

論文 96-33B-6-14

비디오 카세트 레코더의 자동 주파수 조절의 디지털 신호처리

(Digital signal processing of automatic frequency control in VCR)

金東夏*, 李太遠*

(Tong-Ha Kim and Tae-Won Rhee)

요 약

본 논문에서 가정용 비디오 시스템에 적용되는 자동 주파수 조절 장치의 디지털 신호 처리를 제안하였다. 제안된 방식은 주파수 조절 범위가 넓으며 디지털 회로로 구현되므로 디지털 비디오 시스템의 구현이 유리하며 여러 방식의 TV에 호환되는 자동 주파수 조절 장치의 구현 시에 추가적인 회로의 부담이 거의 없다는 장점이 있다.

Abstract

In this paper, a digital signal processing method of AFC(Automatic Frequency Control) is proposed for a home use VCR system. The proposed method has the ability of frequency tracking of a wide range. Implemented with digital circuits, the system is to be used in a digital video system and saves the cost of a hardware compared with a conventional analog automatic frequency control method using several PLL's, in case of making home use VCR systems compatible with several TV systems.

I. 서 론

비디오 카세트 레코더를 살펴보면 기록 시에는 입력 되는 비디오 색신호를 변조 신호를 이용하여 변조시킨 후 테이프에 기록하며 재생 시에는 테이프로부터 읽혀진 비디오 신호에 기록 시에 이용한 변조 신호를 이용하여 복조하여 원래의 비디오 색신호를 얻는 방식을 이용하고 있다¹⁾. 그런데 테이프 메카니즘상의 문제와 주변의 소음들에 의해 테이프로부터 읽혀진 재생 비디오 신호는 기록될 때의 입력 비디오 신호와는 같지 않은 신호가 읽히게 된다. 이로 인해 테이프에서 읽혀진 색신호의 변조 주파수는 기록 시에 사용한 변조 주파수와는 다른 주파수가 되어 있으므로 재생 시에는 달라진 주파수에 해당되는 복조 주파수 신호를 이용해야만 원래의 비디오 색신호를 얻을 수 있게 된다. 자동

주파수 조절 장치는 재생 시에 읽혀진 신호의 변화된 변조 주파수 신호를 만들어 주는 역할을 하는 것으로 일반적으로 기존의 VCR에서는 자동 주파수 조절을 위해 휘도 신호로부터 수평 동기 신호를 분리해내고 이를 주파수 체배하여 복조 주파수 신호를 만드는 방식을 취하고 있는데, 이 장치의 구현을 위해 위상 비교기, 저역 통과 필터, VCO 등으로 구성되는 아날로그 PLL을 이용하고 있다.

본 논문에서 제안하는 자동 주파수 조절 방식은 디지털 휘도 신호로부터 수평 동기 신호를 분리해내고 분리된 수평 동기 신호의 한 주기의 길이와 표준 수평 동기 신호 한 주기의 길이와의 차이 값을 디지털 캐리어 발생 장치에 이용하여 자동 주파수 조절이 가능하게 만드는 방식이다. 다시 말하면 현재 입력된 수평 동기 신호 오차 값과 디지털 캐리어 발생 장치의 입력 변수들과의 관계식을 유도하여 자동 주파수 조절을 가능하게 한다는 것이다.

본 논문에서 제안하는 방식을 적용하면 기존의 아날

* 正會員, 高麗大學校 電子工學科

(Dept. of Elec. Eng., Korea Univ.)

接受日字:1995年5月17日, 수정완료일:1996年5月25日

로그로 구성된 자동 주파수 조절 장치의 방식에 비해 아날로그 소자를 사용하지 않고 순수히 디지털 소자들만으로 구현이 가능하게되며, 기존의 아날로그 PLL을 사용하는 회로에서는 변조 신호의 왜곡이 큰 경우 자동 주파수 조절 범위를 벗어나게 되어 아날로그 PLL의 특성상 일정한 시간이 지나야만 안정된 주파수 조절이 가능하게 되는데 본 방식에서는 이러한 아날로그 방식의 결점을 없앨 수가 있다.

기존의 아날로그 자동 주파수 조절 장치의 경우는 NTSC나 PAL과 같은 여러 TV 신호 방식의 호환이 가능한 비디오 시스템을 구성할 때 TV 방송방식의 개수만큼의 PLL들이 필요하게 되므로 하나의 PLL만으로는 구현이 불가능해진다. 그러나 본 논문에서 제안하는 방식을 이용하면 추가적인 하드웨어의 구성이 거의 필요 없다.

II. 제안하는 디지털 자동 주파수 조절 장치

본 논문에서 제안하는 디지털 주파수 조절 장치는 ratio counter^[2]를 이용하고 있는데, ratio counter를 이용하면 임의의 단일 주파수를 갖는 어떤 sine, cosine 신호라도 디지털로 만들어내는 것이 가능해진다.

