

레퍼런스 클럭을 이용한 객차 PI 시스템 동기화 및 자막 편집기 개발

김정훈*, 장동욱**, 한광록***

Synchronization of the Train PIS using the reference clock and development of a subtitle authoring tool

Junghoon, Kim*, Dongwook Jang**, Kwangrok Han***

요약

본 논문은 열차 내에서 승객의 편의를 제공하고 긴급 상황에 대한 대피 안내 방송 및 자막 서비스와 광고 등의 효과를 극대화하기 위한 네트워크 기반의 승객 안내 시스템 개발에 대하여 기술한다. 기존 시스템은 영상 및 자막 그리고 음성 안내 등의 정보를 방송하기 위해 VGA 신호 분배기를 이용하고 있다. UDP와 TCP/IP 프로토콜을 적용하여 기존 시스템을 개선하고, 이 경우 발생하는 데이터 손실 및 차량 간의 동기화 문제를 해결하기 위하여 레퍼런스 클럭을 이용한다. 열차의 운행 스케줄에 따른 자동 안내 방송과 광고 효과의 향상을 위하여 다양한 3D 효과로 자막을 재생 하도록 XML 기반의 자막 편집기를 개발하였고, 시뮬레이션을 통해 성능을 평가 한다.

Abstract

This paper describes the development of a network-based passenger information system(PIS) which provides the convenience of the passenger of the train and heightens the effect of the subtitle service, the advertising and the shelter guidance broadcasting against the urgent event. The existing system uses VGA signal distributor in order to broadcast information with image and subtitle and voice guidance. In this paper we improve the existing system by applying the UDP and TCP/IP protocol and use a reference clock to solve a data loss and synchronization problem which occurs in this case. We also developed an XML-based subtitle authoring tool which can edit and play the subtitles with various 3D to improve the automatic guidance broadcasting and advertisement effect according to the operation schedule of the train. The system performance was evaluated through a simulation.

▶ Keyword : 레퍼런스 클럭(reference clock), 자막 저작(Subtitle authoring), 동기화(Synchronization), 3D 효과(3D Effect), 승객 안내 시스템(Passenger information system : PIS)

• 제1저자 : 김정훈 • 교신저자 : 한광록

• 접수일 : 2007. 6.20, 심사일 : 2007. 8.8, 심사완료일 : 2007. 8.11.

* 호서대학교 메카트로닉스공학과 석사과정, ** 호서대학교 컴퓨터공학과 박사과정

*** 호서대학교 컴퓨터공학과, 메카트로닉스공학과(BK21) 교수

※ 이 논문은 2007년도 호서대학교의 재원으로 학술연구비 지원을 받아 수행된 연구임(과제번호:2007187)

1. 서론

객차 내 승객 안내 시스템 (PIS, Passenger Information System)은 열차 내에서 운행 관련 정보를 편집 및 가공하여 화면에 표시하는 기능을 갖는다. 현재 열차 내에서 이루어지는 안내 방송은 LED를 이용한 방법에서 LCD 모니터를 이용하여 동영상과 자막을 표시하는 방법이 사용되고 있다[1]. 음성과 자막 안내 뿐 아니라 동영상을 통해 승객들에게 필요한 정보를 제공한다.

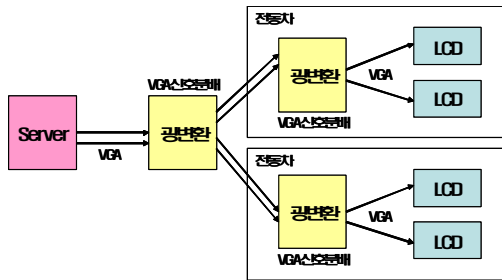


그림 1. VGA 분배기를 이용한 안내 방송 시스템
Fig. 1 Guidance broadcasting system using the VGA signal distributor

현재 열차 내에서 이루어지는 PIS는 <그림 1>처럼 서버의 VGA 신호가 분배기를 통해 각 차량의 LCD 모니터에 전송되는 방법으로 동작되고 있다. 따라서 이와 같은 시스템은 VGA 분배기 중 하나가 문제가 생길 경우 분배기와 연결된 모든 LCD 모니터에 방송이 중단되는 단점이 있다. 또한 고가의 VGA 분배기를 차량마다 설치해야 하기 때문에 비용의 부담이 있다. 그리고 긴급 상황 발생 시 즉각적인 안내 방송에 제약이 있다. 본 논문에서는 이를 보완하기 위해 <그림 2>와 같은 UDP와 TCP/IP 프로토콜을 이용한 네트워크 기반의 객차 PIS를 개발하여 앞에서 언급한 기존 시스템의 문제점을 해결하였다. 본 논문의 객차 PIS는 열차의 운행 스케줄에 따라 안내 방송이 자동으로 이루어지며, 뉴스와 공익 광고, 상업 광고 등 멀티미디어 콘텐츠를 스트리밍 하고 열차의 이동에 따른 행선 안내와 광고용 자막을 서비스하는 서버와 이를 스케줄링하기 위한 XML 기반의 방송 자막 저작 편집기로 구성한다. 특히 광고용 자막 서비스는 3D를 이용하여 시각적으로 보다 다양한 효과를 준다. 이러한 자막 시스템은 열차 내에서 동영상과 함께 광고의 효과를 향상시킬 수 있다는 장점이 있다. 본 논문의 구성은

