

論文96-33B-6-13

# 비디오 레코더의 색신호 자동 조절 장치의 디지털 신호 처리

## (Digital Signal Processing of Automatic Color Control in VCR)

金東夏\*, 李貞淑\*, 姜京鎔\*, 權五一\*, 李太遠\*

(Tong-Ha Kim, Jung-Suk Lee, Kyeng-Yong Kang, Oh-Il Kwon, and Tae-Won Rhee)

### 요 약

본 논문에서 제안하는 색신호의 자동 조절 방식은 입력되는 색신호의 변조 주파수와 동일한 주파수를 갖으며 위상이 다른 신호를 디지털 자동 주파수 조절 장치로부터 발생하고 이 신호를 복조 캐리어로 이용하여 색신호를 베이스 밴드로 변환한다. 복조된 베이스 밴드 신호에 포함되어 있는 위상 오차는 버스트 구간의 신호를 이용하여 알아내고 계산된 위상 오차를 이용하여 베이스 밴드 색신호에 포함되어있는 위상 오차를 제거하는 방식을 제안하였다. 본 논문에서는 NTSC, PAL방식의 TV에 모두 적용되는 색신호의 자동 조절 장치를 다루었다.

### Abstract

The proposed method uses a signal of the same frequency as the input modulating carrier frequency and of a different phase. This signal is generated in the digital automatic frequency control part to decide the input color demodulated signal. And the phase error from the burst signal is calculated. The calculated phase error is utilized to remove the phase error contained in the demodulated color signal. In this paper, digital signal processing of automatic color control is proposed for VCR system compatible with both NTSC and PAL TV systems.

### I. 서 론

비디오 카세트 레코더에서 비디오 신호를 테이프에 기록, 재생하는 과정은 다음과 같다.

기록 시에 베이스 밴드의 칼라 비디오 신호는 칼라 언더 캐리어 주파수인  $f_c$ 에 의해 변조된 후 테이프에 기록되어진다. 재생 시에는 테이프로부터 읽혀진 비디오 신호가 칼라 언더 캐리어 주파수에 의해 변조되어 있으므로 변조 캐리어 주파수와 똑같은 주파수와 위상을 갖는 복조 캐리어 주파수를 이용하여 원래의 비디오 신호를 얻는 과정으로 되어있다<sup>[1][2]</sup>. 그런데 테

이프 메카니즘상의 문제와 주변의 소음들에 의해 읽혀진 비디오 신호의 수평 동기 신호 길이가 변하게 되어 칼라 언더 캐리어 주파수가 변하게 되므로 색신호의 재생 시에는 변화된 변조 주파수와 똑같은 주파수를 만들어주는 자동 주파수 발생 부와 위상을 맞추어 주는 자동 위상 보정부가 가장 핵심적인 부분이 된다. 기존의 비디오 시스템에서는 자동 주파수 조절 장치와 자동 위상 조절 장치를 각각 아날로그 PLL들을 이용하여 구성하고 있으나 본 논문에서 제안하는 색신호의 자동 조절 방식은 디지털로 구현이 가능한 것이다.

본 논문에서의 색신호의 자동 조절 방식은 다음과 같다. 먼저 읽혀진 비디오 신호의 수평 동기 신호 길이가 변하게 되어 변화된 변조 캐리어 신호와 동일한 주파수 신호를 디지털 자동 주파수 조절 장치<sup>[3][4]</sup>를

\* 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

이용하여 만든 후, 이 신호를 복조 캐리어 신호로 사용하여 입력되는 비디오 신호에 곱한 후에 저역 여파기를 통과시켜 베이스 밴드 신호를 얻는다. 그런데 디지털 자동 발생 장치에서 발생한 복조 캐리어 신호와 입력된 변조 캐리어 신호의 위상 오차로 인해 저역 여파기를 통과한 베이스 밴드의 색신호에는 위상 오차가 포함되어 있게 된다. 입력 비디오 신호 중에서 버스트 구간 신호를 이용하여 위상 오차를 찾아내고 베이스 밴드 색신호에 포함되어 있는 위상 오차를 제거하여 색 보정을 완성한다.

본 논문에서 제안하고 있는 색신호 자동 조절 방식은 디지털 자동 주파수 조절 장치<sup>[3] [4]</sup>를 이용하여 NTSC, PAL 방식의 TV에 모두 적용한 것으로 디지털 자동 주파수 조절 장치를 이용한 복조 캐리어 신호는 입력 색신호의 변조 캐리어 신호와 같은 주파수를 갖는 캐리어 신호는 발생할 수 있으나 두 캐리어 신호의 위상의 틀어짐이 최대 360도 까지 발생되어 질 수 있으므로 디지털 위상 조절 방식을 이용하여 두 캐리어 신호의 위상의 틀어짐에 상관없이 완벽한 보정이 가능하게 하였다.

