

맨체스터 부호를 사용하는 통신시스템에서 효율적인 클럭복원 회로의 설계

正會員 吳 容 銑* 正會員 金 翰 鍾* 正會員 康 昌 彦*

Design of the Efficient Clock Recovery Circuit in the Communication Systems using the Manchester Encoding Scheme

Yong Sun OH*, Han Jong KIM*, Chang Eon KANG* *Regular Members*

要 約 본 논문은 맨체스터 부호를 사용하는 네트워크(network) 시스템뿐만 아니라 이동체(mobile) 통신과 디지털 통신 시스템에서 맨체스터 신호를 재생하기 위한 새로운 클럭복원(clock recovery) 알고리즘을 제안하고 제안한 알고리즘의 구현에 관한 연구이다. 제안된 클럭 복원 회로는 간단한 하드웨어 구성으로 중앙 천이를 식별하지 않고 중앙 천이와 변화가 없는 인접 비트간의 천이 각각에 대하여 양극에지(positive edge)와 부극에지(negative edge)를 감지하고, 이 신호를 사용하여 분주기를 제어하여 복원하고자 하는 클럭에 2배에 해당하는 클럭을 먼저 복원하고 양극에지와 부극에지 감지기를 프리셋트 시킨후, 이 클럭을 2분주함으로써 원하는 클럭을 정확히 얻을 수 있음을 알았다.

본 논문에서 제시한 알고리즘의 타당성을 입증하기 위하여 현재의 FM 방송에 디지털 데이터 신호를 다중화하여 전송하는 방송계 뉴미디어 시스템인 RDS(Radio Data System) 시스템에 제안된 알고리즘을 적용하여 제시한 알고리즘의 타당성을 입증하였다.

ABSTRACT In this paper, the efficient clock recovery algorithm is proposed to regenerate the manchester code at the system using the manchester encoding scheme such as LAN, mobile communication and digital communication systems. The proposed clock recovery circuit recovers the clock using the two times of the original clock frequency on each transition. If the output frequency of the proposed circuit is divided by two, the same original transmitted frequency can be completely recovered. The implementation of the proposed clock recovery circuit and the interpretation of test results prove the validity of the proposed algorithm.

I. 서 론

Bi-phase라는 용어는 Bi-phase-L(맨체스터), Bi-phase-M, Bi-phase-S 및 차동 맨체스터를 총칭하는 말로 NRZ 및 RZ 인코딩 기법의 결점을 보완하기 위하여 설계되었다.⁽⁴⁾⁽⁵⁾ Bi-phase 방법은 한 비트의 시간 간격동안에 적어도 한번의 천이가 있으므로 최대 변조율은 NRZ의 두배가 되고 그에 따라 보다 광역의 대역폭이 필요하게 된다. 그러나 각 비트 시간간격 동안 천이를

예측할 수 있으므로 동기화가 용이하고, 직류성분이 없어 다중화하여 전송시 고조파의 영향을 줄일수 있고 예러검출이 용이하다는 이점을 가지고 있다. 그리하여 자기테이프 기록과 광섬유 변조시스템, 로컬네트워크, 이동 통신 시스템 및 FM 다중 시스템에서 쓰이고 있다.⁽⁴⁾⁽⁶⁾ 본 논문에서는 맨체스터 부호를 사용하는 이들 시스템들에서 필수적인 클럭 복원(Clock Recovery) 알고리즘을 새로이 제안하고 본 알고리즘을 새로운 집적회로가 가능하도록 일반적인 논리회로를 사용하여 구현하고 FM 다중시스템에 적용하여 본 알고리즘의 타당성을 입증하였다.

