케줄링 구간에서 재스케줄링을 수행하도록 하였다. 한편, 스케줄링의 실패가 시나리오에서 기술하고 있는 재생 시간 내에 데이터 전송의 실패로 직결되는 것이 아님을 다음 표를 통하여 알 수 있다.

표 4는 미디어 서버의 네트워크 대역폭에 따라 사용자가 요구한 시나리오에 포함된 모든 데이터가 시나리오에 기술된 시간에 따라 정상적으로 재생되는 사용자 수를 나타낸 것이다.

〈표 5〉 시나리오의 정상 재생이 가능한 사용자 수
 〈Table 5〉 Number of users with continuous scenario display

| | 50M bps | 75M bps | 100M bps |
|-----------|---------|---------|----------|
| No Buffer | 27 | 50 | 75 |
| First-Fit | 43 | 77 | 98 |
| Best-Fit | 46 | 91 | 100 |
| Worst-Fit | 38 | 78 | 94 |

접속 사용자 수 : 100, 스케줄링 범위 : 100초
 버퍼 수 : 5개, 단위 버퍼 크기 : 2M

미디어 서버의 네트워크 대역폭에 상관없이 버퍼를 이용한 사용자 시스템을 이용하는 것이 버퍼가 존재하지 않은 시스템보다 동일한 서버의 자원으로 보다 많은 사용자에게 서비스가 가능함을 알 수 있다. 앞서 시나리오 재순서 빈도와는 달리 Best-Fit 정책이 시나리오의 정상 재생이 가능한 사용자 수가 높게 나타났다.

6. 결론 및 향후 연구과제

오디오·비디오·이미지·텍스트 등의 다양한 형태의 멀티미디어 객체를 저작자의 주체에 따라 구성함으로써 명확한 의도 및 다양한 정보의 전달이 가능하다. 본 논문에서는 멀티미디어 객체를 시간적·공간적·의미적 관계에 따라 시나리오로 기술하고 데이터베이스에 저장하여, 서버와 사용자 시스템이 시나리오 데이터베이스의 정보를 이용하여 멀티미디어 데이터를 전

송하는 대화형 멀티미디어 시나리오 데이터베이스 시스템을 구성하였다. 멀티미디어 객체와 이들의 관계를 나타내는 정보를 시나리오로 분리함으로써 미디어 서버에 저장되어 있는 멀티미디어 객체를 서로 다른 시나리오가 공유할 수 있도록 하여 저장 공간을 줄이며, 데이터의 전송에 있어서 시나리오 정보를 참조하여 사전 스케줄링을 수행할 수 있다. 또한 사용자 시스템의 버퍼를 이용함으로써 전송되어질 객체를 프리패치하여 전송하는 시나리오 재순서화가 가능하며, 이러한 기법의 도입으로 서버의 자원 활용도를 높이고, 사용자 반응시간을 최소화 하며, 스케줄링 자체의 실패율을 감소시킬 수 있다.

시나리오 재순서화의 기법으로는 First-Fit, Best-Fit, Worst-Fit등이 있으며 스케줄링의 실패가 예측되는 노드를 우선적으로 재순서화 하는 CNF 기법을 제안하였으며, 각 기법에 대하여 시뮬레이션을 통하여 제안한 모델의 장점을 유효함을 확인하였다.

본 논문에서 제안한 멀티미디어 시나리오 데이터베이스 시스템은 Oracle7TM 관계형 데이터베이스 관리 시스템을 시나리오 데이터베이스로 사용하는 시나리오 서버와 멀티미디어 객체형에 따라 데이터를 저장하는 미디어 서버를 독립적으로 Sun Sparc 워크스테이션을 이용하여 구성하였으며, 서버에 접속하여 멀티미디어 시나리오 서비스를 제공 받아 재생하는 사용자 시스템 및 시나리오 저작 도구가 PC-Windows 95환경에서 개발이 진행되고 있다. 향후 사전 스케줄링에 요구되는 시스템 비용을 측정하고 시나리오 데이터베이스에 대하여 다양한 질의를 제공하여 데이터의 재사용을 높이며 멀티미디어 객체 뿐만 아니라 시나리오 단위의 재사용이 가능하게 하는 방안에 대한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] Newcomb S.R., Kipp N.A. and Newcomb V.T., "The HyTime-Hypermedia/Time-based Document Structuring Language," *Communication of the ACM*, Vol.43, No.11, November 1991.
 [2] Thomas Meyer-Boudnik and Wolfgang Effelsberg, "MHEG Explained," *IEEE Multimedia*, pp.26-38, Spring 1995.
 [3] A.L. Narasimha Reddy and J. Wyllie, "Disk Scheduling in a Multimedia I/O System," *ACM*

Multimedia '93 Proceedings, pp.225-234, 1993.