## II. NTSC와 PAL 방식에서의 입력 색신호와 본 논문에서 사용한 디지털 자동 주파수 발생 장치의 복조 캐리어의 관계

표 1은 NTSC와 PAL 시스템의 버스트 구간과 색신호 구간에서의 SPEC<sup>[5]</sup>을 나타내고 있는 것으로 NTSC의 경우 입력되는 색신호는 버스트 구간에서는  $A\sin(2\pi f_c t + \pi)$ 의 단일 주파수 신호로 되어 있으며 색신호 구간에서는  $BY\sin(2\pi f_c t) + RY\cos(2\pi f_c t)$ 로 구성되어 있다. 즉, 버스트 구간에서는 변조 캐리어가 위상이 180도 만큼 지연되어 전송되어지며 그 외의 신호 구간에서는 색차 신호 BY, RY가 각각 위상이 0도, 90도 앞선 변조 캐리어에 의해 곱해져 더해진 형태로 나타내어진다. PAL 신호의 경우는 기수 라인과 우수 라인이 구분되어 있는데 기수 라인의 경우 버스트 구간에서는 변조 캐리어의 위상이 135도 앞선 상태로 전송되고 우수 라인에서는 위상이 225도 앞선 형태로 전송되어진다. 그런데 색신호 구간에서는 기수 라인의 경우는 NTSC의 경우와 똑같고 우수 라인에서 BY신호는 NTSC의 경우와 똑같고 RY신호만 270도 위상이 앞선 캐리어 신호가 곱해져 전송되어 진다.

표 1. TV 방식별 입력 색신호의 표현

Table 1. Representation of a color video signal according to the TV standard.

	NTSC SYSTEM	PAL SYSTEM	
	전체 라인	기수 라인	우수 라인
버스트 구간	$A\sin(2\pi f_c t + \pi)$	$A\sin(2\pi f_c t + 3\pi/4)$	$A\sin(2\pi f_c t + 5\pi/4)$
색신호 구간	$BY\sin(2\pi f_c t) + RY\cos(2\pi f_c t)$	$BY\sin(2\pi f_c t) - RY\cos(2\pi f_c t)$	

본 논문에서는 디지털 자동 주파수 조절 장치에서의 출력 신호가 표 2와 같은 구간별 신호를 갖도록 하였다. 즉, NTSC 방식의 색신호 구간에서는 베이스 밴드 신호 BY, RY의 복조용으로 각각  $\sin(2\pi f_c t + \theta)$ ,  $\cos(2\pi f_c t + \theta)$ 를 복조 캐리어 신호로 출력하였으며, 버스트 구간에서는 색신호 구간의 복조 캐리어 신호보다 위상을 180도 만큼 앞선 신호들인  $\sin(2\pi f_c t + \pi + \theta)$ ,  $\cos(2\pi f_c t + \pi + \theta)$ 를 출력하였다. 여기서  $\theta$ 는 입력 색신호의 변조 캐리어와 디지털 자동 주파수 조절부에서 만들어 준 복조 캐리어 신호의 위상 오차를 나타낸다. PAL 방식에서는 기수 라인의 색신호 구간에 대해서는 NTSC 방식과 같은 복조 캐리어를 출력하였으며 기수 라인의 버스트 구간에서는 색신호 구간의 복조 캐리어보다 위상이 135도 앞선 신호들을 출력하였다. 우수 라인의 색신호 구간에서는 BY, RY 복조용으로  $\sin(2\pi f_c t + \theta)$ ,  $-\cos(2\pi f_c t + \theta)$ 를 복조 캐리어로 출력하였으며 우수 라인의 버스트 구간에서는 색신호 구간에서의 캐리어보다 위상이 225도 앞선 신호인  $\sin(2\pi f_c t + 5\pi/4 + \theta)$ ,  $\cos(2\pi f_c t + 5\pi/4 + \theta)$ 를 출력하였다. 물론 TV 방식에 따른 구간당 복조 캐리어 신호는 임의의 다른 수식으로도 발생이 가능하지만 본 논문에서는 디지털 자동 주파수 조절 장치의 출력에 표 2에서와 같은 구간별 복조 주파수 신호들을 출력하도록 하였다.

## III. 디지털 자동 주파수 조절 장치<sup>[3] [4]</sup>

자동 주파수 조절을 위해 사용한 디지털 주파수 조절 장치는 기본적으로 ratio counter로 구성되어 있는 것으로 ratio counter는 임의의 단일 주파수 신호를  $f_c$ 라고 하고 이 신호를 만드는 시스템 클락 주파수를  $F_s$ 라고 하면

$$\frac{f_c}{F_s} = \frac{C_3 \cdot C_2 + C_1}{C_2 \cdot C_4} \quad (1)$$

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

로 수식이 결정된다. 여기서  $C_1, C_2, C_3$ 는 임의의 주파수 신호  $f_c$ 와 시스템 클럭 주파수  $F_s$ 에 의해 결정되는 상수이며  $C_4$ 는 사용되는 ROM의 크기로 Address의 전체 크기를 나타낸다. 식 (1)을 적용한 ratio counter의 단일 주파수 발생 장치는 그림 1 과 같다. 디지털 자동 주파수 발생 장치는 재생시 읽혀진 신호에서 원래의 변조시 사용된 주파수 신호(=  $f_c$ )에 비해 왜곡된 주파수 만큼에 해당되는 값을 계산하여 변수  $C_1, C_3$ 를 변환하여 복조 신호를 만들어 주는 방식을 사용한다.

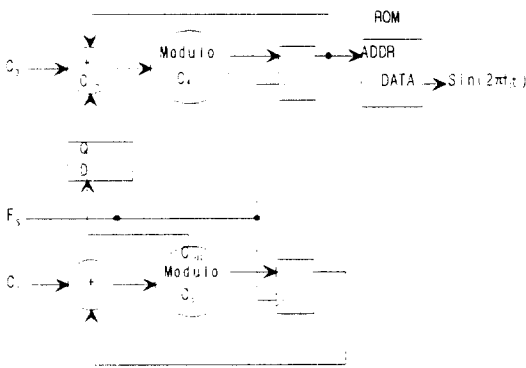


그림 1. Ratio counter의 구조  
Fig. 1. Structure of a ratio counter.