*延世大學校 電子工學科
Dept. of Electronics, Yonsei University
論文番號 : 91-94(1991. 7. 16)

II. 맨체스터 부호를 사용하는 시스템

본장에서는 EBU 기술안 3244에 의거한 RDS 신호와 여러가지 부호화된 정보에 대하여 기술한다.⁽¹⁾ EBU 기술안은 RDS에 대하여 ISO 표준 모델과 상응되도록 다음의 계층들을 정의하여 정보 처리 시스템을 다루었다.⁽²⁾⁽³⁾⁽⁸⁾

- 변조 특성(Physical Layer)
- 기저 대역 부호화(Data Link Layer)
- 메시지 구조(Session & Presentation Layer)

RDS는 디지털 데이터 전송을 위해 VHF / FM 라디오 방송 수신 범위인 87.5-108 MHz 대역에 FM 신호상에 디지털 데이터를 57 KHz 부 반송파를 사용하여 DSB-SC(Double Side Band-Suppressed Carrier)로 변조시켜 다중화한다. 그림 1은 라디오 데이터 부 반송파를 보여주는 FM 신호 스펙트럼을 도시한 것이다.

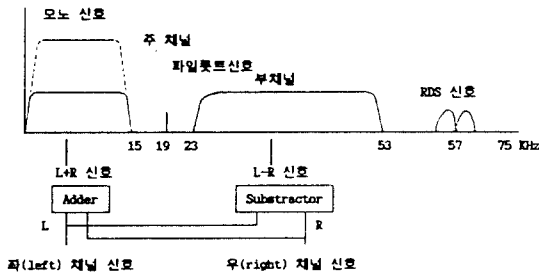


그림 1. FM 신호 스펙트럼

EBU 권고안에 의하면, RDS의 데이터율은 1187.5 bps이다. 수신기에서 정확한 복조를 위하여 전송되는 데이터는 차동 부호화(Differential encoding)된다.⁽⁹⁾ 57 KHz 중앙 주파수에 인접한 데이터 신호 전력은 차동 부호화한 데이터를 bi-phase(맨체스터) 신호로 부호화하여 줄이고 이렇게 부호화한 데이터는 저역통과 필터를 통과시켜 변조한다. 전송되는 대역 제한 스펙트럼은 그림 2와 같다.

Bi-phase 부호화된 라디오 데이터 신호의 스펙

트럼, $|U(f)|$ 은 다음과 같다.

$$|U(f)| = \begin{cases} 2 \sin\left(\frac{\pi f t_d}{2}\right) \cos\left(\frac{\pi f t_d}{2}\right), & -2/t_d \leq f \leq 2/t_d \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

여기에서, $1/t_d = 1187.5\text{Hz}$

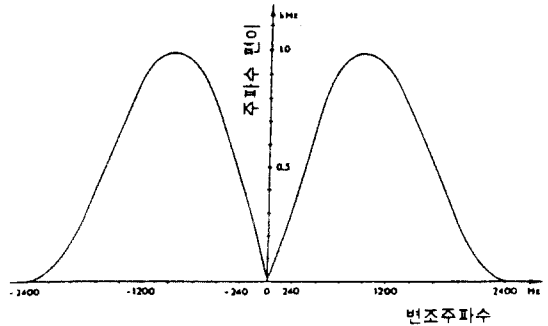


그림 2. 대역 제한 스펙트럼

Bi-phase 심볼의 시간 함수, $u(t)$ 는 다음과 같다.

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

여기에서 $X = t/t_d = t \times 1187.5$

기저 대역(Baseband)에서 전송되는 데이터 형식은 그림 3과 같이 구성된다.⁽¹⁾⁽²⁾

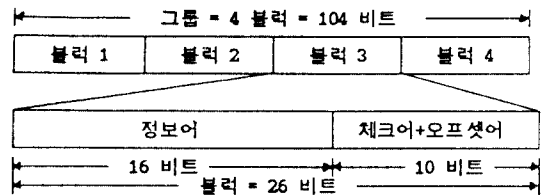


그림 3. 기저 대역 부호화

이 구성에서 가장 큰 요소는 104 비트 길이의 그룹(Group)으로 각 그룹은 26비트의 4개의

블럭으로 구성되며, 각 블럭은 16비트의 정보어 (information word)와 10비트의 체크어(check word)로 이루어진다. 1187.5 bps 라디오 데이터 전송율은 11.4 그룹/s에 해당되며 모든 정보어, 체크어, 이진 수 또는 이진 번지 값들은 MSB (most significant bit)로 부터 동기 전송 (Synchronous transmission) 된다.⁽¹⁾

26 비트 블럭에 포함되는 10비트 체크어는 복호화기가 전송상에서 발생하는 오류를 검파하고 수정하기 위하여 사용되며 체크어는 다음 두개의 modulo-2 합이다.