임의의 단일 주파수 신호를 F_{cu} 라고 하고 이 신호를 만드는 시스템 클락 주파수를 F_s 라고 하면

$$\frac{F_{cu}}{F_s} = \frac{C_3 \cdot C_2 + C_1}{C_2 \cdot C_4} \tag{1}$$

$$= \frac{C_3 + C_1/C_2}{C_4} \tag{2}$$

로 수식이 결정된다. 여기서 C_1, C_2, C_3 는 임의의 주파수 신호 F_{cu} 와 시스템 클락 주파수 F_s 에 의해 결정되는 상수이며 C_4 는 사용되는 ROM의 크기로 Address의 전체 크기를 나타낸다.

식 (1)은 ROM의 크기가 $C_2 C_4$ 인 것으로 sine파의 1 주기의 신호 값을 저장하는데 $C_2 C_4$ 만큼의 어드레스 공간을 사용하고 있다. 식 (2)는 ROM size를 C_4 로 고정시킨 것으로 원하는 크기의 ROM을 사용할 수가 있으므로 Ratio Counter의 구현 시에 이 수식을 사용한다. 식 (2)를 적용하여 임의의 단일 주파수 신호를 만드는 H/W구조는 그림 1에서 처럼 덧셈기 2개, Modulo 연산기 2개, F/F 1개, Register 2개, ROM 1

개로 이루어져 있다. 식 (2)에서 ROM의 Size를 C_4 로 줄였기 때문에 ROM의 Address를 지정하기 위해서는 Modulo C_4 연산이 필요하게 되며 또한 C_1/C_2 의 계산에서 C_1 이 C_2 보다 크게되면 Carry를 발생하게 되므로 이것을 위해 Modulo C_2 연산이 필요하게 된다.

본 논문에서 제안하는 방식은 ratio counter의 특성상 C_4 를 고정시킨 상태에서 상수값 C_1, C_2, C_3 를 바꾸어 주면 임의의 어떤 주파수 신호도 만들어 줄 수 있는 성질을 이용한 것으로 재생시 읽혀진 신호에서 원래의 변조시 사용된 주파수 신호(= F_{cu})에 비해 왜곡된 주파수 만큼에 해당되는 값을 계산하여 변수 C_1, C_3 를 바꾸어주는 방법으로 복조 신호를 만들어 주는 방식을 사용한다.

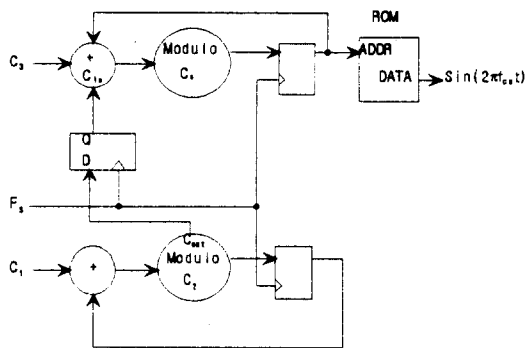


그림 1. Ratio counter의 구조
Fig. 1. The structure of a ratio counter.

지금부터 복조 신호를 만드는 방식을 구체적으로 설명하고자 한다.

먼저 읽혀진 비디오 신호로부터 주파수 왜곡의 정도를 알아내야 하는데, 이것을 위해 테이프에서 읽혀진 신호 중에서 수평 동기 신호가 포함되어 있는 휘도 신호(= Y)를 이용한다.

먼저 왜곡이 없는 상태에서의 수평 동기 신호 구간과 왜곡이 발생된 수평 동기 신호 구간의 차이 값으로 정의되는 라인 지터값(= L_{jt}) 계산을 계산한다. 이 값은 다음 식에 의해 계산된다.

$$L_{jt} = L_{cur} - L_{sta} \tag{3}$$

여기서 L_{cur} 은 주파수 왜곡에 의해 변화된 현재의 수평 동기 신호의 1 주기 길이이며 L_{sta} 는 주파수 왜곡이 없을 때의 표준적인 수평 동기 신호의 1 구간 길이이다.

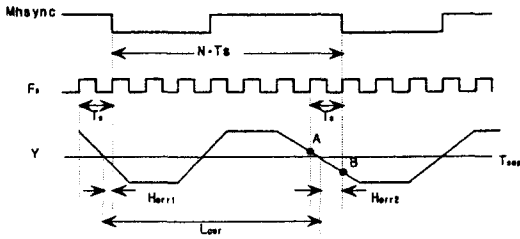


그림 2. 현재의 수평 동기 신호의 길이
Fig. 2. The interval of current horizontal sync (=hsync).