읽혀진 비디오 신호로부터 주파수 왜곡의 정도는 왜곡이 없는 상태에서의 수평 동기 신호 구간과 왜곡이 발생된 수평 동기 신호 구간의 차이값(=  $L_{jit}$ )에 의해 결정된다.

$$L_{jit} = L_{cur} - L_{sta} \quad (2)$$

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. 수평 동기신호 1 주기 길이 동안에 포함되어 있는 변조 주파수(=  $f_c$ )의 전체 사이클의 수를  $C_c$ 라고 하고, 변조 주파수(=  $f_c$ )의 1 주기 시간을  $T_c$ 라고 하면  $K1, K2$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$K1 = C_3 C_2 + C_1 \quad (3)$$

$$K2 = C_c \cdot T_c \quad (4)$$

수평 동기 신호 길이의 차이(=  $L_{jit}$ )와 시스템에 의해 결정되는 상수들인  $K1, K2$ 를 이용하여 ratio counter의 변수  $C_1, C_3$ 를 변환시키는 방법은 다음과 같다. 먼저  $Q$ 와  $R$ 을 다음 식에 의해 계산한다.

$$Q = \text{Quotient} \left| \frac{C_1 - \frac{K1 \cdot L_{jit}}{K2 + L_{jit}}}{C_2} \right| \quad (5)$$

$$R = \text{Remainder} \left| \frac{C_1 - \frac{K1 \cdot L_{jit}}{K2 + L_{jit}}}{C_2} \right| \quad (6)$$

위의 식에서  $Q$ 와  $R$ 은 각각  $\left| \frac{C_1 - \frac{K1 \cdot L_{jit}}{K2 + L_{jit}}}{C_2} \right|$ 의 몫과 나머지를 의미한다.

$Q, R$ 이 결정되었으면 ratio counter의 변수  $C_1, C_3$ 를 새로운 값으로 만들어 주어야 하는데  $C_1, C_3$ 에 해당되는 새로운 ratio counter의 변수  $D_1, D_3$ 는 다음 식으로 결정된다.

$$\text{if } \left( C_1 - \frac{K1 \cdot L_{jit}}{K2 + L_{jit}} \geq 0 \right) \text{ then}$$

$$D_1 = R;$$

$$D_3 = C_3 + Q;$$

$$\text{else}$$

$$D_1 = C_2 - R;$$

$$D_3 = C_3 - Q - 1;$$
(7)

결국, 식 (7)에 의해 구해진 ratio counter의 새로운 변수인  $D_1, D_3$ 를 이용하여 ratio counter를 구성하면 주파수 왜곡에 의해 변화된 복조 주파수(=  $F_c$ )를 발생시킬 수 있게 된다.

$$\frac{F_c}{F_s} = \frac{D_3 + D_1/C_2}{C_4} \quad (8)$$

그런데 복조 주파수를 표 2와 같이 출력하기 위해서는 시스템과 구간에 따라 캐리어의 위상을 가변시켜 주어야 하므로 다음과 같은 방법으로 행해진다.

먼저 NTSC SYSTEM의 경우 색신호 구간에서는 식 (8)에서의 modulo  $C_4$  연산 결과를 *phase*라고 할 때 이 값을 그대로 ROM의 어드레스에 입력시키고 버스트 구간에서는 색신호 구간보다 위상이 180도 앞서게 되는데 정현파의 1 주기 신호에 해당되는 ROM의 어드레스가  $C_4$ 이므로 180도에 앞선 캐리어를 발생시키기 위해서는  $phase + C_4/2$ 를 ROM의 어드레스에 입력시킨다.

PAL SYSTEM의 기수 라인에서의 버스트 구간의

캐리어는 색신호보다 위상이  $3\pi/4$ 만큼 앞서 있게 되므로  $phase + 3C_4/8$ 를 ROM 어드레스에 입력시키며, 우수 라인에서는  $5\pi/4$ 가 앞서게 되므로  $phase + 5C_4/8$ 를 ROM 어드레스에 입력하면 된다. 물론 최종적으로 더해진 값들은 그림 2에서 처럼 modulo  $C_4$ 를 다시 한번 더해야 한다.

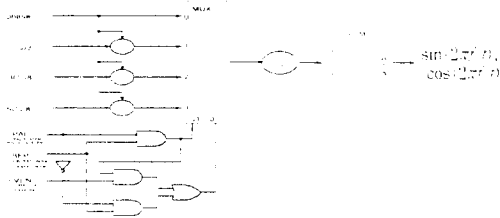


그림 2. 구간별 캐리어 신호의 발생 방식  
Fig. 2. Method of generating carrier signal.

