

[6-14] FM 데이터 방송의 송신기 개발에 관한 연구

김 한 종 김 종 일 강 창 언

연세대학교 전자공학과

A Study on the Transmitter Development of
FM Data Broadcasting

Han Jong Kim Chong Il Kim Chang Eon Kang

Dept. of Electronic Eng., Yonsei Univ.

ABSTRACT

FM data-broadcasting is a system intended to provide a new service by multiplexing data signal with an existing FM stereophonic broadcast using a supplementary subcarrier. In this paper, service and transmitter configuration of FM data-broadcasting are developed, and laboratory tests have been carried out.

1. 서 론

FM 다중 방송이라는 것은 초단파 방송(FM 방송)에 전파를 중첩하여 종래의 FM 방송과는 다른 음성 신호나 문자 신호 등을 방송하는 것으로 다음의 두종류가 있다. FM 음성 다중 방송은 FM 방송 전파에 중첩하여 음성과 기타의 음향을 방송하며, FM 문자 다중 방송은 FM 방송 전파에 중첩하여 문자, 도형 또는 신호를 방송하는 것으로 이 양방법을 합하여 FM 다중 방송이라 부르고 있다. 결국 다중 방송은 여러 가지 정보를 현행의 방송 전파에 다중시켜 주파수 운용 효율의 극대화 및 이용자에 대한 서비스를 증대시킬 수 있는 방송 뉴미디어이다.

유럽 각국에서는 1970년대부터 FM 다중 방송에 의해 방송국, 프로그램 식별등을 위한 데이터 신호를 전송하는 시스템이 개발내지는 실용화되어 있었다. EBU(유럽 방송체 연맹)에서는 1975년부터 FM 다중 방송에 의한 데이터를 전송하는 시스템에 대해서 역내 5개국의 시스템을 기초로 국제 규격을 작성하여 검사를 시행하고 1983년에 스웨덴의 시스템을 기본으로 EBU의 통일 시스템(RDS:Radio Data System)의 개발

을 진행하기로 결정했다. RDS가 데이터 신호 전송을 목적으로 한것에 대하여 일본에서는 음성 신호의 전송도 하고 싶다는 요망을 고려하여 연구가 진행되었다. RDS는 음성 신호를 전송할 수 없으나 주행 수신이 가능하다는 이점이 있고 프로그램, 방송국의 식별, 수신기의 제어, 페이징등에 이용 가능하다. 한편 새로운 기술 개발으로는 RDS로부터 도로 교통 정보를 부호화하여 전송하고 수신기에서의 음성 합성과 화면으로 교통 정보 표시를 하는 서비스가 구주 관계 기관에 있어서 검사되고 있다.

2. 라디오 데이터 시스템 정보와 형식

이장에서는 라디오 데이터 시스템 신호와 여러가지 부호화된 정보에 대하여 기술한다. 기술 표준안은 라디오 데이터 시스템에 대하여 ISO 표준 모델에서 다음의 계층들을 정의하여 정보 처리 시스템을 다루었다.

- 1. 변조 특성 (물리 계층)
- 2. 기저 대역 부호화 (데이터 링크 계층)
- 3. 메시지 구조 (세션 및 프리젠테이션 계층)

2.1 데이터 채널에서의 변조 특성

라디오 데이터 시스템은 UHF / FM radio 방송 수신 범위인 87.5 - 108 MHz에서 FM 신호에다 디지털 데이터를 57KHz 부 반송파를 사용하여 DSB-SC (Double Side Band - Suppressed Carrier)로 변조시켜 다중하여 변조한다. 라디오 데이터 시스템에서 변조 방법으로 UHF / FM의 주 신호는 20 - 1500Hz, 2300 - 5300Hz 사이에 실리므로 부 반송파의 주파수와 레벨 그리고 변조 방법은 주 신호에 방해를 주지 않게끔 고려 되어야 한다. 부 반송파의 주파수는 1500

