

NTSC 복합신호의 휘도 및 색도성분을 분리하기 위한 프레임간 적응 필터링 기법

(Adaptive Interframe Filtering Techniques for Separation of Luminance/Chrominance Components in NTSC Composite Signals)

姜 哲 豪*, 李 晷 漢**

(Cheol Ho Kang and Chung Han Lee)

要 約

본 논문에서는 NTSC 복합신호를 프레임간에서 휘도성분과 색도성분으로 분리하기 위한 새로운 적응 필터링방식을 제안하였다. 이 방식에서는 복합신호를 화상의 움직임과 국부적인 변화에 따라서 수평, 수직 및 시간방향에서 3차원적으로 적응 처리한다. 프레임간 처리를 위해서 화상의 프레임간 움직임과 프레임내 국부적인 변화를 각각 검출하여 검출된 신호의 크기에 따라 수평, 수직 및 시간방향의 필터들을 3차원적으로 적응시키는 2개의 알고리즘을 제안하였다. 여기에 사용된 세종류의 필터들은 NTSC 복합신호를 컬러 subcarrier 주파수의 4배로 샘플링한 경우에 대해서 설계되었으며, 몇가지 정량적인 평가 방법을 이용하여 제안된 방식과 기존의 방식을 컴퓨터 시뮬레이션에 의하여 객관적으로 비교하였다.

Abstract

In this paper, new adaptive interframe filtering methods have been proposed to separate the luminance and chrominance components in NTSC composite signals. In these methods, the composite signals are adaptively processed in three dimensions according to the local change or movement of the picture. For interframe processing, two algorithms have been proposed which adapt three filters in the horizontal, vertical and temporal directions to the magnitude of detection signal dependent upon both the movement and local change of the picture. The three kind of filters have been used at the sampling rate of four times the subcarrier frequency. The various quantitative measures have been introduced to compare the objective performance of the conventional methods and that of proposed ones by computer simulation.

I. 서 론

디지털 영상처리는 영상신호를 디지털 통신망으로 압축하여 전송하거나 혹은 기존의 TV영상의 여러가지 disturbance를 제거시킴으로써 화질 (picture quality) 을 개선시키기 위한 디지털 신호처리 기술이다. 이 경우 video 시스템의 기본적 기능중의 하나는 복합신호

*正會員, 光云大學校 電子通信工學科
(Dept. of Elec. Comm., Eng., Kwang Woon Univ.)

**正會員, 서울大學校 電子工學科
(Dept. of Elec. Eng., Seoul Nat'l Univ.)

接受日字: 1987年 7月 22日

와 성분신호들사이에 효과적인 interface이다. 이러한 필요성은 영상 통신시스템에서의 예측부호화^[1] 디지털 TV^[2] 및 video recording^[3]을 비롯해서 많은 응용분야에서 발견되고 있다. 특히 NTSC 컬러TV 방식에서는 전송대역의 압축과 흑백TV 시스템과의 양립성을 위해 2개의 색도(chrominance) 신호를 컬러 subcarrier로 다중화하여 휘도(luminance) 신호에 합하여 비월주사(interlaced scanning)를 하고 있다.^[4] NTSC 복합신호는 3차원 공간 스펙트럼상에서 휘도 성분과 색도성분이 서로 분리되어 있으나 1차원적으로 전송되므로 휘도와 색도가 동일한 주파수대역에서 서로 중첩되어 있다. 즉 휘도성분은 1차원스펙트럼상에서 수평선 주사주파수의 정수배 부근에 집중되어 있고 색도성분은 수평선주파수의 반의 홀수배 부근에 좁게 분포되어 있다.^[4] 따라서 복합신호로부터 성분신호를 완전히 분리할 수 없게되며 cross-color와 cross-luminance와 같은 cross-talk가 발생된다. 그런데 이러한 crosstalk는 전반적인 화질의 열화를 가져오는 중요한 요인이 되기때문에 이것을 최소로 하는 분리방법이 요구되고 있다. 가장 간단한 방법으로서 고정형 1차원 comb 필터를 이용할 수 있으나 고정형 필터의 경우 화상의 경계부근에서 blurring 현상이 나타날 뿐만아니라 화면을 구성하는 반복과정에서 프레임내 혹은 프레임간에 존재하는 redundancy가 항상 일정하지 않기때문에 scene detail에 손상을 가져오게 한다. 따라서 화상의 변화에 따라 적응하는 적응형 필터가 요구된다. 기존의 방식은 컬러 subcarrier 주파수를 중심으로 좌우 0.5MHz 대역의 주파수 성분을 색도신호로 간주하여 대역통과 필터를 사용하는 기본적인 성분분리와 함께 2차원(x, y) 공간 주파수영역에서의 프레임내 조건형 적응 필터링 방식,^[5,6] 프레임 메모리를 사용하여 2차원(x, y, t) 공간주파수 영역에서의 프레임간 운동적응형 방식이 연구 되어왔다.^[8,10,11] 본 연구에서는 프레임 내에서의 선형검출 방법을 이용하여 프레임간에 3차원(x, y, t)적으로 적응하는 새로운 운동적응 알고리즘을 제시하고 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 기존의 방식과 성능을 비교하였다.