다음과 같다. 2장에서는 제안하는 네트워크 기반의 PIS에서 해결해야 할 문제점들에 대해 간략하게 설명하고, 자막 저작 시스템을 위한 3D 한글 폰트와 XML에 대해 설명한다. 3장에서는 제안하는 PIS의 구성과 동작 과정을 기술하고, 4장에서는 PIS의 성능을 평가한다. 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

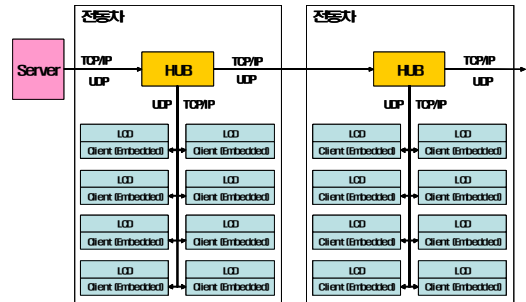


그림 2. UDP와 TCP/IP 기반의 객차 PIS
Fig. 2 UDP and TCP/IP based Train PIS

II. 관련 연구

본 논문에서 제안하는 UDP 와 TCP/IP 프로토콜 기반의 PIS를 개발하기 위해서는 아래에 기술하는 몇 가지 문제들을 해결해야 한다.

2.1 UDP 이용시 전송중 데이터 손실

안내 방송의 특성상 열차 내의 모든 LCD 모니터는 그 내용이 동시에 표현되어야 하므로 UDP 멀티캐스트 프로토콜을 사용하여 하나의 서버에서 다수의 클라이언트에게 실시간으로 동영상 콘텐츠를 전송한다. 단 UDP 프로토콜은 비연결지향 전송 방식으로 전송도중 데이터의 일부를 잃거나 데이터의 순서가 바뀔 수 있다[2]. 동영상을 전송하는 네트워크 환경과 같이 데이터가 전송 도중에 손실되더라도 데이터를 받는 쪽에게 일괄적으로 브로드캐스팅 하려면 이러한 통신 방식이 유효하다. 그러나 자막 데이터를 전송하는 경우 전송 도중에 데이터의 손실이 일어나거나 순서가 바뀐다면 자막 내용 자체가 바뀌는 문제가 발생한다. 이런 문제를 보완하기 위해서 본 논문에서는 자막 데이터의 경우 신뢰성 있는 연결지향 전송 방식인 TCP/IP 프로토콜을 사용하여 데이터를 전송한다[3][4].

2.2 TCP/IP 이용시 클라이언트의 동기화

그러나 TCP/IP 프로토콜은 통신 방식의 특성상 하나의 서버가 다수의 클라이언트에게 브로드캐스팅할 수 없다[5]. 동영상과 함께 자막도 동시에 표현되어야 하므로 자막 데이터를 받는 모든 클라이언트를 동기화하여야 한다. 본 논문에서 이러한 문제점을 레퍼런스 클럭(reference clock), 즉 기준 시간이라는 개념을 적용하여[6][7], 데이터를 보내는 서버와 데이터를 받는 모든 클라이언트의 시스템 시간을 일치시키는 방법으로 동영상과 함께 자막이 동시에 표현될 수 있도록 한다.

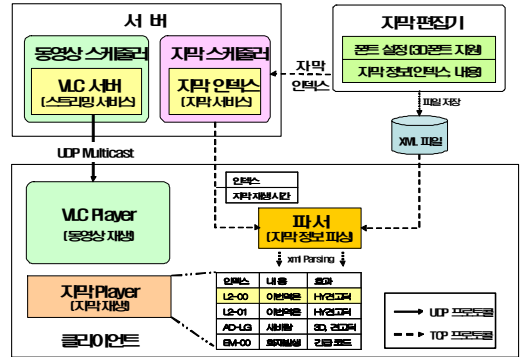


그림 3. 차세대 PIS 구성도
Fig. 3 The configuration of next generation PIS

2.3 다양한 자막 3D 효과

그리고 자막의 경우 2D 폰트 뿐만 아니라 3D 폰트를 이용하여 글자의 회전 혹은 웨이브 등과 같은 다양한 효과를 줄 수 있도록 구현한다. 일반적으로 3D 폰트 대부분은 3D MAX나 MAYA와 같은 3D 저작 도구를 이용하여 렌더링을 통해 이미지 파일로 추출하여 사용하고 있다. 일반 어플리케이션에서 텍스트를 드로잉할 때는 DirectX의 ID3D폰트와 CD3D폰트 인터페이스를 이용한다. 그러나 이 두 가지 인터페이스는 영문 3D 폰트만 출력이 가능하다[8]. 한글은 영문과 다르게 글자의 조합이 많아서 영문자처럼 글자 이미지를 모두 텍스처에 올려놓고 출력하기에 무리가 있기 때문이다. 본 논문에서는 이런 문제들을 연구하여 한글과 영문 및 이미지 등을 모두 3D로 재생 가능하도록 자막 편집기와 재생기를 개발하였다.