그림 2에서 Mhsync는 디지털로 분리된 수평 동기 신호의 길이를 나타낸 것으로 클락 F_s 와 입력된 수평 동기 신호와의 동기가 맞지 않으므로 오차 성분이 포함되어 있는 수평 동기 신호의 길이이다. N 은 Mhsync 길이내에서의 클락 F_s 의 전체 개수이다. H_{err1}, H_{err2} 는 수평 동기 신호 분리시의 오차의 양인데, H_{err2} 은 현재의 라인에 해당하는 수평 동기 신호의 분리 오차이며 H_{err1} 은 전 라인에 해당하는 수평 동기 신호의 분리 오차이다¹³⁾.

그러면 현재에 입력되는 수평 동기 신호의 1 주기 길이인 L_{cur} 을 구해보기로 하자.

이 값을 그림 2 로 부터 다음 식으로 정리된다.

$$L_{cur} = N \cdot T_s + H_{err1} - H_{err2} \quad (4)$$

위의 식을 풀기 위해서는 H_{err1}, H_{err2} 의 값을 구해야만 한다.

H_{err2} 의 값은 다음과 같이 삼각형의 비례 공식을 이용하면 얻을 수 있다.

$$A - B : T_s = T_{sep} - B : H_{err2} \quad (5)$$

$$H_{err2} = \frac{T_s(T_{sep} - B)}{A - B}$$

$$\frac{H_{err2}}{T_s} = \frac{T_{sep} - B}{A - B} \quad (6)$$

위의 식에서 T_{sep} 은 수평 동기 신호를 분리해내는 기준 Level이며 A, B 는 실제의 수평 동기 신호를 분리하는 점의 앞뒤 클락에 해당되는 점의 샘플링값이다.

식 (5)를 식 (4)에 대입해도 L_{cur} 을 구할 수 있으나 식 (6)을 이용하면 T_s 에 관한 식으로 묶을 수 있으므로 곱셈의 수를 줄일 수 있다.

그러므로 구해진 L_{cur} 의 길이는 다음 식으로 정리된다.

$$L_{cur} = T_s \left(N + \frac{H_{err1}}{T_s} - \frac{H_{err2}}{T_s} \right) \quad (7)$$

여기에서 H_{err1} 의 계산은 필요 없고 바로 전 라인에서 구한 H_{err2} 의 값을 저장해서 사용한다.

수평 동기 신호간의 차이(= L_{jit})를 구한 후에 필요한 것이 변조 주파수 신호(= F_{cu})의 1 주기 값에 대한 수평 동기 신호의 차이 값이다. 주파수 왜곡이 발생하지 않은 경우에 해당하는 표준적인 수평 동기 신호 1 주기 길이 동안에서 변조 주파수(= F_{cu})의 전체 사이클의 수를 C_{Fcu} 라고 하면 그림 3과 같이 나타낼 수 있다.

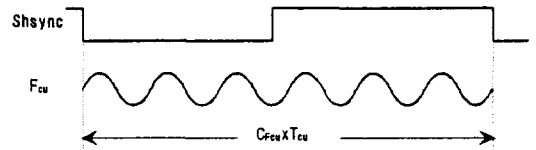


그림 3. 표준적인 수평 동기 신호(=Shsync)와 변조 주파수(= F_{cu})의 관계

Fig. 3. The relationship between standard Hsync (=Shsync) and modulation frequency (= F_{cu}).

이때 주파수 왜곡에 의해 변화된 새로운 복조 주파수 N_{Fcu} 는 기록 시에 사용한 변조 주파수 F_{cu} 에 비해 그림 4에서 보듯이 서로 다른 주기를 갖게된다.

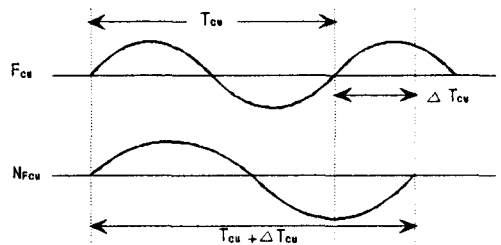


그림 4. 변조 주파수(= F_{cu})와 주파수 왜곡에 의해 변화된 복조 주파수(= N_{Fcu})의 관계

Fig. 4. The relationship between modulation frequency(= F_{cu}) and demodulation frequency(= N_{Fcu}) changed by frequency distortion.

그림 4에서 1 주기를 비교했을 때의 차이 값 ΔT_{cu} 는 다음의 방법으로 구할 수 있다.