- (1) 16비트 정보어상에서 수행되는 10비트 CRC(Cyclic Redundancy Code) 계산
- (2) 오프셋 어(offset word)라 불리는 10비트 메시지 형식과 번지 지정 형식은 그림 4와 같으며 구성 요소는 다음과 같다.
 - (1) 그룹 형태 코드=4비트
 - (2) B_0 =버전코드=1비트
 - (3) PI 코드=16 비트 : 방송국명 식별(program identification)
 - (4) TP=1 비트 : 교통 프로그램(traffic program) 비트
 - (5) PTY=5비트 : 프로그램 형태(program type)
 - (6) 체크어+오프셋 어=10비트로 구성되어 있으며 오류 정정과 블럭 및 그룹 동기화 정보를 제공하고,
 - (7) $T_1 < T_2$: 어떤 그룹에서 블럭 1이 먼저 전송되고 블럭 4는 가장 나중에 전송된다.

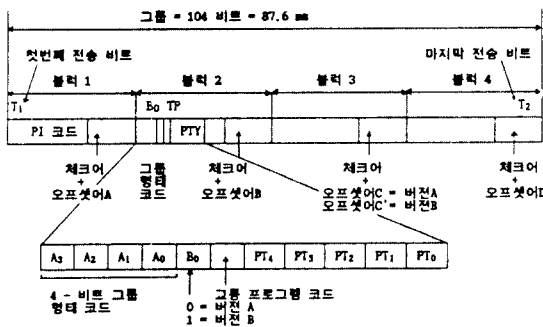


그림 4. 메시지 형식과 번지 지정

오프셋어는 수신기에서 그룹과 블럭 동기를 위해 포함되어진다. 한 그룹내의 블럭들은 각 그룹의 블럭 1, 2, 3과 4에 더해지는 A, B, C 또는 C'와 D 오프셋 어에 의해 구분된다.

RDS 부호화는 자주 반복되고, 짧은 초기 동기 시간이 필요한 정보들은 그룹내 고정된 위치에 놓여 구조화된다. 이렇게 함으로써 복조기는 그 정보를 포함한 블럭 이외의 다른 블럭을 참조하지 않아도 복조할 수 있다. 각 그룹의 블럭1은 항상 PI 코드를 포함하고 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 4비트 코드에 의하여 기술되는데, 이 코드는 매 그룹의 블럭2 중 처음 4비트로 전송되고 다섯번째 비트는 그룹 형태의 버전(A 또는 B)을 정의한다. 버전 A 그룹에서 PI코드는 단지 블럭 1에 포함되며 버전 B에서는 PI코드가 블럭 1과 블럭 3에 포함된다. RDS 기술안 3244에 의하면 현재까지 정의된 8가지 그룹 형태들의 적용은 표 1과 같다.⁽¹⁾

표 1. 그룹 형태들의 적용

그룹 형태	버전	적 용
0	A 또는 B	기본 동조와 절제 (switching)
1	A 또는 B	프로그램 항목 번호
2	A 또는 B	라디오 텍스트
3	A 또는 B	다른 네트워크 정보
4	A	블럭 시간과 날짜
5	A 또는 B	부연 데이터 채널
6	A	인 하우스 데이터
7		라디오 캐이징
8		교통 메시지 채널
14	A 또는 B	향상된 다른 네트워크
15	B	빠른 기본 동조와 절제 정보

이상에서 기술한 RDS의 주요 특성을 표 2에 나타내었다.