II. NTSC 복합 신호의 성분분리

기존의 아나로그 TV시스템에서는 비월주사에 의하여 수직 및 시간방향으로 2차원적인 샘플링이 이루어진다. 그러나 디지털전송 및 처리시스템의 경우에는 수평방향의 샘플링에 의해서 3차원적인 신호처리가 이루어지게 되므로 디지털 NTSC 복합신호는 그림 1과 같은 3차원 스펙트럼을 갖게된다. 그러나 통신채널을

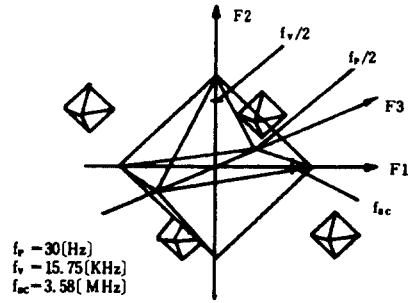


그림 1. NTSC 복합 신호의 3차원 스펙트럼
Fig. 1. Three-dimensional spectrum of the NTSC composite signal.

통해서 전송되므로 1차원 신호로 변환된다. 따라서 휘도신호와 색도신호가 동일한 주파수 영역을 공유하게 된다.

즉 NTSC 복합신호는 다음과 같은 관계식을 갖는다.

$$U(t) = Y(t) + C(t) \\ = Y(t) + I(t) \cos(2\pi f_{sc}t + 33^\circ) + Q(t) \sin(2\pi f_{sc}t + 33^\circ) \quad (1)$$

여기서 Y(t)는 휘도신호를, C(t)는 컬러신호 I(t)와 Q(t)에 의해 변조된 색도신호를 나타낸다. 또한 f_sc는 컬러 subcarrier주파수(3.58MHz)로서 수평주사주파수 f_v와 프레임주파수 f_r의 홀수배가 되며 subcarrier의 위상은 매주사선마다 그리고 매 프레임마다 180°씩 반전된다. 본 논문은 하드웨어를 간단히 하기 위하여 4f_sc로 샘플링한 NTSC 복합신호만을 고려하였다. NTSC 신호를 4f_sc로 샘플링했을 때의 관계식은 다음과 같다.

$$U(n) = Y(n) + C(n) \\ = Y(n) + I(n) \cos(n\pi/2) + Q(n) \sin(n\pi/2) \quad (2)$$

여기서 n=1, 2, 3, 4때 U(1)=Y(1)+Q(1), U(2)=Y(2)-I(2), U(3)=Y(3)-Q(3), U(4)=Y(4)+I(4)가 된다. 위 식을 이용하여 4f_sc로 샘플링된 NTSC 복합신호의 3차원적인 데이터 배열은 그림 2와 같다.