수평 동기 신호 1 주기 값의 차이인 라인 지터(= L_{jit})는 표준적인 수평 동기 신호의 1 주기를 기준으로 하

여 계산된 값이므로, 수평 동기 신호의 1 주기 동안에 변조 주파수(= F_{cu})의 전체 주기는 C_{Fcu} 이므로 변조 주파수의 1 주기에 대한 라인 지터의 크기 ΔT_{cu} 는 다음의 식으로 결정되어진다.

$$\Delta T_{cu} = \frac{L_{jit}}{C_{Fcu}} \quad (8)$$

변조 주파수의 한 주기에 대한 라인 지터의 값인 ΔT_{cu} 가 계산되었으면 이를 이용하여 복조 주파수값(= N_{Fcu})를 계산하여야 하는데, N_{Fcu} 는 $T_{cu} + \Delta T_{cu}$ 의 역수이므로 다음의 비례식을 이용하여 새로운 복조주파수(= N_{Fcu})를 계산할 수 있다.

$$\frac{1}{T_{cu}} : F_{cu} = \frac{1}{T_{cu} + \Delta T_{cu}} : N_{Fcu} \quad (9)$$

$$N_{Fcu} = \frac{T_{cu}}{T_{cu} + \Delta T_{cu}} F_{cu} \quad (10)$$

식 (10)을 조작하면 다음과 같다.

$$N_{Fcu} = \frac{T_{cu} + \Delta T_{cu} - \Delta T_{cu}}{T_{cu} + \Delta T_{cu}} F_{cu} \quad (11)$$

$$= (1 - \frac{\Delta T_{cu}}{T_{cu} + \Delta T_{cu}}) F_{cu} \quad (12)$$

복조 주파수(= N_{Fcu})가 식 (12)처럼 계산되면 이를 이용하여 복조 주파수 신호를 만들어주기 위해서 ratio counter를 사용하여야 한다. 식 (12)로 부터 ratio counter의 변수와의 관계를 유도할 때는 2 가지 방식으로 접근이 가능해 진다. 방식 1은 아무런 가정을 하지 않고 위의 식을 그대로 이용하여 ratio counter와 의 관계식을 유도해 내는 것으로 다음과 같이 정리된 다.

F_s 를 샘플링 클락이라고 할 때 복조 주파수(= N_{Fcu})와 의 관계식은 다음과 같다.

$$\frac{N_{Fcu}}{F_s} = (1 - \frac{\Delta T_{cu}}{T_{cu} + \Delta T_{cu}}) \frac{F_{cu}}{F_s} \quad (13)$$

식 (13)에 식 (1)을 대입하면

$$\begin{aligned} \frac{N_{Fcu}}{F_s} &= (1 - \frac{\Delta T_{cu}}{T_{cu} + \Delta T_{cu}}) \cdot (\frac{C_3 C_2 + C_1}{C_2 C_4}) \\ &= \frac{C_3 C_2 + C_1}{C_2 C_4} - (\frac{\Delta T_{cu}}{T_{cu} + \Delta T_{cu}}) \cdot \frac{C_3 C_2 + C_1}{C_2 C_4} \\ &= \frac{C_3 C_2 + C_1 - \frac{(C_3 C_2 + C_1) \cdot \Delta T_{cu}}{T_{cu} + \Delta T_{cu}}}{C_2 C_4} \end{aligned} \quad (14)$$

식 (8)를 식 (14)에 대입하면 다음과 같다.

$$\frac{N_{Fcu}}{F_s} = \frac{C_3 C_2 + C_1 - \frac{(C_3 C_2 + C_1) \cdot L_{jit}}{T_{cu} \cdot C_{Fcu} + L_{jit}}}{C_2 C_4} \quad (15)$$

$C_1, C_2, C_3, T_{cu}, C_{Fcu}$ 가 시스템에 의해 주어지는 상수 이므로 다음과 같이 $K1, K2$ 를 정의할 수 있다.

$$K1 = C_3 C_2 + C_1 \quad (16)$$

$$K2 = C_{Fcu} \cdot T_{cu} \quad (17)$$

식 (16),(17)을 이용하여 식 (15)를 정리하면

$$\frac{N_{Fcu}}{F_s} = \frac{C_3 C_2 + C_1 - \frac{K1 \cdot L_{jit}}{K2 + L_{jit}}}{C_2 C_4} \quad (18)$$

와 같이 계산된다.

N_{Fcu} 와 F_s 에 대한 ratio counter의 관계식이 다음과 같다고 하면

$$\frac{N_{Fcu}}{F_s} = \frac{D_3 \cdot C_2 + D_1}{C_2 \cdot C_4} = \frac{D_3 + D_1 / C_2}{C_4} \quad (19)$$

식 (18)을 이용하여 식 (19)의 D_1, D_3 을 구하는 방법은 다음과 같다.

먼저 Q와 R을 다음 식에 의해 계산한다.

$$Q = \text{Quotient} \left| \frac{C_1 - \frac{K1 \cdot L_{jit}}{K2 + L_{jit}}}{C_2} \right| \quad (20)$$

$$R = \text{Remainder} \left| \frac{C_1 - \frac{K1 \cdot L_{jit}}{K2 + L_{jit}}}{C_2} \right| \quad (21)$$

위의 식에서처럼 Q와 R은 각각 $\left| \frac{C_1 - \frac{K1 \cdot L_{jit}}{K2 + L_{jit}}}{C_2} \right|$ 의 몫과 나머지이다.