(1) 서버 시스템

PIS의 서버 역할을 담당하는 부분으로 뉴스, 광고 등의 멀티미디어 콘텐츠를 열차 내의 클라이언트들에게 스트리밍하는 동영상 스케줄러를 내장한다. 그리고 자막 스케줄러는 자막 편집기로부터 전달받은 자막의 인덱스와 재생할 기준 시간을 클라이언트의 XML 파서에 전송하여 정해진 시간에 자막을 재생하도록 한다. 그런데 자막은 서버에서 저장한 후에 저작 내용을 승객 안내 시스템에 저장하지 않고 스케줄에 따라 저장된 내용을 그때그때 전송하여 재생시킬 수도 있지만 본 논문에서는 전송시 데이터의 손실에 대한 안전성 및 전송속도 등을 고려하여 서버에서 단순히 인덱스만을 전송하는 것이 효율적이기 때문에 자막의 인덱스 번호와 재생 기준시간만으로 동기화 및 재생을 하도록 한다.



그림 4. 열차 내 PIS의 서버와 클라이언트
Fig. 4 Server and clients in the train PIS

III. Passenger Information System

본 장에서는 제안하는 PIS의 구성과 동작과정을 설명한다. 본 논문에서는 광고와 뉴스, TV프로그램 등의 멀티미디어 콘텐츠를 스트리밍 서비스하고 재생하기 위해 Video LAN사의 VLC Player를 사용하였다[9]. VLC Player는 오픈 소스 프로그램으로 본 논문에서 제안하는 시스템에 적용이 용이하다.

3.1 PIS의 구성

본 논문에서 제안하는 PIS는 <그림 3>과 같이 구성한다.

서버 시스템은 <그림 4>와 같이 기관차 앞과 뒤에 각각 한 대씩 두 대를 설치하여 각 객차의 클라이언트와 연결한다. 서버2는 서버1이 동작을 멈출 경우 동일한 작업을 수행하며 이를 보조하는 서버다.

(2) 자막 편집기

자막 편집기는 기존 시스템에서는 불가능 했던 실시간 자막 저작 기능을 제공한다. 열차의 행선지에 따라 도착역에 대한 정보를 자막의 형태로 알려주는 일차적인 기능뿐 아니라 광고의 기능도 지원한다. 또한 자막 편집기를 이용하여 언제든지 원하는 내용의 자막을 저장하여 객차에 위치

한 클라이언트로 전송하여 승객들에게 알릴 수 있다. PIS의 자막 편집기는 2D 폰트뿐만 아니라 3D 폰트를 지원하여 보다 화려하고 시각적 효과가 높은 자막을 제공하여 광고 효과를 극대화 할 수 있게 한다. XML 기반의 자막 정보 파일은 <표 1>과 같이 자막의 내용과 효과와 인덱스 등의 데이터로 구성된다.

(3) 클라이언트 시스템

클라이언트는 서버로부터 받은 멀티미디어 콘텐츠를 재 행하는 부분과 저장된 XML 기반의 자막 정보 파일에서 서 버로부터 전송 받은 인덱스에 맞춰 자막 내용을 추출하여 재생하는 부분으로 구성한다 <그림 5>.

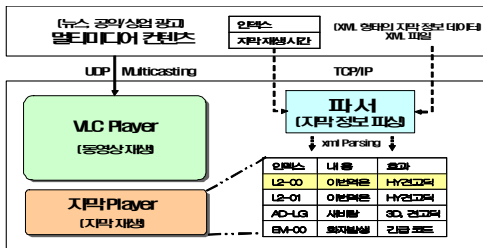


그림 5. 클라이언트의 구성
Fig. 5 The configuration of a client

VLC Player를 이용하여 서버로부터 실시간으로 전송 받은 멀티미디어 콘텐츠를 재생한다(9). 자막 정보 파일의 데이터는 XML 형태로 저장되어 있으므로 클라이언트는 XML 파서를 내장한다. 본 논문에서는 Microsoft사의 MSXML 4.0 SP1 파서를 사용한다. 파서에 의해 파싱된 자막 정보 데이터는 자막을 구성하는 유효한 데이터 즉, 자막의 내용과 효과와 인덱스 등으로 분석 되어 자막 재생시에 사용한다.

표 1. 자막 정보의 데이터 구조
Table 1. Data structure of subtitle information

구분	태그	설명
기본 정보	ment_script	멘트 내용
	ment_인덱스	멘트 인덱스
폰트 정보	font	글꼴
	font_size	글꼴 크기
	font_color	글꼴 색상
	font_style	2D or 3D
	font_background_color	자막 배경색
효과 정보	bold	강조 효과
	blink	깜빡임 효과
	light	밝기 변화 효과
	flow	흐름 효과
	rotation	회전 효과
	change_font_size	글꼴 크기 변경 효과
	advanced_option	확장 옵션

확장 옵션 정보	rotation_y	세로축회전(시계방향)
	rotation_y_reverse	세로축회전(반시계방향)
	rotation_x	가로축회전(시계방향)
	rotation_x_reverse	가로축회전(반시계방향)
	blink_color	깜빡임 글자색 선택
	light_brightness	글자의 명도 변경
	light_chroma	글자의 채도 변경
	flow_up	상단으로 흐름 자막
	flow_down	하단으로 흐름 자막
	flow_left	좌측으로 흐름 자막
	flow_right	우측으로 흐름 자막
	bold_outline_color	글자 외곽선 강조
	bold_outline_size	글자 외곽선 크기 설정
X2_speed	효과의 빠르기 설정	
define_speed	빠르기 사용자 설정	



그림 6. 클라이언트의 실행 예
Fig. 6 The execution example of client

저장된 자막 정보 데이터의 구조는 <표1>과 같다. 그리고 모든 자막 내용은 DirectX 9.0 SDK의 D3D 인터페이스를 사용하여 출력한다. 클라이언트는 LCD 모니터와 임베디드 시스템이 하나의 세트로 구성되어 각 차량마다 8대씩 설치한다. 서버로부터 전송 받은 동영상과 자막 정보를 <그림 6>와 같이 LCD 모니터를 통해 상단에는 동영상으로 하단에는 자막으로 재생된다.