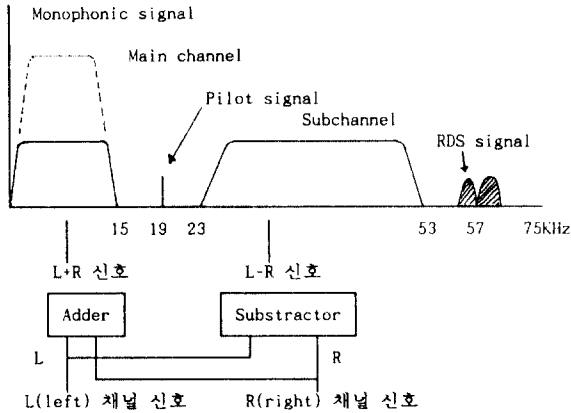


그림 2-1 FM 신호 스펙트럼

- 2300Hz 사이에는 들어갈 수가 없다. 여기에는 입체 음향 방송의 부 반송파인 19KHz가 있어 상호 변조 (Intermodulation)에 따라 방해가 발생하기 때문이다. 이 상호 변조 간섭 (Intermodulation Interference)은 복조 과정에서 비 직선성을 유발하여 모노 또는 스테레오 채널에 방해를 주어 충분한 복조 감도를 얻을 수가 없다. 데이터 신호의 전력은 부 반송파 57KHz 중심 주파수에 가능한 근접시켜, 변조된 데이터와 스테레오 디코더와의 누화 (crosstalk)을 방지하여야 한다. 데이터 신호는 부 반송파에 실려 스테레오 부호화기에서 스테레오 다중 신호에 더해진다. 라디오 데이터 부 반송파를 보여주는 FM 신호 스펙트럼은 (그림 2-1)과 같다.

입체 음향의 파이롯트 톤 19KHz의 복합 신호 C(t)는

$$C(t) = \frac{L + R}{2} + \frac{L - R}{2} \sin wt + K \sin \frac{wt}{2}$$

여기에서 $\frac{L + R}{2}$: 모노 신호
 $\frac{L - R}{2} \sin wt$: 스테레오 신호

$K \sin \frac{wt}{2}$: 파이롯트 톤
 L : 좌 채널 신호
 R : 우 채널 신호
 w : 부 반송파 38KHz의 입체 음향 주파수

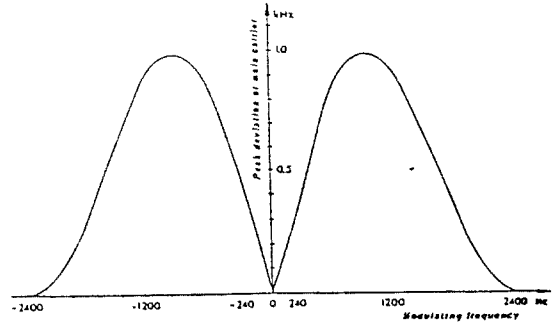
추가되는 라디오 데이터 정보 신호는

$$R(t) = D(t) \sin \Omega t$$

여기에서 $\Omega = 3w/2$ 는 추가되는 라디오 데이터 정보의 부 반송파이다. 주파수 비 직선성과 상호 변조에 따른 방해 성분은 다음과 같다.

$$\text{방해 성분} = D(t) \cos (\Omega - w/2)t$$

라디오 데이터 시스템의 데이터율은 1187.5bps이다. 수신기에서 올바른 복조를 위하여 전송되는 데이터는 차동 부호화 된다. 입력 데이터가 0 일때 출력은 변화가 없으며, 입력이 1 일때 출력은 반전된다. 57KHz 중앙 주파수에 인접한 데이터 신호 전력은 차동 부호화한 데이터를 biphas 심볼로 부호화하여 줄이고 이렇게 부호화한 데이터는 저역 통과 필터를 통과시켜 변조한다. 전송되는 대역 제한 스펙트럼은 (그림 2-2)와 같다.