Q,R이 결정되었으면 D_1, D_3 가 양의 정수의 값이어야 하므로 D_1, D_3 를 다음 식처럼 계산하여야 한다.

$$\begin{aligned} \text{if } (C_1 - \frac{K1 \cdot L_{jit}}{K2 + L_{jit}} \geq 0) \text{ then} \\ D_1 = R; \\ D_3 = C_3 + Q; \\ \text{else} \\ D_1 = C_2 - R; \\ D_3 = C_3 - Q - 1; \end{aligned} \quad (22)$$

결국, 식 (22)에 의해 구해진 ratio counter의 새로운 변수인 D_1, D_3 를 이용하여 ratio counter를 구성하면

주파수 왜곡에 의해 변화된 복조 주파수(= N_{Fcu})를 발생시킬 수 있게 된다.

방식 2는 일반적으로 발생하는 주파수 왜곡의 양(= ΔT_{cu})은 변조 주파수 1 주기(= T_{cu})를 기준으로 보면 매우 적은 값이므로 다음과 같이 근사화된다.

식 (12)의 분모는 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$N_{Fcu} = (1 - \frac{\Delta T_{cu}}{T_{cu}}) F_{cu} \quad (23)$$

식 (8)을 식 (23)에 대입하면

$$N_{Fcu} = (1 - \frac{L_{jit}}{C_{Fcu} \cdot T_{cu}}) \cdot F_{cu} \quad (24)$$

와 같은 결과가 나오게 된다.

식 (24)의 양변을 F_s 로 나눈 후에 식 (1)을 대입하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{N_{Fcu}}{F_s} &= (1 - \frac{L_{jit}}{C_{Fcu} \cdot T_{cu}}) \cdot (\frac{C_3 C_2 + C_1}{C_2 C_4}) \quad (25) \\ &= \frac{C_3 C_2 + C_1}{C_2 C_4} - \frac{L_{jit} \cdot C_3 C_2 + C_1}{C_2 C_4} \end{aligned}$$

$C_1, C_2, C_3, C_{Fcu}, T_{cu}$ 가 시스템에 의해 주어지는 상수 값이므로 다음 식의 값을 미리 구해 놓을 수 있으므로 다음과 같이 상수값 $K3$ 를 정의할 수 있다.

$$K3 = \frac{C_3 C_2 + C_1}{C_{Fcu} \cdot T_{cu}} \quad (26)$$

식 (26)를 식 (25)에 대입하여 정리하면

$$\frac{N_{Fcu}}{F_s} = \frac{C_3 C_2 + C_1 - L_{jit} \cdot K3}{C_2 C_4} \quad (27)$$

식 (27)로부터 식 (19)의 변수 D_1, D_3 를 찾아내는 방법은 단지 식 (18)에서의 $\frac{K1 \cdot L_{jit}}{K2 + L_{jit}}$ 항을 $L_{jit} \cdot K3$ 로 바꾸어 주고 앞에서와 같은 방식으로 정리하면 다음과 같다.

$$Q = \text{Quotient} \left\lfloor \frac{C_1 - K3 \cdot L_{jit}}{C_2} \right\rfloor \quad (28)$$

$$R = \text{Remainder} \left\lfloor \frac{C_1 - K3 \cdot L_{jit}}{C_2} \right\rfloor \quad (29)$$

식 (28),(29)의 Q,R로부터 D_1, D_3 를 계산하는 방식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} &\text{if } (C_1 - K3 \cdot L_{jit} \geq 0) \text{ then} \\ &\quad D_1 = R; \\ &\quad D_3 = C_3 + Q; \\ &\text{else} \\ &\quad D_1 = C_2 - R; \\ &\quad D_3 = C_3 - Q - 1; \end{aligned} \quad (30)$$

식 (30)은 방식 2의 최종적인 수식이 된다.