3.1 PIS의 동작

본 절에서는 제안하는 PIS가 실제의 전철 운행에 적용되어 동작하는 과정을 설명한다. PIS는 열차가 차량 기지에서 출발하기 전 <그림 7>과 같이 몇 가지 준비과정을 수행한다.



그림 7. 출발 전 준비 과정
Fig. 7 Preprocess for PIS before a train starts

(1) 동영상 재생 설정

서버 시스템은 멀티미디어 콘텐츠를 스트리밍하기 위해 VLC 서버의 스트림 출력의 UDP 옵션을 설정하고, 열차의 출발과 동시에 스트리밍을 시작한다. 클라이언트 시스템은 스트리밍으로 전달되는 동영상 데이터를 재생하기 위해 VLC Player를 클라이언트 모드로 설정하여 대기한다.

(2) 한글 3D 폰트

자막 영역에서는 3D로 제작된 광고용 자막 및 행선 안내 자막이 재생된다. 자막 편집기를 이용하여 한글과 영문으로 자막을 저장할 수 있는데 행선 안내 자막은 2D 폰트를 사용하고, 광고용 안내 자막은 3D 폰트 및 그래픽 이미지를 사용한다. 모든 자막 내용은 DirectX 9.0 SDK의 D3D 인터페이스를 사용하여 출력한다. 특히 3D 폰트는 D3DXCreateText함수를 이용하여 출력한다. 이 함수는 기본적으로 영문 3D 폰트는 자유롭게 지원하지만 한글 3D 폰트는 지원하지 않는다. 한글 3D 폰트를 출력하기 위해 D3DXCreateText 함수를 이용하여 3D Mesh를 만든다.

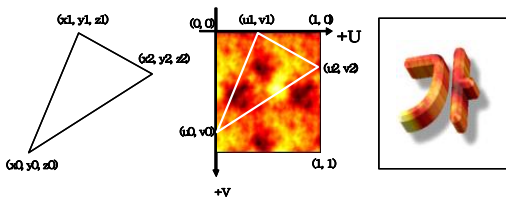


그림 8. 3D 삼각형과 텍스처 삼각형
Fig. 8 3D triangle and texture triangle

표 2. D3DXCreateText 함수 프로토타입
Tabel 2. Prototype of D3DXCreateText function

<pre>HRESULT D3DXCreateText (LPDIRECT3DDEVICE9 pDevice, HDC hDC, LPCTSTR pText, FLOAT Deviation, FLOAT Extrusion, LPD3DXMESH* ppMesh, LPD3DXBUFFER* ppAdjacency, LPGLYPHMETRICSFLOAT pGlyphMetrics);</pre>	
pDevice	Mesh와 연결될 장치
hDC	Mesh를 생성하는 데 이용될 글꼴 정보를 포함하는 장치 컨텍스트의 핸들
pText	Mesh로 만들 텍스트를 포함하는 NULL로 끝나는 문자열
Deviation	트루타입 글꼴 외곽선에서의 최대 편차.

	이 값은 0이거나보다 커야 한다. 이 값이 0일 때 편차는 원본 글꼴의 한 디자인 단위와 같게 된다.
Extrusion	음의 z-축 방향으로 쉐 글꼴의 깊이
ppMesh	만들어진 메쉬를 리턴한다.
ppAdjacency	만들어진 메쉬의 근접 정보를 리턴한다. 필요치 않을 경우 NULL을 지정한다.
pGlyphMetrics	장식 거리 데이터를 포함하는 LPGLYPHMETRICSFLOAT 구조체 배열의 포인터, 장식 거리 데이터에 상관하지 않는 경우에는 이를 0으로 지정한다.

함수의 프로토타입은 <표 2>와 같다. Direct3D는 수평으로 진행 하는 u축과 수직으로 진행하는 v축으로 구성된 텍스처 좌표 시스템을 이용한다. u, v 좌표 시스템은 텍스처의 요소를 표현하는데 사용되는데, v축은 아래쪽이 양의 방향이다. 폴리곤화에 쓰이는 각각의 3D 삼각형에 대해서 텍스처 상의 매칭될 삼각형 영역을 정의한다. <그림 8>의 왼쪽 그림은 3D 공간에서의 삼각형이며, 가운데 그림은 3D 삼각형에 입혀질 2D 삼각형이다. 오른쪽 그림은 3D 폰트 표면에 입혀진 모양이다. 이 과정에서 텍스처 위의 Vertex를 정의하는 텍스처 좌표 쌍이 포함된 Vertex 구조체를 <그림 9>와 같이 정의한다.Vertex 구조체의 객체로 만들어지는 삼각형들은 텍스처 좌표에서의 텍스처 삼각형으로 정의되어 사용한다.