(그림 2-2) 대역 제한 스펙트럼

biphase 부호화된 라디오 데이터 신호의 스펙트럼은 다음과 같다.

$$|U(f)| = 2 \sin \left(\frac{\pi f t_d}{2} \right) \cos \left(\frac{\pi f t_d}{2} \right)$$

$$-2/t_d \leq f \leq 2/t_d$$

$$= 0 \text{ otherwise}$$

여기에서 $1/t_d = 1187.5 \text{ Hz}$

biphase 심볼의 시간 함수는 다음과 같다.

$$u(t) = \pm \frac{3}{4} \cos(4 \pi X) \left(\frac{1}{1/X - 64 X} - \frac{1}{9/X - 64 X} \right)$$

여기에서 $X = t/t_d = t * 1187.5$

57KHz 부 반송파는 ± 2 KHz 편이에 대응되는 출력 레벨에 대하여 40 dB 억압되어야 한다.

2.2 데이터 구조

기저 대역 부호화의 구조는 (그림 2-3)과 같다.

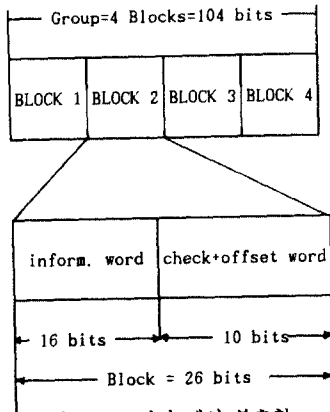


그림 2-3 기저 대역 부호화

이 구조에서 가장 큰 요소는 104비트의 그룹이라 부른다. 각 그룹은 각 26 비트로 구성된 4 블럭으로 구성되며 각 블럭은 16 비트 정보어와 10 비트 체크어로 이루어졌다. 1187.5bps 라디오 데이터율은 11.4 groups / s 의 전송율에 해당된다. 모든 정보어, 체크어, 이진 수 또는 이진 주소 값들은 MSB 비트 부터 전송되며 데이터 전송은 완전히 동기되어 그룹들 또는 블럭들 간에 사이가 없다.

26비트 블럭에 포함되는 10 비트 체크어는 수신기 / 복조기가 전송상에서 발생하는 오류를 검파하고 수정하기 위하여 사용되며 체크어는 다음의 두 개의 modulo 2 합이다.

- 1) 16비트 정보어 상에서 수행되는 10 비트 CRC 계산
- 2) 오프셋어 (offset word)라 불리는 10 비트

오프셋어는 수신기에서 그룹과 블럭 동기를 위해 더해진다. 한 그룹내의 블럭들은 각 그룹의 블럭 1, 2, 3 과 4에 더해지는 A, B, C 또는 C'와 D 오프셋어에 의해 구분된다. 그룹과 블럭 동기 및 에러 정정은 2-4절에서 기술한다.

라디오 데이터 시스템 부호화는 자주 반복되고 짧은 초기 동기 시간이 필요한 정보들은 그룹내 고정된 위치에 놓이게 구조화된다. 이렇게 함으로 인하여 복조기는 그 정보를 포함한 블럭이외의 블럭을 참조함이 없이도 복조할 수 있다. 각 그룹의 첫번째 블럭은 항상 PI 코드를 포함하고

FM 데이터 방송의 송신기 개발에 관한 연구(90998)

블럭 2 안의 고정된 위치에 PTY와 TP코드가 포함된다. 일반적으로 그룹들은 특별한 적용 또는 정보 형태를 갖고 있으므로 한 블럭내에 다른 형태의 정보를 혼합하는 것은 최소로 하여야 한다. 그룹 적용들은 그룹 형태를 정의하는 4 비트 코드에 의하여 기술되는데 이 코드는 매 그룹의 두번째 블럭중 처음 4비트로 전송되고 다섯번째 비트는 그룹 형태의 version (A 또는 B)를 정의한다. Version A 그룹에서 PI코드는 단지 블럭 1에 포함되며 version B에서는 PI코드가 블럭 1과 블럭 3에 포함된다. 이상에서 기술한 라디오 데이터 시스템의 주요 특성을 (표 2-1)에 나타내었다.