현재 유럽 일원에서 운용되고 있는 RDS에서

표 2. RDS의 주요 특성

1. 부 변 송 파 : 57KHz
2. 변 조 : DSB-SC AM
3. 비 트 율 : 1187.5 bps
4. 데이터 신호 : 자동 부호화, bi phase
5. 주 FM 방송과 편이 : ±2KHz
6. 데이터 구조 : 오류 검파와 수정을 수행하는 단축순환부호를 사용하여 16비트의 정보와 10비트의 체크어로 구성된 각 블록이 4개로 구성되어 한 그룹 형성
7. 블록과 그룹 동기 : 10비트 오프셋 어를 체크 비트에 포함

제공되는 정보 내용과 기능을 나타내면 표 3과 같다.

RDS가 VHF / FM 수신기의 다른 부분과 결합될 경우의 수신기를 그림 5에 나타냈다. 복호화기는 FM 변별기의 출력인 다중신호를 입력으로 받아들여 마이크로 프로세서로 전달한다. 이 마이크로 프로세서는 표시장치를 구동하고, 수신기의 동조를 제어하며 또한 라디오 데이

타 신호를 몇단계에 걸쳐 복호화 과정을 수행한다. RDS 복호화기는 3개의 블록으로 구성되며 그 블록의 기능은 다음과 같다.⁽²⁾⁽³⁾

- FM 수신부에서 얻은 RDS 변조 신호를 복조하는 블록
- 복조한 RDS 데이터의 그룹 동기를 하는 블록
- 그룹 동기를 취한 RDS 데이터를 해독하며, 데이터의 표시나 FM 수신기의 제어등 데이터를 처리하는 블록이다.

RDS 수신기에서 수신된 데이터를 처리하여 표시 및 자동 추적 기능을 갖게 하기 위하여는 데이터 처리 블록이 절대적으로 필요하며 이때의 각 구성이 그림 5에 나타나 있다.

그림 5에서 살펴보면 라디오 데이터 복조기의 기능은 다음과 같은 6개의 주요한 구성 요소들로 구분할 수 있다.

- 57 KHz DSB SC 신호의 복조(Demodulation)
- Bi phase 심볼의 복호(Decode)
- 비트 율 클럭의 복원(Recovery)
- 그룹과 블록의 동기의 복원(Recovery)

표 3. RDS 정보와 기능

PI(program identification)	나라, 영약, 목적명	
AF(alternative frequency)	수령지역에서 동일 프로그램은 식별시키고 있는 국의 주파수	자동
TP(traffic program)	교통정보 방송국 식별	동조
PTY(program type)	프로그램의 형태	
TA(traffic announcement)	현재 교통정보를 방송중	
ON(other network)	타 네트워크 정보	
PIN(program item number)	예약 수신용(방송예정 시간)	선택
DI(decoder identification)	모노위 스테레오 구별	
M/S(music/speech switch)	음악기 음성역 구별 분류 제어	
PS(program service)	8분치이내로 송명을 표시	
RT(radio text)	문자 데이터	
TDC(transparent data channel)	데이터 스트림	동조
Paging		
IH(in-house application)	방송국에서 사용(모니터 신호)	
CT(clock time and date)	시계정보	자동

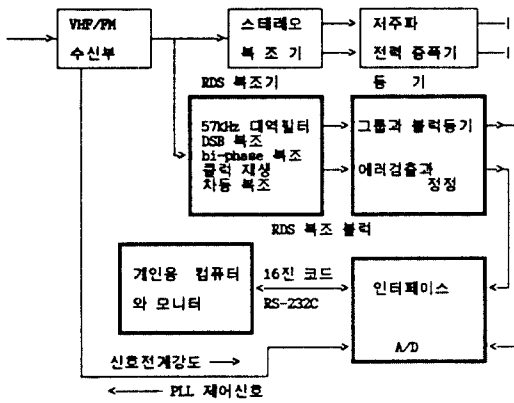


그림 5. RDS 복조기

- 에러 검파 / 정정
- 번지 정보와 정보어의 복호(Decode)

DSB-SC 신호를 복조하는 불력을 제외하고 나머지 부분은 비트율 클럭의 복원이 이루어진 후 가능하게 되므로 가장 핵심적인 부분은 클럭을 복원하는 일일것이다. 이와같이 맨체스터 부호를 사용하는 시스템에서 사용되고 있는 클럭을 복원하는 방법과 본 논문에서 제안하는 방법에 대하여 다음절에서 기술한다.

