

워터마킹 기법을 이용한 FM-VMS 설계 및 구현

Design and Fabrication FM-VMS using Watermarking Method

문병섭*, 박범진*, 원영수**, 김철성***
한국건설기술연구원*, 경남대학교**, (주)엘웨이버***

Byeong-Sup Moon(plus@kict.re.kr)*, Bum-Jin Park(park_bumjin@kict.re.kr)*,
Young-Su Weon(wavezero@kyungnam.ac.kr)**,
Cheol-Seong Kim(chskim04@hotmail.com)***

요약

FM-VMS는 교통정보제공을 위해 구축한 가변전광표지(Variable Message Signs, 이하 VMS) 문자정보를 워터마킹 기술을 이용하여 음성신호와 같이 동시에 번조시켜 송출하는 시스템으로, 본 논문에서는 VMS에 제공되는 교통정보를 FM 주파수를 이용하여 이동차량에 대하여 실시간 교통정보를 제공하는 시스템을 설계하고 제작하여 특성을 평가하였으며, 가변전광 표지판으로부터의 VMS 정보와 연동한 교통소통정보를 오디오와 문자정보로 변환하여 FM방송을 통해서 자동차 운전자에게 전달하는 것이 가능함을 확인할 수 있었다.

■ 중심어 : | 워터마킹 | 가변전광판 |

Abstract

In this thesis, Traffic information which is provided to the VMS used a FM frequency and provides real-time traffic information about the mobile production unit system which designed and produced and a quality evaluated. Result of the research, we will be able to confirm converted audio and text information from traffic information is linked with VMS information, FM broadcast traffic information to motorists passing through it were found to be and as a result of this study, which sees raises the effectiveness of VMS users and using VMS to build low-cos transport infrastructure will be an opportunity.

■ keyword : | Watermarking | VMS |

I. 서론

지능형 교통시스템은 가변전광표지판, 방송매체 등 다양한 경로를 통하여 교통정보를 제공하고 있으며, 실시간 교통정보의 제공으로 교통흐름을 제어하여 원활

하고 안전한 통행이 되도록 하고 있다. 정확하며 신속한 교통정보의 제공은 교통량의 분산과 시간절감, 사고 감소 등에 기여하며 물류비용의 감소 등 이차적인 영향을 기대할 수 있게 된다.

가변전광표지판(Variable Message Signs, 이하

* 본 연구는 국토해양부와 한국건설교통기술평가가원이 시행하는 교통체계효율화사업(과제번호 07교통체계-지능08, 교통정보혁신을 위한 제공/관리/평가 기술개발)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

접수번호 : #101206-004

접수일자 : 2010년 12월 06일

심사완료일 : 2010년 12월 15일

교신저자 : 박범진, e-mail : park_bumjin@kict.re.kr

VMS)는 도로 이용자에게 기상이나 도로 상황, 도로 교통사고 정보 등 도로교통 상황에 대하여 실시간으로 정보를 제공한다[1][2].

VMS 시설을 보면 전광판의 시각성을 살리기 위하여 도로 경유시간 등을 위주로 교통정보를 제공하고 있기도 하다. 하지만, 전광판 고장시 도로 이용자들이 정보를 제공 받지 못하는 어려움이 발생하고, 그 규모에 비하여 효용성이 떨어지는 단점이 있다.

FM-VMS 시스템에서 도로에 접근하는 이동차량에 정보를 전달하기 위해서는 무선통신 방식을 이용한 통신망이 필요한데 본 연구에서 가장 접근성이 용이한 FM 방송망을 이용하고자 한다.

현재 우리나라의 FM 주파수는 전국에 있는 방송국에 할당되어 있는데 포화상태로 새로운 방송국 설립시 신규 주파수 할당은 배분에 상당한 어려움이 따르고 있으나, 소출력 FM의 경우는 극히 적은 출력과 한정된 서비스지역을 가지므로 허가가 용이한 편이다.

VMS 정보신호는 교통관제센터로부터 통신망을 통하여 전송되어 가변전광표지판을 통하여 문자형태로 나타내어진다. VMS 정보는 교통관제센터에서 여러 가지 프로토콜을 가지고 전송된다.