표 2-1 RDS의 주요 특성

1. 부 반송파 : 57KHz
2. 변 조 : DSB-SC AM
3. 비트 율 : 1187.5 bps
4. 데이터 신호 : differentially coded 2-PSK
5. 주 FM 반송파 편이 : ± 2 KHz
6. 데이터 구조 : 오류 검파와 수정을 수행하는 단축순환부호를 사용하여 16 정보 비트와 10 체크 비트로 구성된 각 블럭이 4 블럭으로 그룹 형성
7. 블럭과 그룹 동기 : 10 비트 오프셋 워드를 체크 비트에 포함

2.3 RDS 정보와 기능

RDS 정보와 기능은 (표2-2)에 나타내었다.

표 2-2 RDS 정보와 기능

PI	나라, 영역, 국식별	
AF	주변지역에서 동일 프로그램을 서비스하고 있는 국의 주파수	자동
TP	교통정보 방송국 식별	동조
PTY	프로그램의 형태	
TA	현재 교통정보를 방송중	
ON	타 네트워크 정보	
PIN	예약 수신용 (방송 예정 시간)	전환
DI	모노와 스테레오 구별	
MS	음악과 음성외의 구별 볼륨 제어	

PS	8문자로 국명을 표시	통신
RT	문자 데이터	
TDC	데이터 서비스	
Paging	포켓 벨 서비스	
IH	방송국에서 사용 (모니터 신호)	
CT	시계정보	기타

3. 라디오 데이터 시스템 특성 및 내용

3.1 AF 특성

주파수 채널 수로 구성되어 있는 코드인 AF 리스트는 가능한 적은 적어야 하며 AF 리스트를 방송하는 송신 서비스 지역내에서 유용한 전체 강도로 수신 가능한 방송국과 중계국의 주파수만을 포함하여야 한다. 그러나 경제적 이유와 산악 지역에서 중계국을 사용하고 있기 때문에 각 송신국에서 독특한 AF 리스트를 발생한다는 것은 항상 가능한 것이 아니다. 그래서 실제적으로 대부분의 AF 리스트는 서비스 지역에서 실제적으로 대체 주파수가 아닌 것이 포함된다. AF 리스트를 전송하는데에는 두 가지의 전송 프로토콜이 있다. 방법 A는 지방 변형이 없거나 AF가 짧은 네트워크의 경우에 유리하다. 하나의 네트워크에 속한 각 송신기들은 25개까지의 주파수 채널로 이루어진 단지 하나의 AF 리스트를 방송한다. 이 리스트를 방송하는 송신기와 중계기의 모든 주파수가 이 리스트안에 포함되므로 송신국의 서비스 지역에서 실질적으로 AF가 아닌 것이 불가피하게 포함될 수 있다. 방법 A가 사용되었을때 리스트안의 첫번째 코드는 부차어 (filler words)를 제외한 몇개의 다른 주파수들이 리스트에 포함되는가를 나타낸다.

방법 B에서 송신국과 관련된 리스트의 총 수는 제한없이 방송할 수 있다. 다시말해서 각 리스트는 단지 12개만이 실질적인 대체 주파수 채널수인 25 이상의 주파수를 포함하지 않게 구조되어야 한다는 것을 제외하고는 개별적 리스트에 제한은 없다. 이와 같은 방법으로 주 송신국이 많은 중계국에 대한 프로그램 링크로 사용되는 경우에 방법 A에서 나타나는 제한들을 피할 수 있다.

3.2 EON 특성

라디오 데이터 시스템 기술 표준안 Tech. 3244에서 ON 정보의 부호화는 그룹 형태 3A와 3B를 사용하는 것으로 정의되었다. 이 기술 기준안이 발간된 이래 여러 제약 조건들이

발생하여 EON이 최초의 방법을 향상시키는 방법으로 도입되었다. EON 시스템은 그룹 형태 14A와 14B를 사용하고 다음과 같은 향상을 포함한다.

1. 참조될수 있는 8개의 다른 네트워크 제한이 제거되었다.
2. 각 EON 그룹을 독립하게 만들었으므로 이정 그룹들의 올바른 수신에 의존하지 않는다.
3. 주파수 정보를 효율적으로 전송하기 위하여 mapped 주파수 방법이 도입되었다.

4. 참조되는 다른 네트워크의 PS 이름이 전송 가능하다.