III. 클럭복원 알고리즘의 제안 및 실험

동기클럭을 복원하는데 이용되고 있는 기존의 방법과 본 논문에서 제안한 클럭복원 회로에 대하여 기술하면 다음과 같다. 동기클럭은 맨체스터 심볼로부터 추출되는데 맨체스터 심볼과 비트율 클럭을 비교해 보면 어떠한 규칙성을 발견할 수 있다.⁽²⁾ 비트율 클럭의 중앙에서는 그림 6에 있는 그룹 A에 나타낸것과 같이 데이터의 천이가 항상 존재("H"에서 "L"로 또는 그역으로)한다는 규칙성이 존재한다. 클럭의 반복주기를 가지는 그룹 A와 주기성이 없는 그룹 B에서 그룹 A의 변화점을 추출할 수 있으면 클럭을 재생할 수 있다. 이러한 그룹 A의 주기성을 감지하기 위하여 단안정 멀티바이브레

이터를 사용하였다.⁽²⁾⁽⁷⁾

그러나 본 논문에서 제안하는 클럭복원회로에서는 주기성을 갖는 그룹과 그렇지 않은 그룹을 식별할 필요가 없이 정극에지와 부극에지를 감지하고 나서 감지기를 0으로 리셋트시킨다. 수신된 데이터열에 대한 정극에지 감지기과 부극에지 감지기는 감지 순간에만 리셋트 되므로 각 감지기 출력을 조합하여 원하는 주파수의 두배되는 주파수가 재생되게 분주기를 리셋트시킨다. 정극에지 감지기에 의하여 분주기가 리셋트 되었으면 분주기가 리셋트된 순간 정극에지를 프리셋트시키고 부극에지 감지기에 의하여 분주기가 리셋트 되었다면 부극에지 감지기를 프리셋트 시키며 클럭이 재생된다. 데이터 에지가 감지되면 계속하여 위의 동작을 반복 수행하여 클럭을 재생한다. 원하는 주파수에 해당되는 클럭이 재생되게 분주기를 리셋트시키지 않고 원하는 주파수에 2배가 되도록 분주기를 제어한 이유는 맨체스터 부호의 특성상 각 비트의 반에서 양극에지 또는 부극에지가 반드시 발생하기 때문에 이를 이용하기 위해서이다. 이와같은 알고리즘에 대한 흐름도를 그림 7에 제시하였으며 흐름도에 있는 각 기능을 구현한 클럭재생회로를 그림 8에 나타내