본 연구에서는 교통센터로부터 전송되는 VMS 교통정보를 별도의 FM-VMS 송신장치를 VMS 시설내에 설치하여, 도로에 진입하는 이동차량에 전송하게 되는데, 도착하는 VMS 신호를 워터마킹 기술을 이용하여 FM 오디오 성분에 합성하고, 이를 변조하고 외부 소형 안테나를 통해 송출하며, 차량에서는 수신전파를 복조하여 음성신호와 문자정보를 분리하여 음성신호는 오디오로 제공하고 문자정보는 별도의 디스플레이를 통하여 교통정보를 제공하도록 하는 FM-VMS 시스템을 설계하고 제작하며 특성을 분석함으로써 최적화된 모델을 제시하고자 한다.

이를 위해 이하 전개는 서론에 이어 제 2장에서는 “워터마크 기술을 이용한 문자전송 방법”, 제 3장에서는 이를 구현하기 위한 “FM-VMS 시스템 설계 및 제작”과 제 4장에서는 “FM-VMS 성능 테스트”, 끝으로 제 5장에서는 결론을 맺는다.

II. 워터마크 기술을 이용한 문자 전송

FM-VMS 정보는 교통 흐름에 대한 정보이므로 전송 오류가 발생할 시 교통흐름을 저해하는 요소로 작용할 가능성이 있으므로 시스템 오류가 발생하지 않도록 철저한 분석이 요구된다. 잘못된 검출결과는 곧바로 전체 시스템에 대한 신뢰도 저하로 직결되기 때문에 검출결과에 대한 신뢰성을 확보할 수 있는 기술의 확보가 매우중요하며, 고신뢰성 확보를 위하여 Turbo code와 CRC(Cyclic Redundancy Check) 코드를 워터마크 정보와 함께 삽입한다. CRC 코드는 잘못된 정보의 검출이 발생하지 않도록 사전에 차단하며, 검출된 워터마크 정보의 오류를 정정할 수 있는 오류정정코드를 사용하였다[3][4].

문자정보 전송시스템의 전체구성은 워터마크 정보를 삽입하기 위한 워터마크 정보 삽입시스템과 FM수신기에서 출력되는 오디오신호로부터 문자정보를 추출하기 위한 워터마크 정보 검출시스템으로 구성된다. 워터마크 삽입시스템은 VMS 문자정보를 워터마크 정보로 변환하는 워터마크 생성부, 워터마크 정보를 삽입하는 워터마크 삽입부로 구성되며, 워터마크 검출시스템은 오디오 수신부, 워터마크 검출부, 워터마크 정보로부터 VMS문자정보를 복원하는 워터마크 디코딩부, 워터마크 정보 표출부로 구성된다.

1. 문자정보 전송 알고리즘

워터마크 정보 삽입은 시간도메인에서 수행한다. 본 연구에서는 입력되는 오디오 샘플을 하나의 프레임당 1200샘플로 설정한다. 각각의 프레임은 또 2개의 서브프레임으로 나누($L1$, $L2$). 한 프레임당 1비트의 워터마크 정보가 삽입된다.

각 서브프레임의 절대값 평균을 구한다. 아래와 같이 2개의 수식을 이용하여 각 서브 프레임의 절대값 평균인 E_{i1} , E_{i2} 를 구한다. 여기서 i 는 i 번째 프레임을 나타낸다.

$$E_{i1} = \frac{1}{L1} \sum_{x=0}^{L1-1} |f(L \cdot i + x)| \quad (1)$$

$$E_{i2} = \frac{1}{L2} \sum_{x=L1}^{L1+L2-1} |f'(L \cdot i + x)| \quad (2)$$

만일 $E_{i1} \geq E_{i2}$ 이면 위터마크 삽입정보가 '1'이고 $E_{i1} < E_{i2}$ 이면 위터마크 정보가 '0'로 정의한다. 아래 식과같이 D 는 위터마크 정보를 삽입하기 위한 문턱값이다. 위터마크 삽입시에 두 서브프레임의 절대값 평균의 차가 최소한 D 이상이 되도록 각각의 샘플값을 조절한다. 여기서 D 의 값을 크게 하면 위터마크 정보가 강하게 삽입되어 외부의 공격에도 위터마크의 검출율이 좋아지나 음질이 나빠지는 트레이드오프 관계가 있다 [5][6].

$$D = |E_{i1} - E_{i2}| \quad (3)$$

$$g_{(1)} \geq \frac{D - (E_{i1} - E_{i2})}{2} \quad (4a)$$

$$g_{(0)} \geq \frac{D - (E_{i2} - E_{i1})}{2} \quad (4b)$$

$g(1)$, $g(0)$ 는 각각 위터마크를 삽입하기 위해서 각 서브프레임 샘플들에게 곱해줄 계수 값이다. 음질향상을 위해서 입력되는 오디오 신호의 특정수퍼수 대역만을 필터링하여 위터마크를 삽입하는 것도 가능하다. 또한 프레임과 프레임간의 불연속점을 해결하기 위해서 적절한 윈도우 함수를 사용할 수 있다.