자막 편집기를 통해 입력된 한글이 텍스처에 쓰여지고, 이 한글을 D3DXCreateText() 함수를 통해 폴리곤화하여 <그림 8>의 오른쪽 그림과 같은 한글 3D 폰트를 만들 수 있다.

```
Struct Vertex
{
    float _x, _y, _z;
    float _nx, _ny, _nz;
    float _u, _v; // 텍스처 좌표
};
static const DWORD FVF;
```

그림 9. Vertex 구조체의 정의
Fig. 9 Definition of the vertex structure

(3) 행선 안내용 자막 제작

행선 안내에 필요한 자막 내용은 자막 편집기를 이용하여 <표 3>과 같은 안내 멘트를 2D 폰트로 저장하여 사용한다.

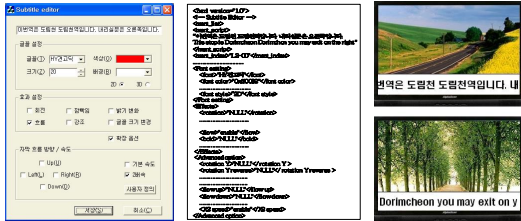


그림 10. 자막 편집기와 XML 기반 자막 정보 파일
Fig. 10 Subtitle Authoring Tool and XML-based subtitle information file

〈표 3〉은 지하철 2호선의 각 역에 대한 일반적인 정보를 안내해주는 스크립트로 광고용 자막과 구분된다. 열차가 역에 도착하기 전 멘트의 재생 시간을 고려하여 자막 영역에서 재생된다. 광고용 자막이 재생되고 있었다면 중지되고 행선 안내 자막이 인덱스번호에 맞춰 재생한다. 〈그림 10〉은 행선 안내용 자막을 제작하는 과정과 저장된 XML 기반의 자막 정보 파일의 예를 보여준다.

표 3. 행선 안내 자막의 예
Table 3. An example of guidance subtitle

인덱스	자막 내용
L2-00	이번역은 도림천 도림천역입니다. 내리실문은 오른쪽입니다. (13초) This stop is Dorimcheon Dorimcheon you may exit on the right.
L2-01	이번역은 양천구청 양천구청역입니다. 내리실문은 오른쪽입니다. (15초) This stop is Yangcheon-gu Office Yangcheon-gu Office you may exit on the right.
GA-1	이역은 타는 곳과 전동차 사이가 넓습니다. 내리실 때 조심하시기 바랍니다. Please watch your step. (9초)
GA-2	시민 여러분, 국가정보원에서는 우리나라 우리사회의 안정과 평화를 지키기 위해 여러분의 신고를 기다리고 있습니다. 신고전화는 전국 어디서나 국번 없이 111번입니다. 여러분의 신고가 국가 안보를 지킵니다. (20초)

(4) 광고용 자막 제작

광고용 자막은 행선 안내용 자막과 같은 방법으로 자막 편집기를 이용하여 광고용 자막을 제작한다. 이 때는 3D를 이용하여 행선 안내용 자막보다 시각적인 효과를 극대화 한다.

표 4. 상품의 광고 자막의 예
Table 4. An example for advertising subtitle

인덱스	자막 내용
AD-LGCY-00	새버림 CYON(3초)
AD-LGCY-01	감각적인 디자인(3초)
AD-LGCY-02	멀티미디어 완벽 지원 (4초)

〈표 4〉는 상용의 핸드폰 광고용 멘트 스크립트의 일부이다. 일반적인 안내용 자막과 같이 XML 형태로 저장하여 클라이언트에게 전송한다. 〈그림 11〉은 자막 편집기를 이용하여 광고용 3D자막을 제작하는 과정과 저장된 XML 기반의 자막 정보 파일의 예를 보여주고, 클라이언트 시스템의 LCD 모니터에 재생되는 모습이다.

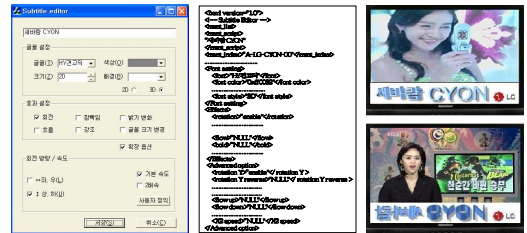


그림 11. 광고용 자막 제작 과정과 정보 파일
Fig. 11 The process of advertising subtitle authoring and its information file

(5) 레퍼런스 클럭을 이용한 PIS 동기화

1) 레퍼런스 클럭 설정

열차간의 동기화를 위해서 레퍼런스 클럭을 이용하여 서버와 클라이언트의 시스템 시간을 일치 시킨다. 정확히 말하면 객차마다 설치 되어있는 클라이언트들을 동기화하기 위해서이다. 클라이언트들의 동기화 과정은 다음과 같다.