지금까지 본 논문에서 제안한 디지털 주파수 조절 장치는 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 주파수 왜곡이 발생하지 않는 표준 수평 동기 신호와 현재의 입력되는 수평 동기 신호와의 차이 값을 구한다. 이 값을 구하기 위해서는 수평 동기 신호를 분리할 때 발생하는 분리 에러인 H_{err1}, H_{err2} 를 계산해야 하는데 H_{err2} 는 식 (5)를 이용해서 구하고 H_{err1} 는 바로 전 라인의 H_{err2} 를 이용하여 구한다. 둘째, 주파수 왜곡에 의해 변화된 변조주파수에 해당되는 새로운 복조 주파수(= N_{Fcu})를 만들기 위해 ratio counter를 사용하는데 앞에서 계산된 수평 동기 신호의 차이를 이용하여 ratio counter의 변수를 결정한다. 이때 변수를 결정하는 수식은 2개가 있는데, 하나는 아무런 가정 없이 구한 식 (18)을 이용하는 방법이며 또다른 방법으로는 실제로 발생하는 수평 동기 신호의 차이가 변조 주파수에 비해 매우 작은 값이라는 것을 이용하여 간략화한 식 (27)을 이용하여 구하는 방법이 있다. 이 두 가지 방법의 컴퓨터 모의 실험 결과를 다음 장에서 나타내었다.

III. 실험

컴퓨터 모의 실험에서 적용 대상을 NTSC TV 신호 방식을 지원하는 VHS 비디오 시스템으로 하였다. 이 비디오 시스템에서 색신호의 변조 주파수는 743 KHz인데, 모의 실험에 사용한 시스템 클럭은 13.5 MHz로 설정했다. 13.5 MHz는 수평 동기 신호의 1 주기 구간에서 858 개의 사이클을 갖는 주파수이다. 또한 743 KHz는 수평 동기 신호의 1 주기 구간에서 189/4 개의 사이클을 갖는 신호로 $C_{Fcu} = 189/4$ 로 결정된다. ratio counter의 변수들은 이 2개의 주파수 값들을 이용하여 구해지는데, C_4 는 sine신호의 해상도를 결정하는 값으로 기억 장소의 크기를 결정하게 된다. 본 논문에서는 $C_4 = 2048$ 로 선택하였다. 즉, 2048개의 어드레스를 갖는 메모리를 설정하고 ratio counter에 사용되는 변수들을 구하였다. 이때 결정되는 변수들의 값은

$C_1 = 112, C_2 = 143, C_3 = 112, C_4 = 2048$ 이다. 그리고 이 변수들의 값과 $C_{F_{cu}}, T_{cu}$ 의 값을 이용하면 K1, K2, K3의 값은 $K1=16128, K2=63555, K3=0.25376$ 으로 결정된다.

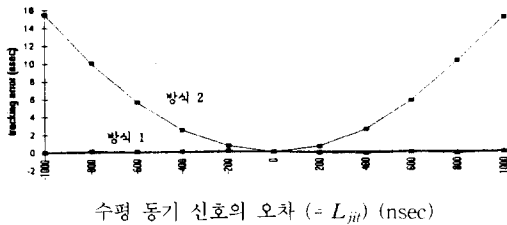


그림 5. 전체 simulation 결과
Fig. 5. The result of a total simulation.

그림 5에서 가로축은 재생 시에 입력된 휘도 신호로부터 분리된 수평 동기 신호 1 주기 구간의 길이가 표준 수평 동기 신호의 한 주기 구간에 대해서 벗어난 오차값(= L_m)을 나타내고 있으며 수직 축은 수평 동기 신호의 오차에 대해서 발생되어야 하는 정확한 복조 주파수에 비해 실제 발생하는 복조 주파수 값의 오차를 나타내고 있다. 그림 5에서 수직축의 트래킹 오차 1 nsec는 제안된 자동 주파수 발생 장치에 의해 발생하는 복조 주파수가 현재 입력된 수평 동기 신호보다 1 nsec 더 긴 수평 동기 신호에 해당된다는 의미이다. 이 값을 복조 주파수의 오차로 나타내면 표준 수평 동기 신호에 대해 발생하는 변조 주파수 743 KHz 보다 약 10 Hz 정도 더 느린 주파수 신호가 발생된다는 의미이다. 그리고 트래킹 오차값 0.1 nsec는 약 1 Hz 정도의 주파수 오차를 나타낸다.

비디오 시스템에서 입력되는 비디오 신호의 왜곡이 크게 발생하는 경우는 비디오 헤드가 바뀔 때이다. 이때 표준적인 수평 동기 신호의 한 주기에 비해 입력되는 휘도 신호로부터 분리된 수평 동기 신호의 한 주기의 차이 값(= L_m)이 발생하는 범위가 최대 2000 nsec 까지 이므로 컴퓨터 모의 실험은 수평 동기 신호 오차(= L_m)를 -2000 nsec에서 2000 nsec 정도까지 고려하였다. 그림 5에서의 방식 1은 식 (18)을 적용한 것이며 방식 2는 식 (27)를 이용하여 자동 주파수 장치를 구성한 것이다. 모의 실험시 방식 1과 방식 2에서 D_1 값의 정밀도는 소수점 아래 4 자리까지 취하였다. 방식 1의 모의 실험 결과는 트래킹 오차의 값이 0.2 nsec 미만으로 결정되어 진다. 트래킹 오차 0.2 nsec는 변조