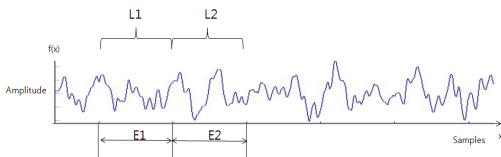


그림 1. 위터마크 삽입을 위한 프레임 구성

2. 위터마크 추출 알고리즘

위터마크 추출 알고리즘은 간단하게 구현될 수 있다. 위터마크를 검출하기 위해서 입력된 샘플값($f'(x)$)을 삽입할 때와 같은 프레임 길이(L)로 나눈다. 매 프레임을 2개의 서브프레임($L1$, $L2$)로 나누고 절대값의 평균

을 구한다(E'_{i1} , E'_{i2}).

$$E'_{i1} = \frac{1}{L1} \sum_{x=0}^{L1-1} |f'(L \cdot i + x)| \quad (5)$$

$$E'_{i2} = \frac{1}{L2} \sum_{x=L1}^{L1+L2-1} |f'(L \cdot i + x)| \quad (6)$$

i 번째 프레임의 위터마크 추출 데이터(b_i)는 다음 식으로 결정된다[6-8].

$$b_i = 1, \text{ if } E'_{i1} \geq E'_{i2} \quad (7)$$

$$b_i = 0, \text{ if } E'_{i1} < E'_{i2} \quad (8)$$

3. 위터마크 정보 구성

VMS에서 서비스하는 문자정보를 운전자의 FM수신기를 이용하여 표시하기 위해서 위터마크 정보로 변경하여 오디오에 삽입한다. 이때 위터마크의 삽입 정보량이 크지 않기 때문에 문자정보를 코드화하는 과정을 거치게 된다.

실시간으로 흘러가는 오디오 데이터로부터 특정 정보를 추출하기 위해서는 동기화과정이 필요하다. 즉 위터마크 정보가 오디오의 어디서부터 삽입되기 시작했는지를 찾는 것이 중요한 요소가 된다.

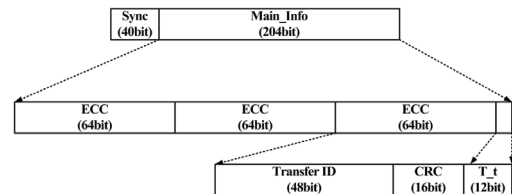


그림 2. 위터마크 정보의 구성 및 정보량

교통정보 코드화를 보면 Transfer ID는 [표 1]과 같은 정보로 구성된다. 전체정보는 6바이트로 구성된다. VMS_ID는 FM-VMS정보를 송신하고 있는 VMS를 고유하게 구별하기 위한 코드이다. MessageType은 VMS에서 문자정보를 표출하는 종류를 나타내는 값이다. Section Name은 VMS에서 사용하는 교통정보 섹

선이름이다. Start Place는 Section Name중에서 특정 구간을 표시하는데 있어서 시작점을 나타내는 지명이 된다. End Place는 Section Name 중에서 특정 구간을 표시하는데 있어서 끝점을 나타내는 지명이 된다. TransInfo는 교통소통정보를 표시하기 위한 문구를 구별하는데 사용한다.