그림 2와 같은 데이터 배열을 가지고 있는 NTSC 복합신호로부터 3차원적으로 성분 분리를 수행하기 위해서는 수평방향, 수직방향 및 시간방향으로 동작되는 3종류의 comb 필터가 요구된다. 본 논문에서 사용된 필터들은 모두 선형위상특성을 갖는 FIR (finite impulse response) 디지털 필터에 해당된다.

1. 시간방향 comb 필터 (picture comb filter)
1-frame memory를 이용하여 연속적인 프레임에 대한

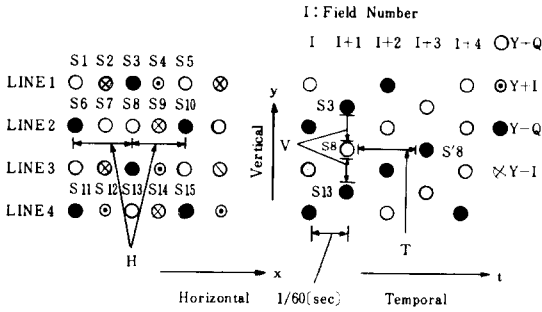


그림 2. NTSC 복합신호의 3 차원적 데이터배열
Fig. 2. Three-dimensional data array of the NTSC composite signal.

각 샘플 즉 화소간 변화량의 평균을 구함으로써 시간 방향의 색도신호를 추출할 수 있다. 예를 들면, 그림 2에서 $C(8) = -1/2(S8' - S8) = -1/2\{(Y-Q) - (Y+Q)\} = Q$. 시간방향 필터의 출력 $T(h, v, t)$ 와 $T(n)$ 은

$$T(h, v, t) = \{X(h, v, t) - X(h, v, t-1/30)\} / 2$$

$$T(n) = \{Xt(n) - Xt(n-1)\} / 2 \quad (3)$$

따라서 시간방향의 시스템 함수 $Ht(Z)$ 는 식(4)와 같다.

$$Ht(Z) = 1/2(1 - z^{-1}) \quad (4)$$

진폭 주파수응답 $|Ht(e^{j\omega T_p})|$ 는

$$|Ht(e^{j\omega T_p})| = |1/2(1 - e^{-j\omega T_p})|$$

$$= |\text{SIN}(\omega T_p/2)|$$

$$= |\text{SIN}(\pi f/f_p)| \quad (5)$$

$$\text{단, } T_p = 1/30[\text{sec}] \quad f_p = 30[\text{Hz}]$$

picture comb 필터의 구조와 주파수 응답특성은 그림 3과 같다.

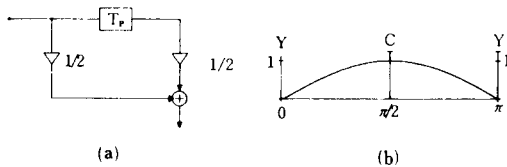


그림 3. (a) Picture comb 필터의 구조
(b) 주파수 응답특성
Fig. 3. (a) Structure of picture comb filter
(b) Magnitude of frequency response.

2. 수직방향 comb 필터(line comb filter)

2-line memory를 이용하여 연속적인 line간의 각 샘플 즉 화소간 변화량의 평균을 구함으로써 수직방향의 색도신호를 추출한다. 한 예를 들면, 그림 2에서

$$C(8) = -1/4(S3 - 2S8 + S13)$$

$$= -1/4\{(Y-Q) - 2(Y+Q) + (Y-Q)\} = Q.$$

수직방향필터의 출력 $V(h, v, t)$ 와 $V(n)$ 은

$$V(h, v, t) = -1/4\{X(h, v-1/262.5, t) - 2X(h, v, t) + X(h, v+1/262.5, t)\}$$

$$V(n) = -1/4\{X_v(n-1) - 2X_v(n) + X_v(n+1)\} \quad (6)$$

따라서 수직방향의 시스템 함수 $H_v(Z)$ 는 식(7)과 같다.