최초의 EON 그룹에서는 4개의 변형중 단지 하나만의 PI 코드를 포함하였다. 그리하여 ON 정보의 올바른 수신은 다른 그룹 형태의 올바른 수신에 필요하였다. 다시말해서 ON 정보를 얻기 위해서는 상당한 지연이 발생하였다. 이에 반하여 EON 그룹은 참조되는 다른 네트워크의 PI를 포함하여 EON 그룹들은 독립하게 되고 이전 그룹의 올바른 수신에 의존하지 않게되었다. 그룹 형태 14A는 그룹 2의 용도 코드에 의해 지정되는 16 변형까지를 갖는 정보 블록을 포함한다. 이 정보 블록은 다른 네트워크의 PS 이름, 방법 A AF, 다른 네트워크의 MAPPED 주파수, PTY, TA, PIN 그리고 다른 네트워크의 서비스 이름을 포함한다.

3.3 Radio paging 특성

스웨덴 MBS 시스템을 사용한 라디오 페이징 시스템을 라디오 데이터 시스템에 적용하는데에는 아직 정의되지 않은 그룹 형태중 하나를 할당하여 이루어 질수있다. 라디오 데이터 시스템에서 라디오 페이징의 장점은 다음과 같다.

1. 국제 페이징 호출을 포함하여 보다 넓은 범위의 메시지 형태를 지원한다.
2. 라디오 데이터 시스템의 그룹과 블록 동기 시스템이 사용되므로 페이징 정보에 대하여 동기가 개선된다.
3. 페이징 정보를 전달하는데 한개의 프로그램 서비스 이상, 다시말해서 4개 까지를 동시에 사용할 수 있다.
4. 보다 나은 전지 절약 기술을 채용한다.

그룹 형태 4A가 매 분의 시작에 전송되고 그룹 형태 1A가 매초 적어도 한번 전송되며 1A의 블록 2의 마지막 5비트는 다음과 같은 라디오 페이징 부호로 사용된다.

- 비트 B4 - B2 : 3비트 송신 네트워크 그룹 지정
- 비트 B1 - B0 : 전지 절약 기간 동기와 확인

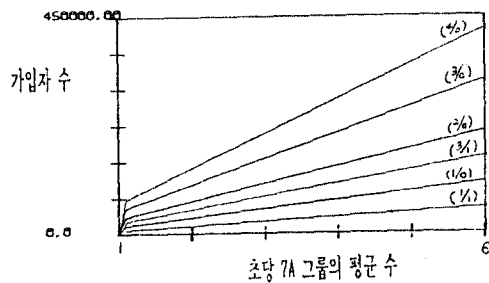
그룹 형태 7A는 페이징 정보를 전송하는데 사용된다.

그룹 1A의 블록 2의 마지막 5비트중 처음 3비트는 수신자 그룹 코드의 그룹에 송신 네트워크를 지정하는데 사용된다. 지정된 그룹 코드에 속하지 않는 수신자들은 송신기에 lock 하지 않는다.

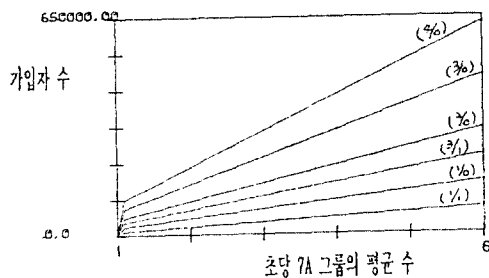
라디오 페이징 시스템의 통화량 처리 능력에 대하여는 4장에서 논하였다.

4. 페이징 통화량 및 송신기 설계

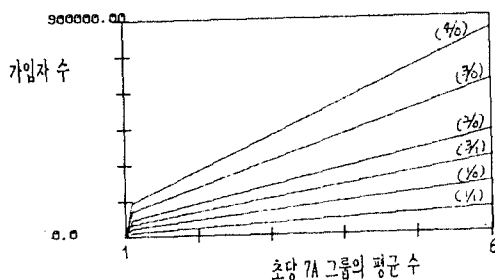
10 디지털의 숫자 메시지가 전송되고, 하나의 페이징 call은 초당 두개의 라디오 데이터 그룹을 포함한다는 가정하에서 라디오 페이징 시스템의 통화량 처리 능력을 계산하고 (그림 4-1), (그림 4-2), (그림 4-3)에 나타내었다.