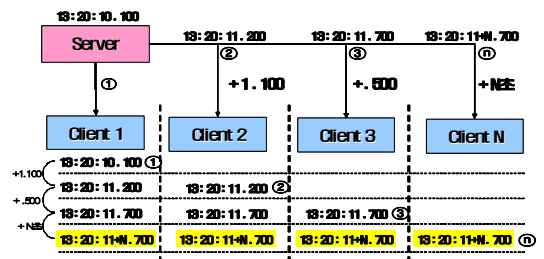


그림 12. 레퍼런스 클럭 이용한 동기화 과정
Fig. 12 Synchronization of the client using the reference clock

열차가 운행 중에 X역에 도착하기 전 500M를 감지한 경우 서버의 자막 스케줄러는 X역의 도착 안내 정보에 해당하는 인덱스를 각 클라이언트에게 보낸다. 이때 데이터의 손실을 방지하기 위해 TCP/IP 프로토콜을 이용해 전송한다. 그러나 TCP/IP 특성상 서버와 클라이언트는 일대일로 통신하므로 각 클라이언트마다 인덱스를 받고 자막을 재생하는 시간이 수 ms에서 수 초의 시간 지연이 발생한다[5]. 이러한 문제점을 해결하기 위해 모든 객차의 PIS를 서버의 레퍼런스 클럭 즉, 기준 시간으로 설정한 후 서버에서 도착역에 대한 자막 인덱스와 재생시간을 전송하면 열차 내 모든 클라이언트 시스템의 LCD 모니터에서 자막을 동시에 재생하도록 한다. <그림 12>는 레퍼런스 클럭을 이용하여 클라이언트의 시각을 일치 시키는 과정을 나타낸다.

- ① 서버의 시스템 시간은 13:20:10.100 (13시 20분 10초 100ms)이고, 클라이언트1의 시스템 시간은 13:20:49.399일 때, 서버의 시스템 시간을 클라이언트1이 얻어와 자신의 시스템 시간으로 설정한다. 클라이언트1의 시스템 시간은 13:20:10.100이 된다.
- ② 같은 방법으로 클라이언트2가 자신의 시스템 시간을 설정한다. 이때 서버의 시스템 시간은 1.100초가 지난 13:20:11.200이고, 클라이언트2는 이 시간으로 설정된다. 클라이언트2가 서버의 시스템 시간을 얻어올 때는 클라이언트1도 1.100의 시간이 지난 이후이다. 그러므로 현재 클라이언트1도 13:20:11.200이 된다. 이 시점에서 클라이언트1과 2는 같은 시스템 시간이 된다.
- ③ 클라이언트3 역시 같은 방법으로 자신의 시스템 시간을 설정한다. 이때 클라이언트 1, 2, 3의 시스템 시간은 모두 13:20:11.700이 된다.

표 5. 레퍼런스 클럭을 이용한 시간설정 결과
Table 5. The setting result of system time using the reference clock

구분	동기화 이전	동기화 이후
클라이언트1	13:20:49.399	13:20:11+N.700
클라이언트2	13:20:31.687	13:20:11+N.700
클라이언트3	13:21:04.275	13:20:11+N.700
클라이언트N	-	13:20:11+N.700

이렇게 클라이언트 N까지 서버의 시스템 시간과 동기화를 시킨다. 시스템 시간이 동기화 된 모든 클라이언트는 서버로부터 받은 인덱스와 자막 재생 시간을 기준으로 지연

시간 없이 동시에 자막을 재생할 수 있게 된다. <표5>는 각 클라이언트의 시스템 시간을 동기화한 이전과 이후를 나타낸다.

2) 자막 재생

본 절에서는 위와 같은 과정을 통해 서버의 시스템 시간으로 동기화된 클라이언트에서 자막이 재생되는 과정을 간단하게 기술한다. 행선 안내용 자막과 광고용 자막은 모두 같은 방법으로 재생된다. 서버 시스템의 자막 스케줄러에 의해 재생될 자막에 대한 인덱스와 자막이 재생될 시간(이하 자막 재생 기준 시간)을 포함한 <표 6>과 같은 데이터를 클라이언트에게 전송한다. <표 6>의 인덱스는 <표 3>과 <표 4>의 인덱스와 같은 의미로 서버의 자막 스케줄러에 의해 선택되는 자막을 구분하는 기준으로 전철의 호선 또는 광고의 종류에 따라 L2(Line number 2), GA(General Announcement) 등으로 정한다. 자막 재생 기준 시간은 동기화된 PIS에서 선택된 인덱스의 자막 내용이 재생될 기준 시간을 의미한다. 클라이언트의 XML파서는 XML 기반으로 저장된 자막 정보 파일에서 전송 받은 인덱스에 해당하는 자막을 추출하고 전달받은 자막 재생 기준 시간에 맞춰 자막을 재생한다.

표 6. 자막 스케줄러의 데이터 구조
Table 6. Data structure of the Subtitle scheduler

전송 데이터	인덱스	자막 재생 기준 시간
	L2-00	13:25:11.100

IV. 실험 및 평가

<그림 13>과 같은 과정을 기초로 레퍼런스 클럭을 적용한 동기화된 클라이언트 시스템과 적용하지 않은 시스템을 비교하여 본 논문에서 제안하는 PIS의 성능을 평가한다.



그림 13. 운행 중 PIS의 동작
Fig. 13 Operation of PIS while a train runs

4.1 행선 안내 자막 재생 실험

열차가 출발하면 VLC Player가 재생되고 스트리밍을 시작한다. UDP 멀티캐스트 프로토콜 기반으로 전송되는 뉴스 등의 멀티미디어 콘텐츠는 모든 클라이언트 LCD 모니터에서 동시에 재생된다. 3.2절 과정을 통해 동기화된 클라이언트 시스템은 3D 기반의 광고용 자막을 일제히 재생한다. B역 도착 500m 전에 서버는 열차에 부착된 센서로부터 도착 신호를 받아 행선 안내에 필요한 자막이 재생될 기준 시간을 정한다. 그리고 서버는 각 클라이언트에게 <그림 14>와 같이 재생할 자막의 인덱스와 자막 재생 기준 시간을 전송한다.