#### IV. 디지털 자동 위상 조절 방식

NTSC과 PAL방식에서 기수 라인에서의 입력 신호는 표 1을 보면  $(BY\sin(2\pi f_c t) + RY\cos(2\pi f_c t))$ 로 표시되며 표 2를 보면 베이스 밴드 by 신호를 얻기 위해 복조 캐리어 신호로  $\sin(2\pi f_c t + \theta)$ , 베이스 밴드 ry 신호를 얻기 위해 복조 캐리어 신호로  $\cos(2\pi f_c t + \theta)$ 를 입력 신호에 곱한 후에 저역 여파기를 통과시키면 고주파 항은 제거되고 베이스 밴드 신호 by, ry는 다음과 같이 얻어진다.

$$by = \frac{BY\cos(\theta) + RY\sin(\theta)}{2} \quad (9)$$

$$ry = \frac{-BY\sin(\theta) + RY\cos(\theta)}{2} \quad (10)$$

PAL 방식 우수 라인에서는 표 1, 2에서 알 수 있듯이 입력 신호가  $(BY\sin(2\pi f_c t) - RY\cos(2\pi f_c t))$ 로 표시되며, 복조 캐리어 신호는 by 용으로  $\sin(2\pi f_c t + \theta)$ , ry 용으로  $-\cos(2\pi f_c t + \theta)$ 를 사용하므로 아래와 같이 얻어지게 된다.

$$by = \frac{BY\cos(\theta) - RY\sin(\theta)}{2} \quad (11)$$

$$ry = \frac{BY\sin(\theta) + RY\cos(\theta)}{2} \quad (12)$$

즉, 디지털 자동 주파수 조절 장치의 출력을 복조 캐

리어 신호로 이용하여 입력되는 신호에 곱한 다음 저역 여파기를 통과시키면 TV 신호에 따라 각각 식 (9),(10),(11),(12)로 표현되는 베이스 밴드 신호들이 얻어지게 된다. 그런데 이 신호들은 순수한 베이스 밴드 신호 BY, RY에 위상 오차들이 포함되어 있으므로 위상 오차가 제거된 순수한 베이스 밴드 신호인 BY, RY는 다음과 같이 정리된다.

먼저 NTSC 신호와 PAL 신호의 기수 라인의 경우에 대한 수식을 정리하면 식 (9),(10)으로부터

$$BY = (by\cos(\theta) - ry\sin(\theta)) \times 2 \quad (13)$$

$$RY = (bysin(\theta) + rycos(\theta)) \times 2 \quad (14)$$

PAL 방식의 우수 라인의 경우는 식 (11),(12)로부터 다음과 같이 구해진다.

$$BY = (by\cos(\theta) + ry\sin(\theta)) \times 2 \quad (15)$$

$$RY = (-bysin(\theta) + rycos(\theta)) \times 2 \quad (16)$$

즉 PAL 방식의 우수 라인에서는 식 (15),(16)을 이용하고 PAL 방식에서 기수 라인과 NTSC 방식에서는 식 (13),(14)식을 이용하여 저역 여파기를 통과한 신호에서의 위상 오차를 제거시킬 수 있게 된다.

그러면 위상 오차  $\sin(\theta), \cos(\theta)$  를 구해보기로 하자. 먼저 NTSC 방식의 버스트 구간에서의 입력 신호  $A \sin(2\pi f_c t + \pi)$ 에 복조 캐리어 신호로 각각  $\sin(2\pi f_c t + \pi + \theta), \cos(2\pi f_c t + \pi + \theta)$ 를 곱한 후 저역 여파기를 통과시키면 고주파 항이 제거되고 베이스 밴드 신호  $by\_bst, ry\_bst$ 는 다음과 같이 표현되어진다.

$$by\_bst = \frac{A \cos(\theta)}{2} \quad (17)$$

$$ry\_bst = \frac{-A \sin(\theta)}{2} \quad (18)$$

PAL 방식의 기수 라인에서도 표 1,2의 수식을 이용하여 앞서서와 같은 방법으로 정리하면 식 (17)과 식 (18)과 같은 결과를 얻게 된다. 우수 라인의 버스트 구간 신호  $A \sin(2\pi f_c t + 5\pi/4)$ 에 베이스 밴드 신호  $by\_bst$ 를 구하기 위해  $\sin(2\pi f_c t + 5\pi/4 + \theta)$ 를 곱하고, 베이스 밴드 신호  $ry\_bst$ 를 구하기 위해  $-\cos(2\pi f_c t + 5\pi/4 + \theta)$ 를 곱한 후에 저역 여파기를 통과시키면

$$by\_bst = \frac{A \cos(\theta)}{2} \quad (19)$$

$$ry\_bst = \frac{A \sin(\theta)}{2} \quad (20)$$

즉, NTSC와 PAL 방식에서의 위상 오차는 식 (17),(18),(19),(20)으로 표현됨을 알 수 있다. 이들 식으로부터 버스트 신호의 이득(=A)은 다음과 같이 유도된다.

$$A/2 = \sqrt{by\_bst^2 + ry\_bst^2} \quad (21)$$

식 (17),(18),(19),(20),(21)을 이용하여 위상 오차  $\sin(\theta), \cos(\theta)$ 를 구하면 다음과 같다.

$$\sin(\theta) = \pm \frac{ry\_bst}{A/2}, \quad \cos(\theta) = \frac{by\_bst}{A/2} \quad (22)$$

식 (22)에서의  $\sin(\theta)$  에서 +는 PAL 시스템의 우수 라인에 해당되며, -는 그 외의 경우의 값이다. 식 (21),(22)를 보면 위상 오차는 버스트 구간의 이득과 버스트 구간의 베이스 밴드 신호들로부터 구할 수 있음을 알 수 있다. 정리하면 입력 신호의 수평 동기 신호 길이의 변화에 대응하여 복조 주파수를 발생시키는 디지털 자동 주파수 발생 장치의 출력을 각각의 TV 방식과 신호 구간에 따라 표 2와 같이 발생하도록 한 다음 이 장치의 출력을 복조 캐리어로 이용하여 입력되는 신호에 곱한 다음 저역 여파기를 통과시키면 출력되는 베이스 밴드 신호 by, ry에는 위상 오차가 포함되어 진다. 그 이유는 디지털 자동 주파수 조절 장치에서 발생하는 복조 캐리어 신호는 입력되는 신호에 포함되어 있는 변조 캐리어와 같은 주파수는 발생시킬 수 있지만 위상은 일치되지 않기 때문이다.