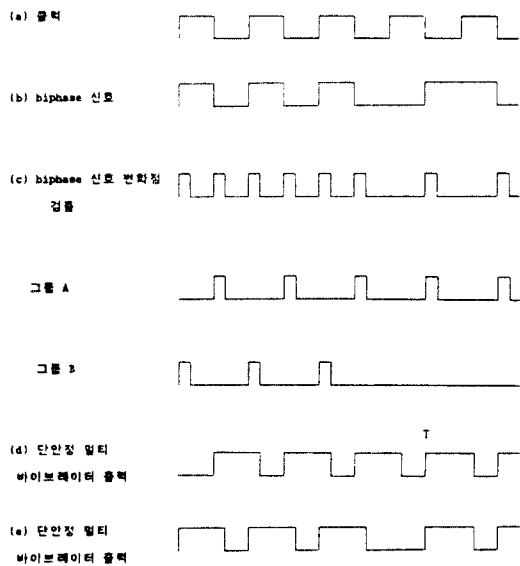


그림 6. 맨체스터 부호의 특성

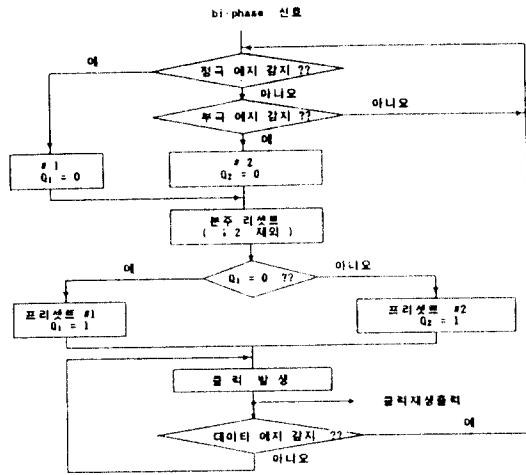


그림 7. 제한된 양코리쉬의 흐름도

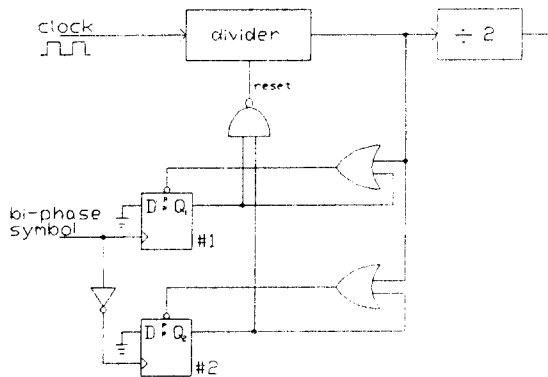


그림 8. 제한된 양코리쉬의 회로도

있다. 그림 8의 회로도를 도식적으로 분석하여 보면 그림 9와 같다. 그림 9에서 클럭에 해당되는 데이터가 맨체스터 부호화된 모습이 bi-phase 신호이다. 수신된 bi phase 신호에 대하여 그림 8에 있는 #1 F/F은 정극예지를 감지하고 나서 출력을 리셋트시키며 #2 F/F은 부극예지를 리셋트시킨다. 이 두신호의 조합신호가 그림 9에 있는 리셋트제어 신호에 해당되어 이 신호에 의하여 분주기가 리셋트된다. 리셋트된 순간 각 예지 감지기를 프리셋트 시키는데 걸리는 시간은 분주기의 지연에 해당되는 매우 짧은 시간에 해당된다. 이러한 방법에 의하여 재생된

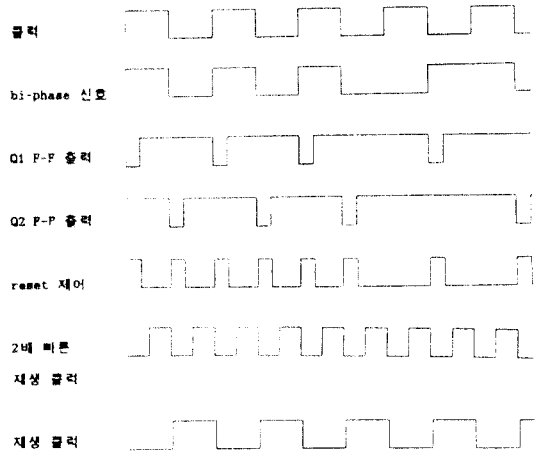


그림 9. 제한된 양코리쉬의 신호 제어

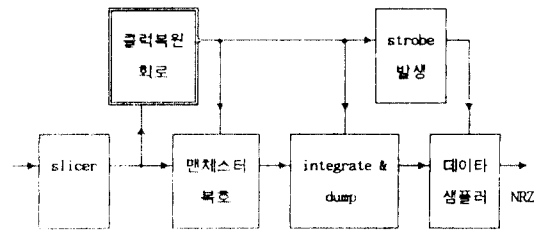


그림 10. 제한된 양코리쉬의 수신회로

신호를 그림 9에 나타내었는데 이클럭이 송신 클럭과 동일함을 알 수 있다.