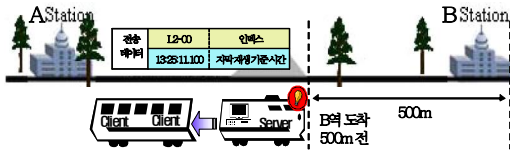


그림 14. 인덱스와 자막 재생 기준 시간 전송
Fig. 14 Transmission for the index and reference clock for subtitle

이와 같은 데이터를 전송 받은 클라이언트는 행선 안내용 자막을 재생할 기준 시간에 도달하면 재생 중이던 광고용 자막을 중지하고 행선 안내 자막을 재생시킨다.

표 7. 자막의 우선순위
Table 7. The priority of subtitles

우선순위	자막
0	긴급 상황용 자막
1	행선 안내용 자막
2	광고용 자막

자막 재생은 <표 7>과 같은 우선순위를 갖는다. 안내 방송이 끝나면, 저장된 스케줄에 따라 저장된 광고용 3D 자막이 재생된다.

4.2 광고 자막 재생 실험

광고 자막의 재생은 열차의 운행 중에 이루어지며 <그림 15>와 같이 A역 출발 이후 B역 도착 전까지 재생한다. 역과 역 사이를 기준으로 자막 스케줄러에 의해 광고가 전환된다.

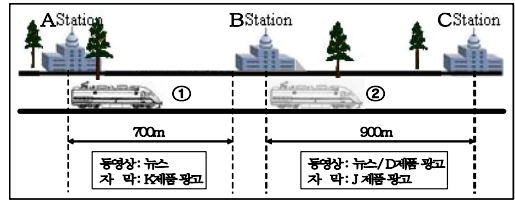


그림 15. 광고 자막 실험
Fig. 15 The experiment of advertising subtitle

- ①은 A역과 B역 사이가 700m이고 동영상으로 뉴스가 방송된다. 자막 편집기의 인덱스와 자막 재생 기준 시간을 서버로부터 전송 받은 클라이언트는 뉴스와 함께 K제품을 광고하는 자막을 재생한다. B역에 도착할 즈음에는 4.1절에서 언급한 것과 같이 우선순위에 의해 재생중인 광고용 자막은 멈추고, B역에 관한 행선 안내용 자막이 재생된다.
- ②은 B역을 출발하면서 자막 스케줄러에 의해 행선 안내용 자막 대신, 광고용 자막은 J제품을 광고한다. 동영상은 뉴스가 끝난 이후 D제품의 동영상 광고로 이어진다.

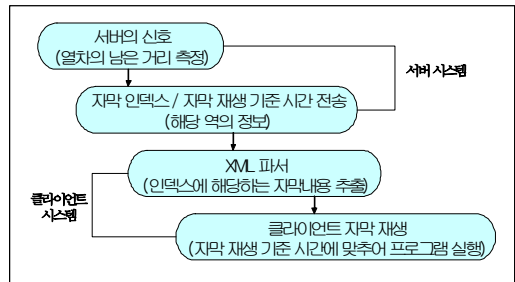


그림 16. 자막 재생을 위한 데이터 흐름
Fig. 16 Data flow for playing a subtitle

<그림 16>은 행선 안내용 자막과 광고용 자막 두 경우 모두에 해당하는 자막이 재생되는 과정의 데이터 흐름을 보여준다.

4.3 긴급 상황 안내

열차에 화재 또는 환자가 발생하는 등의 운행이 어려운 긴급 상황에서 자막 편집기를 이용하여 미리 정의 되어 있는 <표 8>와 같은 긴급 상황 코드를 각 클라이언트에 전송하여 자막 또는 동영상으로 승객들에게 긴급 상황임을 알릴 수 있다.

표 8. 긴급 상황 코드
Table 8. Urgent event code

인덱스	코 드	내 용
EM-00	Fire Alert	화재 발생
EM-01	Train Damage	열차의 손상
EM-02	Emergency	응급 환자 발생
EM-03	X-Emergency	기타 응급 상황

4.4 성능 평가

평가는 실제 열차 시스템과 같이 2대의 서버와 24대의 클라이언트 시스템에서 서버로부터 전송 받은 자막 데이터를 클라이언트가 재생하는 시작 시간을 기준으로 한다. 레퍼런스 클럭을 적용한 클라이언트 시스템과 미적용한 일반적인 클라이언트 시스템의 2가지 경우로 나누어 평가한다.

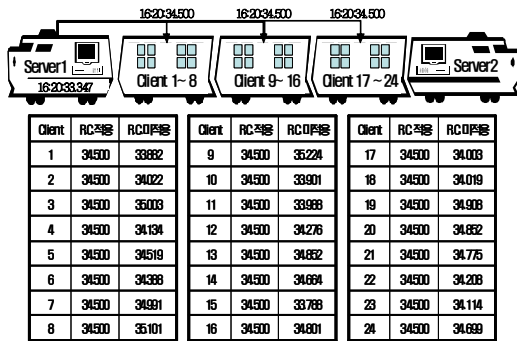


그림 17. 성능 평가 결과
Fig. 17 The performance evaluation result

〈그림 17〉은 16:20:33.347에 서버에서 자막 재생 기준 시간인 16:20:34.500을 클라이언트로 전송하고, 클라이언트에서 자막이 재생되는 시간을 측정하는 것이다. 재생 시간의 변화가 초단위 이하이기 때문에 초와 ms단위만 표시하였다. 레퍼런스 클럭을 적용한 경우와 미적용한 경우 각 클라이언트별로 차이가 남을 볼 수 있다.