그러므로 저역 여파기의 출력에 포함되어 있는 오차들을 제거해주어야만 순수한 베이스 밴드 신호를 얻을 수 있게 되는데, 위상 오차  $\sin(\theta), \cos(\theta)$ 는 입력 신호의 버스트 구간 신호를 이용하여 찾아내며 구해진 위상 오차와 버스트 신호의 이득(=A)을 이용하여 베이스 밴드 신호에 포함되어 있는 위상 오차를 제거하고 순수한 베이스 밴드 신호를 추출해 낸다.

### V. 자동 위상 조절 회로의 디지털 구현

자동 위상 조절 회로의 전체 구조는 그림 3과 같다.

여기서 그림 4는 색 구간에서의 베이스 밴드 신호들과 버스트 구간에서의 베이스 밴드 색신호들 그리고 버스트 구간의 이득 값을 출력하는 블록이다. 그림 6은 색신호 구간의 베이스 밴드 신호들에 포함되어 있는

위상 오차 성분을 계산하는 회로로 버스트 구간의 베이스 밴드 신호와 버스트 이득을 이용하여 각 TV 방식별로 발생하는 위상 오차를 계산하는 블록이다.

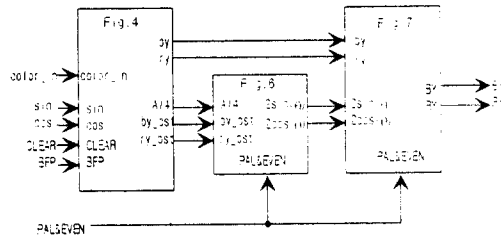


그림 3. 자동 위상 조절 장치의 전체구조  
Fig. 3. Structure of automatic phase control.

그림 7은 그림 6에서 구한 위상 오차 값을 이용하여 그림 4에서 구한 베이스 밴드 색신호에 포함되어있는 위상 오차를 제거해 주는 블록이다. 각각의 블록을 자세하게 설명하면 다음과 같다. 먼저 블록도에서 그림 4는 입력 신호로부터 베이스 밴드 신호를 추출하는 부분으로 여기서 입력신호 sin, cos는 디지털 자동 주파수 조절 부로부터 구간에 따라 표 2와 같이 발생하는 복조 캐리어를 나타낸다. 즉, NTSC와 PAL에 따라서 복조 캐리어의 값이 달라지며 또한 PAL 신호의 경우에는 기수 라인과 우수 라인에 따라 표 2와 같이 달리 출력되는 신호이다.

입력으로 들어온 색신호는 각각 BY, RY신호를 구하기 위해 sin, cos의 값이 곱해지게 된다. 이렇게 곱해진 신호들은 베이스 밴드 신호에 고주파 신호도 포함하고 있으므로 고주파 항의 신호를 제거하기 위해 저역 여파기를 통과시켜 베이스 밴드 색신호인 by, ry가 된다. 또한 버스트 구간만의 베이스 밴드 신호들만을 추출하기 위한 방법으로 CLEAR와 BFP신호를 이용하였는데 BFP는 버스트 구간을 나타내는 외부 입력 신호이며 CLEAR는 BFP를 CLK의 rising pulse로 한번 지연시킨 신호와 BFP를 OR 연산한 신호로 CLEAR 신호를 레지스터의 리셋 신호로 사용하면 버스트 구간 이외에서는 이 레지스터의 값이 0이 됨을 알 수 있다. BFP와 CLEAR의 구체적인 타이밍 도는 그림 5와 같다. 이렇게 구한 버스트 구간의 베이스 밴드 신호인 by\_bst, ry\_bst는 TV 방식에 따라 (17), (18),(19),(20)으로 표현된다. 그런데 위상오차  $\sin(\theta), \cos(\theta)$ 를 구하기 위해서는 버스트 이득(=A)이 구해져야 하므로 이 블록에서는 버스트 이득을 구하는 회로

로 제곱 회로와 제곱근 회로를 이용하였다. 물론 이 부분은 ROM을 이용하여 구현할 수도 있는데 이 경우 ROM의 크기가 큰 것이 필요하게 되므로 여기서는 개별 소자를 이용하여 구현하였다<sup>[6]</sup>. 여기서 버스트 신호의 이득을 A/4로 구하기 위해 ROOT연산의 몫을 소수점 2 자리만으로 제안하였다. 이와 같이 한 이유는 위상 정정시 2배의 위상 오차 값인  $2\sin(\theta)$ ,  $2\cos(\theta)$ 를 필요로 하는데 위상오차  $\sin(\theta)$ ,  $\cos(\theta)$ 는 식 (22)로부터 버스트 이득에 반비례함을 알 수 있으므로 버스트 이득을 1/4배하면 2배의 위상오차가 계산되어진다.