표 1. 교통정보 코드화 프로토콜

ID Name	VMS_ID	Message_Type	Section_Name	Start_Place	End_Place
offset value	0	1	2	3	4
구분	내용				
VMS ID	VMS 구분용 ID번호(1바이트), default : 1~255				
MessageType	표출되는 메시지 형태 구분용 데이터 (1 바이트), default: 1, 1~255				
SectionName	교통정보 표시용 Section Name구분용 ID(1 바이트), 0~255				
StartPlace	시작장소 구분용 ID(1 바이트), 0~255				
EndPlace	종료장소 구분용 ID(1 바이트), 0~255				
TransInfo	교통 소통정보(1바이트), 0~255				

III. FM-VMS 시스템 설계 및 제작

FM-VMS송신기는 VMS의 문자정보를 오디오 정보와 문자정보를 함께 FM주파수로 전송하는 기능을 담당하며 FM 방송 대역 88-108MHz 전 대역 및 실험방송 대역 109.1MHz를 송신할 수 있도록 주파수 가변장치를 부가하고, 기존 VMS와 FM-VMS 송신기 간의 연동을 통하여 VMS 정보를 정확히 전달할 수 있도록 한다.

1. FM-VMS 송신기

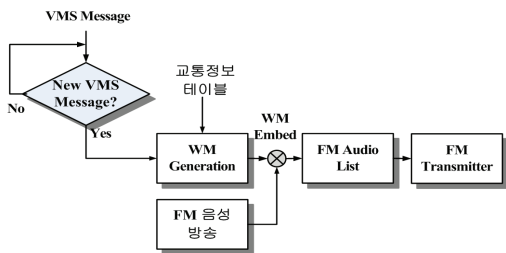


그림 3. FM-VMS송신기 동작 흐름도

2. 기존 VMS와 FM-VMS간의 연동

기존VMS와 FM-VMS송신 시스템간의 데이터 연동을 위해서 2가지 방안이 있을 수 있다. 즉 하나는 기존 VMS로부터 정보를 얻어오는 방법이 있고 또 하나는 VMS관리서버로부터 직접 FM-VMS로 정보를 전송해주는 방법이다. 기존 VMS시스템의 운영방식을 변동할 필요가 없이 정보를 얻을 수 있는 방법으로 기존 VMS로부터 직접 정보를 받을 수 있도록 구현한다.

기존 VMS와 FM-VMS송신부 간의 정보전달을 위해서 시리얼 통신방식(RS-232C)방식을 사용한다. 기존 VMS시스템의 CPU에 여분의 시리얼 통신포트가 존재하여 이것을 이용하여 정보를 전달하도록 한다.

기존의 구축되어져 있는 VMS센터서버와 VMS단말 간의 통신프로토콜에 영향을 미치지 않도록 변경한다. 구체적인 추가사항은 메시지 텍스트 크기와 실제 메시지 데이터로 이루어 졌다.

3. FM-VMS 수신기

FM-VMS 수신기는 FM수신기, 문자정보검출보드, 검출데이터 표시부로 구성된다.

워터마크 검출보드는 수신된 FM오디오 데이터(PCM 데이터)로부터 문자정보를 검출하는 기능을 한다. FM-VMS수신기는 FM라디오 수신기를 통해서 FM오디오 신호를 가져온다. 수신된 오디오 신호를 분석하여 VMS정보가 맞는지 판별한다. 만일 VMS정보가 맞다면 VMS정보를 추출한다. 표시부에 전송된 VMS정보들은 저장되어 메시지 리스트형태로 사용자에게 제공된다. 사용자는 스크롤기능을 이용하여 수신된 메시지들을 확인해 볼 수 있다.

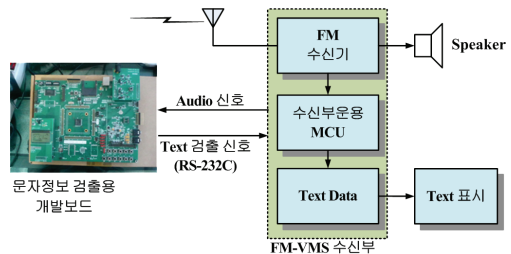


그림 4. FM-VMS수신기의 전체 시스템 구성도

IV. FM-VMS 성능 테스트

1. 소프트웨어 성능 테스트

1.1 위터마크 삽입에 따른 음직열화 정도 측정

위터마크를 이용하여 문자정보를 삽입하는 것은 위터마크가 삽입된 오디오를 사람이 인지할 수 없도록 변조를 하는 것이다. 위터마크 삽입 전, 후의 데이터를 비교하여 SNR값 측정 및 스펙트럼을 분석한다.

SNR을 측정하기 위한 산출 식은 아래와 같다[5].

$$SNR = 10 \log \left(\frac{\sum_i^N x_i^2}{\sum_i^N (\hat{x}_i - x_i)^2} \right) \quad (1)$$

여기서 \hat{x}_i 는 위터마크 삽입된 음원샘플 값, x_i 는 원 음원샘플 값이다.