주파수 743 KHz에 비교할 때 2 Hz 정도의 오차를 갖는 값이다. 만약 자동 주파수 조절을 위한 식 (21)에서 R 값의 결정 시에 소수점 이하 4 자리 까지만을 고려하지 않고 완전한 부동 소수점 연산을 하게 되면 오차의 값은 더욱 줄어들게 된다. 그러므로 좀더 정확한 복조 주파수를 발생시키기 위해서는 회로의 구성이 좀더 복잡해지는 것은 하지만 R 값의 계산 시에 부동 소수점 연산을 취하면 된다. 방식 2에서는 식의 유도시 가정한 것이 $\Delta T_{cu} \ll T_{cu}$ 인데, 표준 수평 동기 신호의 길이에 비해 입력되는 수평 동기 신호 길이의 변화가 클 때는 방식 2의 가정이 적합하지 않으므로 트래킹 오차가 크게 나오게 되며, 입력되는 수평 동기 신호의 길이의 변화가 작을 때는 방식 2에서의 가정에 적합하게 되므로 트래킹 오차가 작게 나와야 하는데 실험 결과를 보면 예상한 것과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 비디오 시스템에서 정상 동작시 발생하는 수평 동기 신호의 차이(= L_m)는 100 nsec 미만이다. 그런데 실험 결과 100 nsec 에서 -100 nsec사이의 구간에서 두 가지 방식 모두 최대로 발생하는 트래킹 오차가 1 nsec 미만으로 발생 되기는 하나 방식 1이 방식 2에 비해 오차 값이 작으므로 시스템이 허용하는 오차 값의 범위를 고려하여 두 가지 방식에서 하나를 적절히 선택하면 된다.

IV. 결 론

본 논문에서 우리는 비디오 시스템에서의 자동 주파수 조절 장치를 디지털로 구현하는 방식을 제안하였다. 컴퓨터 모의 실험을 통해 입력되는 신호의 수평 동기 신호 오차에 대한 자동 주파수 조절이 가능함을 보여 주었다. 제안되는 방식은 크게 두 가지로 구분되는데, 첫 번째 방식은 다소 복잡하지만 발생하는 수평 동기 신호의 오차에 대해 거의 완벽하게 복조 주파수를 발생시키는 방법이며, 두 번째 방식은 첫 번째 방식에 비해 간단하게 구성되는 방식으로 이 두 가지 방식의 각각에 대해 실제 발생하는 수평 동기 신호의 오차 범위에 대한 주파수 조절 능력 결과를 컴퓨터 모의 실험을 통해 나타내었다.

본 논문에서 제안하는 자동 주파수 조절 방식은 디지털 휘도 신호로부터 수평 동기 신호를 분리해내고 분리된 수평 동기 신호 1 주기의 길이와 표준 수평 동기 신호 1 주기 길이와의 차이 값을 디지털 캐리어 발

생 장치를 이용하여 자동 주파수 조절이 가능하게 만드는 방식으로 기존의 아날로그 PLL을 이용하는 자동 주파수 조절 방식에 비해 다음과 같은 장점이 있음을 알 수 있다.

첫째, 아날로그 자동 주파수 조절 방식에서는 PLL의 특성상 매우 큰 수평 동기 신호의 오차가 발생될 때, 이 오차 값에 해당하는 복조 신호를 만드는 것도 어렵지만 더욱 큰 문제점은 한번 주파수 조절 범위를 벗어나게 되면 다시 안정된 자동 주파수 조절까지는 일정한 시간이 걸리는 점이다. 다시 말하면 다음 라인을 읽을 때 주파수 왜곡의 양이 매우 적을 때도 바로 안정되지 않고 일정시간이 지나야 안정이 되기 때문에 화면의 상단 부에서는 항상 찌그러짐이 발생하였다. 그러나 본 논문에서 제안한 방식은 큰 수평 동기 신호의 오차에 대해서도 충분히 정확하게 쫓아갈 수 있으므로 이러한 현상을 없앨 수 있게 된다.

둘째, 제안하는 방식은 디지털 자동 주파수 조절장치로 NTSC, PAL방식 TV의 어느 것에도 호환되는 비디오 시스템을 개발할 때 ratio counter의 변수들을 변화시키면 가능해지므로 단지 modulo 연산 회로와 multiplex 회로만 추가로 간단하게 구현할 수 있는 장점이 있다. 하지만 아날로그 자동 주파수 조절 방식은 각각의 TV방식에 1개씩 PLL을 할당해야 하므로 2개의 PLL로 구성해야만 한다.