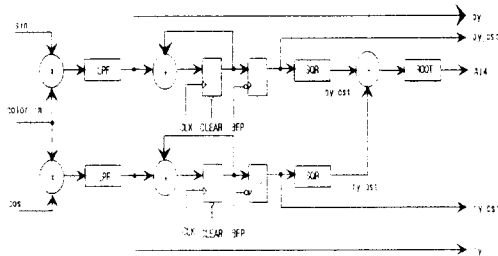


그림 4. baseband신호 및 burst gain 구하는 회로  
Fig. 4. Circuit of calculating baseband signal and burst gain.

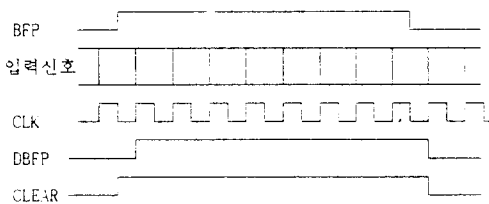


그림 5. 버스트 구간 이득을 구하는 타이밍  
Fig. 5. Timing for calculating burst gain.

그림 6은 위상 오차를 구하는 회로로 식 (22)를 구현한 것이다. 여기서는 버스트 구간의 베이스 밴드 신호 by\_bst, ry\_bst와 버스트 이득 A를 이용하여 각 TV 방식별로 위상 오차  $\sin(\theta)$ ,  $\cos(\theta)$ 를 추출해내고 있다. 즉, 2배의 위상오차  $2\cos(\theta)$ 의 값은 버스트 이득 by\_bst를 A/4로 나눈 값으로 계산되고 2배의 위상 오차  $2\sin(\theta)$ 는 PAL이고 우수 라인의 경우는 버스트 이득 ry\_bst를 A/4로 나눈 값으로 계산되며 그 외에는 버스트 이득 ry\_bst를 A/4로 나눈 값의 부호를 변환해서 구현했다.

그림 7은 색신호 구간의 베이스 밴드 신호들에 포함되어있는 위상 오차를 제거해 주는 위상 정정 회로로 식(13),(14),(15),(16)을 구현한 것이다.

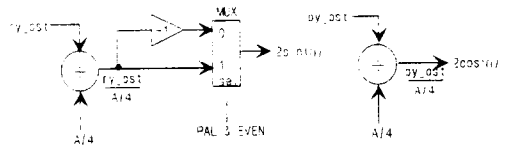


그림 6. 위상 오차를 구하는 회로  
Fig. 6. Circuit of calculating phase error.

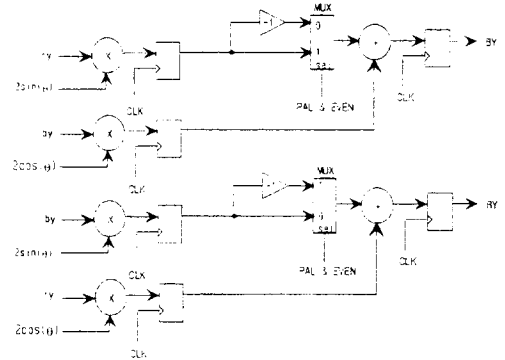


그림 7. 위상 보정 회로  
Fig. 7. Phase correction circuit.

여기서 입력 신호인 by, ry는 위상 오차가 포함되어있는 색구간에서의 베이스 밴드 색신호이고  $\sin(\theta)$ ,  $\cos(\theta)$ 는 위상 오차이며 출력 BY, RY는 위상 오차가 제거된 색구간에서의 베이스 밴드 신호이다. 회로를 설명하면 베이스 밴드 신호 BY는 PAL이고 우수 라인의 경우는 위상 오차가 포함되어있는 베이스 밴드 신호 ry에 2배의 위상 오차  $2\sin(\theta)$ 를 곱한 것과 위상 오차가 포함되어있는 베이스 밴드 신호 by에 2배의 위상 오차  $2\cos(\theta)$ 를 곱한 것을 서로 더한 후 출력하는 회로로 구성하였으며 PAL 방식의 기수 라인이나 NTSC 방식에서는 ry에 2배의 위상 오차 신호  $2\sin(\theta)$ 를 곱한 것의 부호를 바꾼 후에 더해주는 것으로 구성하였다.

베이스 밴드 신호 RY는 PAL이고 우수 라인의 경우는 위상 오차가 포함되어있는 베이스 밴드 신호 by에 2배의 위상 오차 신호  $2\sin(\theta)$ 를 곱한 것의 부호를 바꾼 값과 위상 오차가 포함되어있는 베이스 밴드 색신호 ry에 2배의 위상 오차 신호  $2\cos(\theta)$ 를 곱한 것을 서로 더한 후에 출력하는 회로로 구성하였으며 PAL 방식의 기수 라인 경우나 NTSC 방식에서는 by에 2배의 위상 오차 신호  $2\sin(\theta)$ 를 곱한 것의 부호를 바꾸지 않고 더해주는 것으로 구성하였다.