[4] P. Venkat Rangan, Harrick M. Vin, and Srinvas Ramanathan, "Designing an On-Demand Multimedia Service," *IEEE Communication Magazine*, pp.56-64, July 1992.

[5] Edward A. Fox, "Advanced in Interactive Digital Multimedia Systems," *IEEE Computer*, pp.9-21, October 1991.

[6] Susanne Boll, Wolfgang Klas and Michael Lohr, "Integrated Database Service For Multimedia Presentation," *Multimedia Information Storage and Management*, Chapter 16, pp.400-448, Kluwer academic publishers, 1996.

[7] 이세훈, 왕창중, "MediaADE : MHEG기반 멀티미디어/하이퍼미디어 응용 개발 환경", *한국정보과학회 논문지(C)*, 제2권, 제3호, pp.326-337, 1996년 9월.

[8] Little T.D.C and Ghafoor A., "Synchronization and Storage Models for Multimedia Objects," *IEEE JSAC*, Vol.8, No.3, pp.413-427, 1990.

[9] Ralf Steinmetz, "Analyzing the Multimedia Operating System," *IEEE Multimedia*, pp.68-84, Spring 1995.

[10] Ahmed Karmouch and James Emery, "A Playback Schedule Model for Multimedia Documents," *IEEE Multimedia*, pp.50-61, Spring 1996.

[11] Athula Ginige, David B. Lowe and John Robertson, "Hypermedia Authoring," *IEEE Multimedia*, pp.24-35, Spring 1995.

[12] 서덕록, 이원석, "멀티미디어 시나리오 데이터베이스의 관리 및 전송 스케줄링", *한국정보처리학회 춘계 학술대회 발표 자료집*, 1997.

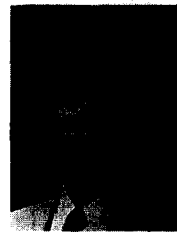
[13] Thomas D. C. Little and Arif Ghafoor, "Interval-Based Conceptual Models for Time-Dependent Multimedia Data," *IEEE Trans. On Knowledge*

and Data Engineering, Vol.5, No.4, August 1993.

[14] Nael Hirzalla, Ben Falchuk and Ahmed Karmouch, "A Temporal Model for Interactive Multimedia Scenario," *IEEE Multimedia*, pp.24-31, Fall 1995.

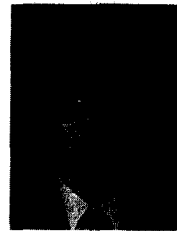
[15] Zarinne Kemp, "Multimedia and Spatial Information System," *IEEE Multimedia*, pp.68-76, Winter 1995.

[16] H. Bryhni, H. Lovett, Maartmann-Moe, D. Solvoll and T. Sorenson, "On-Demand Regional Television over the Internet," *ACM Multimedia '95 Proceeding*, pp.99-108, 1996.



서 덕 록

1995년 연세대학교 컴퓨터과학과 졸업(학사)
 1995년~현재 연세대학교 컴퓨터과학과 석사과정
 관심분야 : VOD, 멀티미디어 시스템



이 원 석

leewo@amadeus.yonsei.ac.kr
 1985년 Boston Univ. 컴퓨터공학과(학사)
 1987년 Purdue Univ. 컴퓨터공학과(석사)
 1990년 Purdue Univ. 컴퓨터공학과(박사)
 1992년 3월~1992년 12월 삼성전자 선임연구원
 1993년~현재 연세대학교 컴퓨터과학과 조교수
 관심분야 : 비디오 데이터 모델링, 연역 데이터베이스, 멀티미디어 데이터베이스, 객체지향 데이터베이스