본 양코리쉬의 전달성을 입증하기 위하여 2 점에지 설명한 방송계 뉴미디어 시스템인 RDS 시스템에 적용하여 실험을 실시하였다. EBU에서 제안된 여러가지 차분스케줄에서 데이터에스트에 해당하는 2A 그룹만을 전송하는데 있어서 순수 데이터 만으로 INTEL 8251A를 동기방식으로 적용하였으며 전송모드로는 상태 바이트의 내용을 읽어들이고 내용에 따라 8251A의 상태전이를 검증해 가면서 일출력을 제어하는 출력방식으로 실험을 실시하였다. 송신단에 해당되는 PC에서 라디오텍스트 데이터를 출력방식으로 8251A로 전송하고 부예지에서 적절로 RDS 부호화기로 데이터를 전송한다. 부호화기에서는 차동부호화된 맨체스터부호화를 한 후 레벨전이를하여

수신측 PC로 전송한다. 데이터 수신기의 블록 다이어그램을 그림 10에 나타내었다. 본 논문에서는 제안된 클럭복원 알고리즘을 사용하여 그림 10에 있는 각 구성요소를 구성하여 실험을 실시하였다. 그림 11에서 송신 데이터에 해당되는 A1은 전송데이터 "1"에 해당되는 1000110인데 이 데이터는 송신클럭 A0의 부극에서에서 차동 부호화기 입력으로 들어와서 정극에서에서 차동 부호화된 상태를 A2에서 볼수 있다. 이러한 방법으로 차동부호화된 데이터가 맨체스터부호화의 입력단에 적용되어 송신클럭에 의하여 맨체스터 부호화된 데이터가 A3이다. 오류가 없이 수신된 데이터를 사용하여 논문에서 제안한 클럭 재생 방법에 의하여 클럭을 재생하는 과정을

수행하는데 클럭재생 방법에 의하여 원하는 클럭의 2배 빠른 클럭을 복원한 것이 A5에 나타낸 클럭이며 이를 2분주 한것이 A6이다. 이 클럭을 사용하여 맨체스터부호, integrate & dump 회로를 통과시키고 데이터를 샘플한 결과의 데이터가 A7에 나타내었다. 그림 11에서 알수있는 것과 같이 복원된 데이터는 송신데이터와 정확히 일치함을 알 수 있다. 그림 12는 전송데이터가 " # "인 1100010에 대하여 실험한 결과이며 그림 13은 송신데이터가 high 레벨의 경우에 대한 결과이다.

IV. 결과 고찰

맨체스터 부호를 사용하는 시스템에서 수신된 데이터를 정확히 복호하러는 기존의 클럭복원회로는 심벌의 중앙전이를 식별하여야만 하지만, 본 논문에서 제안한 클럭복원 회로는 간단한 하드웨어 구성으로 중앙전이를 식별하지 않고 중앙전이와 변화가 없는 인접 심벌간의 전이 각각에 대하여 복원하고자 하는 클럭에 2배가 되는 클럭을 먼저 복원한 후, 이 클럭을 2분주함으로써 원하는 클럭을 정확히 얻을수 있음을 알았다. 이러한 비트동기 알고리즘을 RDS 그룹 중 2A에 해당되는 라디오텍스트에 적용하여 여러가지 전송데이터에 대하여 실험을 통하여 본 알고리즘이 간단한 하드웨어 구성을 가지고 정확한 클럭복원이 가능함을 알 수 있었다. 이러한 방법으로 정확히 복원된 클럭을 사용하여 맨체스터부호를 사용하는 데이터에 대하여 정확한 비트동기가 이루어짐을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1. Tech. 3244 E, Specifications of the Radio Data System RDS for VHF / FM Sound Broadcasting
2. S.R.Ely and D.Kopiz, "Design principles for VHF / FM radio receivers using the EBU radio-data system RDS", Reprint from EBU Review Tech, No.204, Apr. 1984