VI. 모의 실험

컴퓨터 모의 실험은 NTSC와 PAL을 지원하는 VHS로 하였으며 시스템 클럭은 13.5 MHz로 하였다. VHS에서는 NTSC의 색변조 주파수로 743.4KHz가 사용하고 PAL의 색변조 주파수로 732.4KHz가 사용되는데, NTSC의 색변조 주파수는 수평 동기 신호 1주기 동안에 189/4개의 사이클이 존재하며 PAL의 색변조 주파수는 수평 동기 신호 1주기 동안에 375/8개의 사이클이 존재한다. 그런데 시스템 클럭 13.5MHz는 수평 동기 신호 1주기 동안에 858개의 사이클이 존재하는 신호이므로 NTSC와 PAL에 대해서 색변조 주파수와 시스템 클럭과의 관계식을 유도하면 디지털 자동 주파수 조절 장치의 ratio counter의 변수들은 디지털 자동 주파수 조절 장치에서의 메모리의 전체 어드레스를 2048개로 할 경우 NTSC는  $C_1=112, C_2=143, C_3=112, C_4=2048$ 로 결정되며 PAL은  $C_1=16, C_2=144, C_3=111, C_4=2048$ 로 결정되어 진다. 디지털 자동 주파수 조절 장치에 사용되는 변수  $D_1$ 은 소수점 아래 4 자리까지 구하였으며  $D_3$ 는 양의 정수로 구하였다. 또한 디지털 자동 주파수 조절 장치의 출력인 복조 캐리어는 8 bits로 하였다.

컴퓨터 모의 실험에 사용한 입력은 color bar를 대상으로 하였는데 입력 베이스 밴드 색신호 BY, RY는 각각 8 bits로 할당하였다. 그림 8은 입력되는 신호들에 포함되어 있는 수평 동기 신호의 길이가 오차가 없는 표준 수평 동기 신호 길이에 비해 최대  $\pm 2000$  nsec까지 달라지는 경우에 대해 모의 실험한 결과들을 동시에 나타낸 것이다.

그림 8에는 수평 동기 신호의 오차를 최소 -2000 nsec에서 시작하여 200 nsec씩 넓히면서 최대 2000 nsec까지 발생하는 경우에 대해 모의 실험한 결과를 나타내었다. 그림 8에서 가로축은 디지털 자동 주파수 발생 장치로부터 발생된 복조 캐리어와 입력된 색신호의 변조 캐리어의 위상 오차를 나타내며 세로 축은 위상 오차가 제거된 베이스 밴드 신호에 대한 SNR을 나타낸다. 그림 8에서 SNR은 NTSC와 PAL에 대해 실험한 결과를 평균한 값을 나타낸 것으로 SNR은 다음 식을 이용하여 구하였다.

$$SNR = 10 \cdot \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \quad (23)$$

여기서 MSE는 입력 베이스 밴드 색신호 BY, RY와 위상 보정된 최종적인 베이스 밴드 색신호 BY, RY들간의 mean square error를 나타낸다.

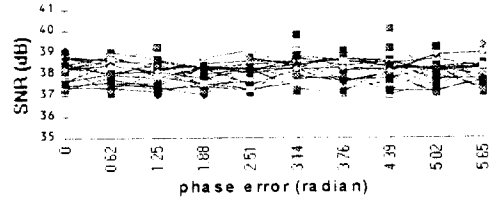


그림 8. 모의 실험 결과  
Fig. 8. Simulation results.

그림 8을 보면 입력되는 수평 동기 신호의 오차의 크기와 발생된 위상 오차의 크기에 상관없이 위상 보정된 베이스 밴드 신호들은 37dB에서 40dB 정도의 SNR이 얻어 짐을 확인 할 수 있는데 이 결과로부터 본 논문에서 제안한 자동 색 조절 방식이 타당함을 확인 할 수 있었다.

그림 9에는 모의 실험의 결과들을 파형으로 나타내었는데 그림 9a는 본 논문에서 모의 실험에 사용한 입력 테스트 신호 BY를 나타낸 것이며, 그림 9b는 위상 보정이 안된 BY 신호이며 그림 8c는 그림 9b의 신호에서 위상 오차를 제거한 결과이다.

그림 9a를 보면 color bar가 변하는 부분들에서 고주파 성분들이 발생하는 것을 알 수 있는데 이 고주파 성분들은 원래의 색신호의 대역폭인 0.5MHz보다 큰 고주파에 해당되므로 저역 여파기를 통과한 베이스 밴드 색신호에는 원래의 색신호들만이 아니라 고주파 성분이 신호의 왜곡으로 유입되기 때문에 모의 실험 결과 40dB 이상의 SNR은 얻어지지 않았다.

하지만 입력 색신호들을 DC만으로 가정하여 모의 실험한 결과들은 수평 동기 신호의 오차의 크기와 위상 오차에 상관 없이 거의 50dB 이상의 SNR을 얻을 수가 있었다.

그러므로 입력 색신호들을 0.5MHz미만의 대역을 갖는 신호들로 한정하여 테스트하게 되면 더 좋은 SNR을 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

그림 9b는 위상 오차가 포함되어 있는 신호이기 때문에 원래의 베이스 밴드 신호인 그림 9a와 차이가 많으며 이것의 위상 오차를 제거한 그림 9c는 원래의 베이스 밴드 신호인 그림 9a와 같은 신호가 얻어짐을 알 수 있다.