〈그림 18〉은 〈그림 17〉의 결과값을 그래프로 나타낸 것이다. X축은 각각의 클라이언트를 나타내고, Y축은 재생 시간을 나타낸다. 레퍼런스 클럭을 적용한 경우에는 같은 시간에 동기화되어 재생되지만, 레퍼런스 클럭을 미적용한 클라이언트 시스템에서는 각 클라이언트마다 시간의 차이를 두고 자막이 재생된다.

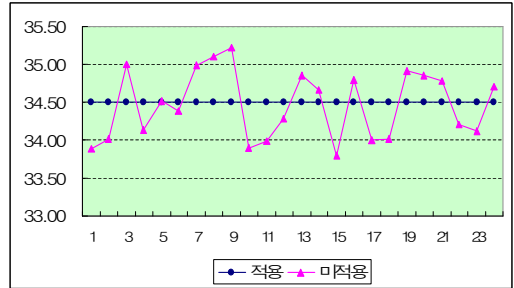


그림 18. 성능 평가 결과 그래프
Fig. 18 The performance evaluation graph

V. 결론

본 논문에서는 기존 VGA 신호 분배기를 이용하는 객차 PIS를 UDP와 TCP/IP 환경의 네트워크 기반으로 개선하는 방법에 대하여 기술하였다. 멀티미디어 콘텐츠는 UDP를 이용하고, 행선 안내 자막 및 3D 광고 자막은 TCP/IP를 이용한다. 이때 발생하는 데이터 손실과 객차 PIS의 동기화 문제는 레퍼런스 클럭을 이용하여 해결하였다. 네트워크 환경의 개선뿐 아니라 자막을 3D로 출력할 수 있어 동영상 광고와 함께 자막을 이용한 효과적인 광고가 가능하다. 광역 교통시설 확충의 일환으로 수도권 도시철도의 미연결구간을 연결하며 새로운 노선을 신설하고, 지방 광역도시에 전철 노선이 확충되고 있다[10]. 본 논문에서 제안한 객차 PIS를 수도권 및 지방 광역시의 전철 차량에 적용한다면 고가의 VGA 분배기 등의 장비들을 대체하여 저렴하게 안내 방송 시스템을 구축할 수 있고, 기존 외국 기술에 의존하고 있는 철도 안내 시스템 분야에 국내 기술로 대체할 수 있는 기회가 된다. 또한 긴급 상황 시 실시간으로 승객들과 의사소통을 할 수 있는 장치로 활용 될 수 있다. 결과적으로 네트워크 기반의 객차 PIS는 승객에게 편의를 제공하면서 광고 효과를 극대화 할 수 있는 시스템으로 다양하게 열차 안내 방송 분야에서 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] 황종규, 이재호, 윤용기, 신덕호, 조현정, "승객서비스 향상을 위한 새로운 열차행선안내장치의 개발", 한국철도학회논문집 제9권 제4호, pp.504-509, 2006

- [2] 권순철, 유혁, "고속네트워크를 위한 비동기 UDP", 정보과학회논문지(A) 제25권 제12호, pp.1392-1404, 1998
- [3] 김진욱, 진현욱, 유혁, "Myrinet을 위한 흐름 제어 기능을 갖는 UDP", 정보과학회논문지 : 정보통신 제30권 제5호, pp649-655, 2003
- [4] J. Kay and J. Pasquale, "Profiling and Reducing Processing Overheads in TCP/IP," IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 4, No. 6, pp.817- 828, 1996.
- [5] 이선현, 정광수, "높은 지연을 갖는 네트워크에서 효율적인 스트리밍 전송 기법", 정보과학회논문지 : 정보통신 제32권 제4호, pp483-494, 2005
- [6] V.Shivakumar, V.Arunachalam, V.N.Nandakurnar, and Dr.B.N.Sackar, "Time synchronizing Unit For Measurement and monitoring", International Conference on Power System Technology-POWERCON 2004IEEE, pp.442-446, 2004
- [7] MSDN Library "http://msdn.microsoft.com/", keyword : reference clock, DirectX9.0, Microsoft, 2007
- [8] Frank D. Luna, "Introduction 3D GAME Programming with DirectX 9.0", Wordware Publishing, 2004
- [9] Alexis de Lattre, Anil Daoud, Clement Stenac, "VideoLAN HOWTO", "VLC Play Howto", Video LAN Project, http://www.videolan.org, 2003.
- [10] 건설교통부, "2006년 건설교통부 업무보고 : 선진국 수준의 도시교통 서비스 구현", pp89-99, 2006.

저 자 소 개



김정훈

2006년 2월 : 호서대학교 공학사
2006년 ~ 현재 : 호서대학교 석사과정
관심분야 : 멀티미디어, HCI



장동욱

2007년 2월 : 호서대학교 컴퓨터공학석사
2007년 ~ 현재 : 호서대학교 박사과정
관심분야 : HCI, e_Health



한광록

1989년 8월 : 인하대학교 정보공학박사
1991년 ~ 현재 : 호서대학교 교수
관심분야 : 정보검색, HCI, 멀티미디어,
시멘틱웹