표 2. SNR측정 결과

	sample1	sample2	sample3	sample4	sample5	평균
SNR (dB)	46.3	41.9	42.2	42.9	41.3	42.92

SNR값이 40dB이상이면 음원으로서 사용할 수 있는 수준이다.

본 연구는 이동 중인 자동차에서 교통방송을 안내하는 음성이기 때문에 비교적 잡음에 둔감한 특성이 있다. 향후 문자수신율과 오디오 음질 사이에 최적화가 필요한 부분이다.

2. 필드 테스트

FM-VMS시스템의 필드테스트는 실제 도로에 설치된 VMS와 연동하여 VMS의 문자정보를 FM으로 변환하여 송신한다. 이때 사용되는 안테나의 거리에 따른 전계강도특성을 측정한다. 또한 VMS문자정보 및 오디오 정보가 수신되는 수신율을 측정한다.

2.1 안테나의 전계강도 특성

스펙트럼 분석기를 사용하여 FM-VMS 송신기 및 안테나를 설치한 이후에 설치된 안테나로부터 거리에 따른 전계강도를 측정하여 안테나의 거리에 따른 전계강도 특성을 측정한다. 송신기에서 1W의 출력으로 송출한다.

측정값을 바탕으로 차량이 안테나에 가까이 갈수록 전계강도가 세지고 있음을 알 수 있다. 또한 안테나 후방에서도 전방보다는 세기가 작지만 유사한 전계강도 패턴을 얻을 수 있었다. FM대역의 디지털 라디오 수신기 칩은 원칙으로 FM 수신이 가능하며 부가기능으로 RSSI(수신신호강도지수)를 제공한다.

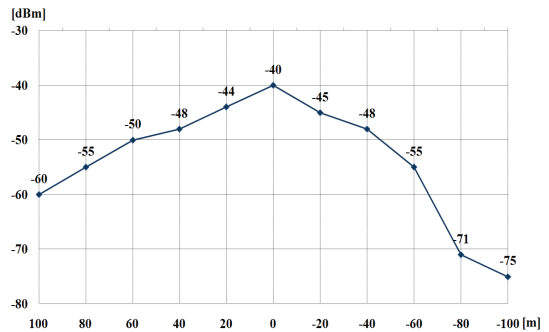


그림 5. 차량 이동거리에 따른 수신 전계강도 측정

2.2 VMS 음성정보 수신율 측정

필드 테스트 경우 VMS 음성정보를 95%이상의 데이터 취득 성공률을 목표로, 정지 상태에서의 수신율과 이동속도를 변화시키며 측정된 이동상태에서의 수신율을 실제방송 회수와 검출회수의 비를 통하여 측정하였다.



그림 6. 정지차량에서의 FM-VMS정보 수신율

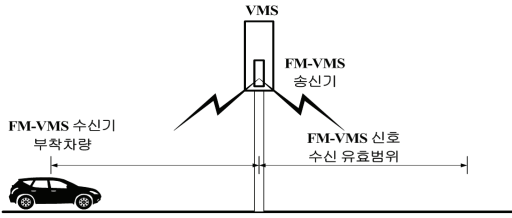


그림 7. 이동차량에서의 FM-VMS 정보 수신율

1) 정지상태에서 음성정보 수신율

표 3. 정지차량에서의 음성정보 수신율 측정결과

거리	검출회수/방송회수	검출율
200M	100/100	100%
100M	100/100	100%
0M	100/100	100%
-100M	100/100	100%
-200M	100/100	100%

2) 이동상태에서 음성정보 수신율

이동상태에서의 수신율은 일정속도로 자동차를 운행하면서 VMS를 통과했을 때 FM-VMS정보를 정확히 들을 수 있는 회수를 측정했다. 1개의 FM-VMS정보의 길이는 약 15초정도 소요되며, 이동 상태에서 음성정보 수신율을 측정할 결과 60km/h까지는 모두 음성정보를 들을 수 있었다.

표 4. 이동차량에서의 음성정보 수신율 측정결과

속도	검출회수/통과회수	검출율
25km/h	10/10	100%
30km/h	10/10	100%
40km/h	10/10	100%
50km/h	10/10	100%
60km/h	10/10	100%

2.3 VMS 문자정보 수신율

문자정보의 음성정보 변환 시 정확도는 데이터 변환률의 90%이상, 음성정보의 문자 변환시 정확도는 데이터 변환률 80%이상을 유지하여야 한다.