(그림 4-1) call rate = 0.01 calls / pager / hour

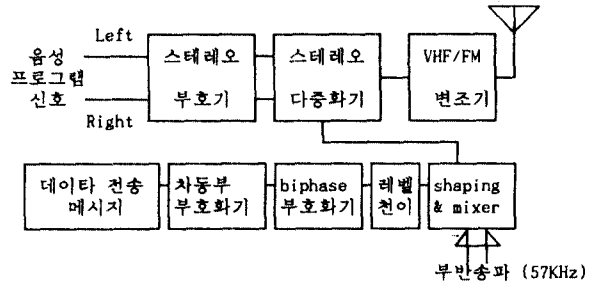


(그림 4-2) call rate = 0.067 calls / pager / hour



(그림 4-3) call rate = 0.05 calls / pager / hour

FM 데이터 방송의 송신기 개발에 관한 연구(90998) 무선 데이터 시스템은 파인릿트론 스테레오 또는 모노 방송을 하는 87.5-108 MHz 범위에서 VHF/FM 무선 방송 송신기들에 적용하는 것이다. 데이터 신호들은 송신기 입력에서 스테레오 다중 신호에 더해지는 부반송파에 실리게 되는데 (그림4-4)에는 송신기의 블록 선도를 보인다.



(그림4-4) 송신기 블록도

마이크로 컴퓨터에서 1187.5 bps로 지정된 형태로 편집되고 배치된 데이터가 전송된다. 변조기는 57KHz의 보조 부반송파로 PSK 변조를 수행하고 출력 신호는 FM 스테레오 다중기에 의해 입체 음향 방송 FM 신호와 다중화된다. VHF-FM 변조기는 이 다중화된 신호를 이용하여 다중화된다. 각 구성 요소에 대한 파형은 (그림 4-5)에 나타내었다.

5. 결 론

FM 다중 방송은 라디오 방송의 응용 범위를 넓혀주는 것으로 각국에서 여러 가지 방식이 개발되고 있다. 대표적인 것으로 유럽의 라디오 데이터 시스템과 일본의 FM 다중 방식이 있으며 일본의 방식은 음성 신호를 다중하나 고정 수신 방식이고 데이터의 부호화와 이동 수신 방식의 개발이 필요하므로 아직 완성된 것이라 할 수 없다. 반면에 라디오 데이터 시스템 방송은 EBU에서 그 규격을 완성 공개한 이후, 유럽 지역에서는 실용화 단계에 접어들었다. 추가적인 기능의 개발은 계속되고 있지만 그 기본 골격은 그대로 유지 될 것이다. 따라서 이것은 보다 많은 지역에 도입될 전망이다. 수신기 가격등 경제적 요인이 해결된다면 청취자들은 라디오 데이터 시스템을 선호하게 될 것이다. 라디오 데이터 시스템은 최근 몇년 동안에 방송이 시작되었으므로 운영 방법등에도 많은 발전이 기대된다. 한편 향후 산업 기술의 발달을 염두에 둘 경우에는 일본의 FM 다중 방송이 아직까지 데이터 전송을 위한 데이터 부호화 방식을 결정하지 않았고 이것들을 결정할 때에는 라디오 데이터 시스템 방식을 상당히 참조하리라 생각되며 앞으로의 발전 전망도 라디오 데이터 시스템 방식이 밝기 때문에 라디오 데이터 시스템 방식의 채택은 여러 나라들의 공통된 추세라 생각된다.

참 고 문 헌

1. Tech. 3244-E, Specifications of the Radio Data System RDS for VHF/FM Sound Broadcasting
2. Supplement 1 to Tech. 3244-E, Protocols for the Transmission of Alternative Frequencies
3. "What's happening to RDS ? ". Bev Marks, Electronics and Wireless World, NOV. 1988
4. "FM 多重放送の 現状と 動向", 방송기술 1988
5. "FM 多重放送 受信機", 방송기술 1988