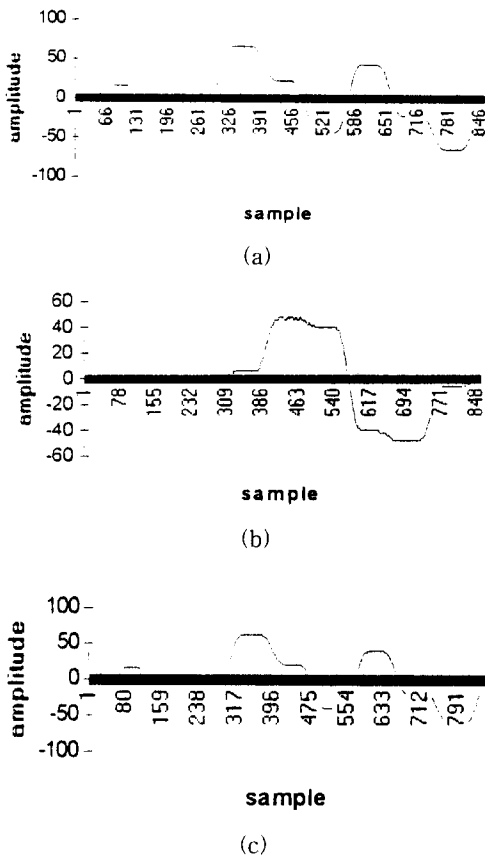


그림 9. 파형으로 나타낸 모의 실험 결과  
 (a) 입력 테스트 BY 신호 (b) 위상 보정이 안된 BY 신호 (c) 위상 보정된 BY 신호  
 Fig. 9. Simulation results represented by waveform.  
 (a) Input BY signal (b) Uncorrected BY signal (c) Corrected BY signal

VII. 결론

본 논문에서 제안하는 색신호의 자동 조절 방식은 NTSC, PAL 방식의 TV에 모두 적용되는 것으로 색신호의 디지털 자동 조절 장치 이용하여 구현하는 방법에 관한 것이다. 입력 색신호는 변조된 신호이므로 입력 신호로부터 베이스 밴드 신호를 얻기 위해서는 입력되는 색신호에 포함되어 있는 변조 캐리어 주파수와 동일한 주파수를 갖으며 위상이 같은 신호를 복조 캐리어로 이용하여야 한다. 그런데 본 논문에서는 색신호의 복조를 위해 디지털 자동 주파수 조절 장치를 이용하는데 디지털 자동 주파수 조절 장치의 특성상 입력 색신호의 변조 캐리어와 디지털 자동 주파수 조절

장치로부터 발생된 복조 캐리어들이 주파수는 같으나 위상이 대부분 일치하지 않게 되므로 복조된 베이스 밴드 색신호에는 에러가 포함되게 된다. 그러므로 디지털 자동 주파수 조절 장치를 이용하여 복조된 베이스 밴드 색신호에 포함되어 있는 위상 오차를 제거해 주어야만 정확하게 복조된 신호가 구해지게 된다. 본 논문에서는 베이스 밴드 색신호의 버스트 신호와 색신호들의 관계를 이용하여 복조된 베이스 밴드 색신호에 포함되어 있는 에러를 계산해 내고 계산된 위상 오차를 이용하여 베이스 밴드 색신호에 포함되어 있는 위상 오차를 제거하였다.

컴퓨터 모의 실험 결과 입력되는 변조 캐리어 신호와 디지털 자동 주파수 조절 장치로부터의 복조 캐리어의 위상 오차의 정도에 상관없이 정상적인 색신호의 복조가 가능해 짐을 알 수 있었으며, 또한 입력 신호들의 수평 동기 신호 구간의 길이가 정상적인 수평 동기 신호에 비해 최대  $\pm 2000$  nsec까지 오차가 발생한다고 하더라도 색신호의 복조가 정상적으로 동작됨을 알 수 있었다.

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] Tong-Ha Kim and Yeun Cheul Jeung, "DAFC(Digital Automatic Frequency Control) in Home Use VCR," ICSPAT'94 Volume 1, pp. 353-358, Oct. 18, 1994.  
 [4] 김동하, 이태원, "비디오 카세트 레코더의 자동 주파수 조절의 디지털 신호처리," 전자공학회논문지, 제 33권, 제 6호에 게재 예정  
 [5] CCIR 601 Recommendation.  
 [6] Kai Hwang, Computer Arithmetic, John Wiley & Sons, pp. 360-366, 1979.



## — 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 비디오신호처리, 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



李 貞 淑(正會員)

1964년 8월 6일생. 1988년 2월 고려대학교 전자전산공학과 졸업(공학사). 1991년 2월 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1994년 8월 고려대학교 대학원 전자공학과 박사과정 수료

주관심분야는 신호처리 및 컴퓨터 구조

姜 京 鎔(正會員)

1963년 10월 5일생. 1985년 2월 고려대학교 전자공학과 졸업. 1987년 2월 고려대학교 대학원 전자공학과 석사. 1987년 1월 ~ 1995년 2월 삼성전자(주) 정보 통신 컴퓨터 부문 선임연구원. 1995년 3월 ~ 현재 고려대학교 전자공학과 박사과정 재학중. 주관심분야는 신호처리 및 컴퓨터 구조

權 五 一(正會員)

1968년 3월 28일생. 1991년 2월 고려대학교 전자전산공학과 졸업. 1993년 2월 고려대학교 대학원 전자공학과 석사. 1995년 2월 고려대학교 대학원 전자공학과 박사과정 수료. 주관심분야는 음성합성, 음성인식, 디지털 신호처리