한편 단점으로는 발생 해야하는 변조 주파수 신호가 고주파인 경우에는 이 주파수 신호를 발생하는데 사용되는 시스템 클럭이 변조 주파수보다 더 빨라야 하므로 고주파의 캐리어 발생 시에는 디지털 소자의 특성으로 인해 디지털 자동 주파수 조절이 불가능해질 수도 있다. 하지만 대부분의 VCR에 사용되는 시스템 주파수가 13.5 MHz 보다 높은 주파수 값을 갖는 신호인데 비해 VCR에서 사용되는 변조 주파수는 743 KHz 정도로 작으므로 충분히 정확한 복조 신호의 재생이 가능하다. 또한 디지털 주파수를 발생하기 위해서는 기본적으로 sin 신호 1 주기에 해당되는 신호들의 샘플링 값들이 저장되어 있는 ROM이 필요하게 된다.

본 논문에서 제안하는 디지털 자동 주파수 조절 장치는 입력되는 수평 동기 신호로부터 주파수 왜곡의 정도를 찾아내어 복조신호를 만드는 방식을 취하므로 기본적으로 한 라인에 해당되는 메모리를 필요로 한다. 물론 메모리를 사용하지 않고 몇 라인의 수평 동기 신호의 차이들을 조합하여 구성을 할 수도 있지만 정확

한 주파수 조절을 위해서는 라인 메모리를 사용하는 것이 바람직하다.

제안하는 방식은 수평 동기 신호의 오차 발생에 따른 복조 주파수를 발생시키는 자동 주파수 조절 방식으로 주파수의 조절은 가능하나 위상에 대한 고려는 하고 있지 않다. 그러므로 완전한 색신호의 재생을 위해서는 자동 주파수 발생 부에서 발생된 복조 캐리어 신호의 위상을 보상해주는 디지털 자동 위상 보정 장치^[4]가 필요하게 된다. 본 논문에서 제안하는 자동 주파수 조절 장치를 이용한 색신호의 재생과정은 먼저 입력되는 비디오 색신호들에 제안된 디지털 자동 주파수 발생 방식으로 발생한 복조 캐리어를 곱한 다음 저역 필터에 통과시키고, 저역 필터를 통과한 색신호들에 포함되어 있는 위상 에러는 자동 위상 보정 장치^[4]를 이용하여 보정하게 된다. 자동 위상보정 장치^[4]는 위상 에러를 색신호의 버스트 구간 신호를 이용하여 계산하여 저역 변환된 색신호의 위상 에러를 보정하는 방식으로 구성된다. 그러므로 본 논문에서 제안하는 디지털 자동 주파수 조절 방식과 디지털 자동 위상 조절 방식^[4]을 이용한다면 디지털로만 구성되는 색신호의 재생이 가능해진다.

참 고 문 헌

- [1] Grob, BASIC TELEVISION AND VIDEO SYSTEMS FIFTH EDITION, McGraw-Hill, pp. 223-257, 1984.
- [2] C.P. Sandbank, DIGITAL TELEVISION, JOHN WILEY & SONS, pp. 135-141, 1990.
- [3] H. Takeuchi, et al., "DIGITAL SIGNAL PROCESSING FOR HOME VCR CIRCUITRY," IEEE Trans.on Consumer Electronics, vol. 35, no. 3, pp. 429-435, AUGUST 1989.
- [4] 김동하, 이정숙, 강경용, 권오일, 이태원, "비디오 레코더의 색신호 자동 조절 장치의 디지털 신호처리," 전자공학회논문지, 제 33권, 제 6호에 게재 예정

— 저 자 소 개 —



金東夏(正會員)

1964년 11월 9일생. 1988년 2월 고려대학교 전자전산공학과 졸업(공학사). 1990년 2월 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1990년 1월 ~ 1995년 3월 삼성전자(주) 기술총괄 ASIC

센터 근무. 1995년 3월 ~ 현재 고려대학교 대학원 전자공학과 박사과정 재학중. 주관심분야는 비디오신호 처리, 음성신호처리, 에러정정코드, ASIC설계



李太遠(正會員)

1958년 3월 서울대학교 공과대학 통신공학과 졸업. 1960년 8월 서울대학교 대학원 전자공학과 석사. 1975년 8월 서울대학교 대학원 전자공학과 박사. 1963년 3월 ~ 1971년 2월 광운 전자공과대학교 교수. 1971년

8월 ~ 1976년 12월 중앙대학교 공과대학 교수. 1981년 8월 ~ 1982년 7월 미국 Cornell 대학교 객원 교수. 1988년 1월 ~ 1988년 12월 대한 전자공학회 회장. 1977년 1월 ~ 현재 고려대학교 공과대학 전자공학과 교수. 1987년 7월 ~ 현재 과학기술처 교육연구 전산망 추진위원회 위원. 1990년 3월 ~ 현재 생산기술연구원 공업기반기술 개발 전문위원. 주관심분야는 음성인식 및 합성, 화상처리, 시스템 식별 등 신호처리