1) 정지상태에서 문자정보 수신율

정지된 차량 안에서 VMS문자정보 수신율을 측정한다(200m, 100m). 200m이상의 거리에서는 SBS 방송과의 혼신에 의해서 정확한 수신에 이루어지지 않고 있다. 시간과 위치에 따라서 상이한 결과가 나오고 있다. 그래서 본 과제에서는 비교적 일정한 검출율을 보이고 있는 200m이내의 거리에서만 검출율을 측정했다.

표 5. 정지차량에서의 문자정보 검출결과

거리	검출회수	검출율
200M	95/100	95%
100M	100/100	100%
0M	100/100	100%
-100M	99/100	99%
-200M	81/100	81%

수신율은 방송된 회수 중에서 정확히 수신한 회수를 측정하여 산출한다.

FM주파수 대역에서 주변의 주파수 혼신이 없다면 보다 좋은 검출결과를 나타낼 것으로 판단된다. 안테나로부터 최대 400m거리에서도 FM-VMS신호가 깨끗하게 수신되는 경우도 있기 때문이다.

2) 이동상태에서 수신율

이동 차량안에서 VMS문자정보 수신률을 이동속도를 조절하면서 각각의 검출회수를 측정했다.

표 6. 이동차량에서의 문자정보 검출결과

속도	검출회수/통과회수	검출율
25km/h	10/10	100%
30km/h	10/10	100%
40km/h	10/10	100%
50km/h	5/10	50%
60km/h	4/10	40%

V. 결론

본 연구에서는 가변전광판 표지판에 제공되는 VMS

문자정보를 위터마킹 기술을 이용하여 음성신호에 문자 정보를 삽입하고, 동시에 변조시켜 FM 주파수로 송출하여 이동차량에 대하여 실시간 교통정보를 제공하고, 이동차량에서는 수신된 신호를 문자검출용 오디오 전용보드를 이용하여 문자정보를 검출하여 표시부를 통하여 운전자에게 표출되도록 구현시켜 상용화 가능성을 제시하고, 설계·구현된 내용을 중심으로 FM-VMS 시스템에 대한 분석 및 평가를 진행하였다.

FM-VMS 수신기의 특성 분석을 통하여 오디오 검출을 위한 최소 전계강도는 -87 dBm임을 확인할 수 있었고, 문자정보 검출을 위한 최소전계 강도는 -84 dBm을 만족해야함을 알 수 있었다.

문자정보 수신율은 정지상태에서는 200 m에서 95%의 검출율을 얻었고 100m 이내에서는 100% 검출율을 얻었다. 이동상태에서는 40 km/h까지는 100% 검출되었고 50 km/h에서는 50%, 60 km/h에서는 40%로 검출율이 떨어졌다. 따라서 가변전광판에 접근하는 이동 차량에서의 수신 환경은 40 Km/h ~ 50 Km/h 사이가 적정 속도임을 확인할 수 있었다. 교차로에 접근할 때의 차량의 속도를 감안한다면 위터마킹 기술을 이용한 FM-VMS 시스템은 가장 저렴한 방법으로 이동차량에 교통정보를 제공하는 하나의 솔루션이 될 수 있으리라 사료된다.

또한, 고속으로 이동하는 차량에 적용하기 위해서는 FM-VMS의 통달거리를 더 늘려야 할 것이다. 이를 위해서는 해당지역의 인접 채널의 간섭을 배제하는 주파수 선택과 15초로 되어 있는 하나의 FM-VMS 정보 길이를 8초 이하로 줄여서 단위시간당 보다 많은 정보를 전송하는 것이 이동상태에서의 검출율을 높이기 위한 수단이 될 것을 판단된다.

본 연구의 결과로 가변전광표지판으로 부터의 VMS 정보와 연동한 교통소통정보를 문자정보로 변환하여 FM방송을 통해서 자동차 운전자에게 전달하는 것이 가능함을 확인할 수 있었다.