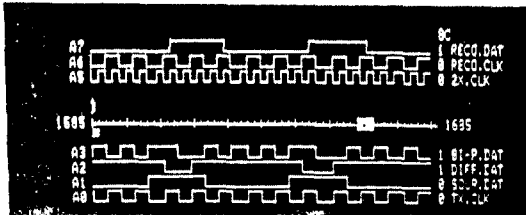


그림 11. 데이터 "1"에 대한 실험

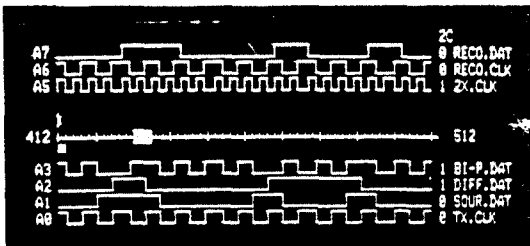


그림 12. 데이터 "#"에 대한 실험

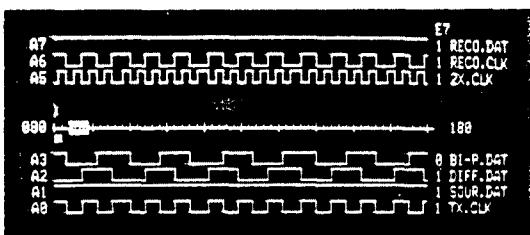


그림 13. 데이터 high level에 대한 실험

3. "An Experimental System of FM data broadcasting", NHK Lab. note no.293 1983
4. W.Stallings, "Digital Signaling Techniques", IEEE Comm. Mag., vol.22, No.12,Dec. 1984
5. L.Sanders, "When to prefer Manchester coding", Electronics, July 1982
6. R.J.Turner, "Evaluation of Cellular Mobile Telephone

Data Receivers", IEEE Trans. on Veh. Tech., vol.VT 29, No.4,pp.353-360, Nov.1980

7. T.Brenig, "Data Transmitter for Mobile Radio", IEEE Trans. on Veh. Tech., vol.VT 27, No.3,pp.77-85, Aug. 1978
8. "FM 多重放送의 技術 方式", 방송기술 1988



吳容鏞(Yong Sun OH) 正會員
1957年 9月 22日生
1983年 2月: 延世大學校 電子工學科 卒業(工學士)
1985年 2月: 延世大學校 大學院 電子工學科 卒業(工學碩士)
1984年 1月 - 1986年 7月: 三星半導體 通信(株) 研究員
1988年 1月 - 1989年 1月: 3J TRCH 先任研究員

1986年 9月 - 現在: 延世大學校 大學院 電子工學科 博士課程
1988年 1月 - 現在: 普賢大學校 助教授



金翰鍾(Han Jong KIM) 正會員
1963年 4月 20日生
1986年 2月: 漢陽大學校 電子工學科 卒業(工學士)
1988年 8月: 延世大學校 大學院 電子工學科 卒業(工學碩士)
1988年 9月 - 現在: 延世大學校 大學院 電子工學科 博士課程



康昌彥(Chang Eon KANG) 正會員
1938年 8月 26日生
1960年: 延世大學校 電氣工學科 (工學士)
1965年: 延世大學校 大學院 電氣工學科 (工學碩士)
1969年: 美國亞利桑那州亞利桑那大學校 大學院 電氣工學科(工學碩士)
1973年: 美國亞利桑那州亞利桑那大學校 大學院 電氣工學科(工學博士)

1967年 - 1973年: 美國亞利桑那州亞利桑那大學校 工業研究所 先任研究員
1973年 - 1981年: 美國亞利桑那州亞利桑那大學校 電氣工學科 助教授, 副教授

1982年 - 現在: 延世大學校 電子工學科 教授
1987年 - 1988年: 本學會 副會長
1989年 - 1990年: 本學會 會長