향후 VMS로부터 나오는 정보를 TTS(Text to Speech)를 이용하여 음성정보로 변환하여 문자정보와 함께 전송하고, USB포트 형태의 차량용 오디오 재생기와 연동하여 서비스 할 수 있는 FM-VMS 수신방안에

대한 연구와 지향성 안테나를 통한 통달거리 증가 및 대향차선 차량 수신 저감을 비롯, FM-VMS 송수신 시스템의 소형화 연구가 추진된다면 본 시스템의 상용화가 가능할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 연복모, 홍지연, 이수범, 임준범, 문병섭, “조건부 가치평가법을 이용한 VMS 교통정보 제공에 따른 이용자만족도 가치 산정”, 한국ITS학회논문지, 제9권, 제2호, pp.12-22, 2010.
- [2] 김남선, 지동목, 오영태, 이환필, 김상복, “고속도로 VMS message Set 연구 및 이용자 선호도 평가”, 한국ITS학회논문지, 제8권, 제4호, pp.1-13, 2009.
- [3] Stigge Martin, Plötz Henryk Müller, Wolf Redlich and Jens-Peter, *Reversing CRC - Theory and Practice*, Humboldt University Berlin, 2006.
- [4] Xu Younglong, “Development of Transport Telematics in Europe”, *GeoInformatica*, Vol.4, No.2, pp.179-200, 2000.
- [5] L. Boney, A. H. Tewfik, and K. N. Hamdy, “Digital watermarks for audio signals”, In Proc. 3rd IEEE Int. Conf. Multimedia Computing and Systems, pp.473-480, 1996.
- [6] P. Bassia, I. Pitas, and N. Nikolaidis, “Robust audio watermarking in the time domain”, *IEEE Transactions on Multimedia*, Vol.3, No.2, pp.232-241, 2001.
- [7] Wen-Nung Lie, and Li-Chun Chang, “Robust and high-quality time-domain audio watermarking based on low-frequency amplitude modification”, *IEEE Transactions on Multimedia*, Vol.8, No.2, pp.46-59, 2006.
- [8] Seungwon Shin, Oanjin Kim, Jongweon Kim and Jonguk Choi, “A robust audio

watermarking algorithm using pitch scaling," In Proc. IEEE 14th Int. Conf, Digital Signal Processing Part, pp.701-704, 2002.

[9] <http://home.netcom.com/~chip.f/viterbi/tutorial.html>

저 자 소 개

문 병 섭(Byeong-Sup Moon)

정회원



- 1993년 2월 : 서울대학교 환경대학원 도시계획학 석사
- 2001년 2월 : 스웨덴 린쉬핑대학교 환경계획학 석사
- 2002년 8월 : 서울대학교 대학원 환경계획학과 도시계획학 박사

▪ 2001년 2월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 첨단교통연구실 수석연구원

<관심분야> : 교통계획, 교통공학, ITS 및 LBS

정보통신공학부 겸임교수

▪ 2003년 3월 ~ 2006년 2월 : 동명정보대학교 정보통신공학과 겸임교수

▪ 2007년 3월 ~ 2010년 2월 : 동아대학교 전자공학과 겸임교수

▪ 2010년 9월 ~ 현재 : 경남대학교 공과대학 정보통신공학과 교수

<관심분야> : IT융합기술, ITS, 전파공학

김 철 성(Cheol-Seong Kim)

정회원



▪ 1998년 2월 : 한국해양대학교 전파공학과 공학사

▪ 2001년 2월 : 한국해양대학교 전파공학과 공학석사

▪ 2010년 8월 : 한국해양대학교 전파공학과 공학박사

▪ 2010년 7월 ~ 현재 : (주)엘웨이버 선임연구원

<관심분야> : UWB, CR, 이동통신, USN

박 범 진(Bum-Jin Park)

정회원



▪ 2003년 2월 : 연세대학교 대학원 도시공학 석사

▪ 2010년 2월 : 연세대학교 대학원 도시공학 박사

▪ 2003년 3월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 첨단교통연구실 전

임연구원

<관심분야> : 교통공학, ITS 및 LBS

원 영 수(Young-Su Weon)

종신회원



▪ 2002년 2월 : 한국해양대학교 전자통신공학과 공학박사

▪ 1994년 10월 : KBS 한국방송 부장

▪ 1994년 10월 ~ 2007년 5월 : KNN부산방송 기술국장/뉴미디어

정보센터장/기술연구소장

▪ 2001년 3월 ~ 2003년 2월 : 한국해양대학교 전파·