$$H_v(Z) = -1/4(Z^{-1} - 2 + Z) \quad (7)$$

수직 필터의 주파수 응답특성은 그림 4와 같다.

$$H_v(e^{j\omega T_v}) = -1/4(e^{-j\omega T_v} - 2 + e^{j\omega T_v})$$

$$= \text{SIN}^2(\omega T_v/2)$$

$$= \text{SIN}^2(\pi f/f_v) \quad (8)$$

단, $f_v = 15.75[\text{KHz}]$, $T_v = 1/f_v[\text{sec}]$

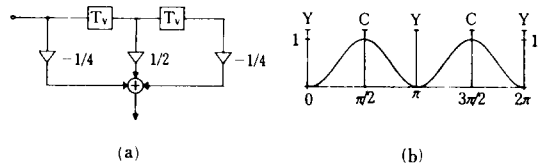


그림 4. (a) 수직 comb 필터의 구조
(b) 주파수 응답특성
Fig. 4. (a) Structure of vertical comb filter
(b) Magnitude of frequency response.

3. 수평방향 comb 필터

4-sample memory를 이용하여 2-sample씩 지연된 연속적인 샘플, 즉 최초의 변화량에 평균을 취함으로써 수평방향의 색도신호를 추출할 수 있다.

예를 들면, 그림 2에서

$$C(8) = -1/4(S6 - 2S8 + S10)$$

$$= -1/4\{(Y-Q) - 2(Y+Q) + (Y-Q)\} = Q.$$

수평방향의 필터출력 $H(h, v, t)$ 와 $H(n)$ 은

$$H(h, v, t) = -1/4\{X(h-1/2fsc, v, t) - 2X(h, v, t) + X(h+1/2fsc, v, t)\}$$

$$H(n) = -1/4\{X_h(n-2) - 2X_h(n) + X_h(n+2)\} \quad (9)$$

따라서 수평방향의 시스템 함수 $H_h(Z)$ 는 식(10)과 같다.

$$H_h(Z) = -1/4(Z^{-2} - 2 + Z^2) \quad (10)$$

수평필터의 주파수응답 특성은 다음과 같다.

$$H_h(e^{j\omega T_s}) = -1/4(e^{-j2\omega T_s} - 2 + e^{j2\omega T_s})$$

$$= \text{SIN}^2(\omega T_s)$$

$$= \text{SIN}^2(\pi f/2f_{sc}) \quad (11)$$

단, $f_{sc} = 3.58[\text{MHz}]$, $T_s = 1/4f_{sc}[\text{sec}]$

수평필터의 구조 및 주파수 응답특성은 그림 5와 같다.

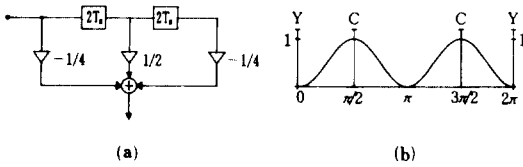


그림 5. (a) 수평 comb필터의 구조
(b) 주파수 응답특성
Fig. 5. (a) Structure of horizontal comb filter.
(b) Magnitude of frequency response.

Ⅲ. 프레임내 적응처리 방법

프레임내 처리에서 기존의 적응 분리방식은 조건형 스위칭 방식으로서 수직, 수평방향에 대하여 이전의 샘플값과 현재의 샘플값을 비교하여 변화가 수평, 수직방향중 어느쪽에서 심한가를 검출하여 변화가 적은 방향의 필터를 선택하는 방식이다. 이 스위칭 방식의 결점은 화상의 변화에 따라 선형적으로 적응할 수 없고 한쪽 방향이 항상 다른쪽 방향보다 변화가 클 경우, 한쪽방향의 변화만 고려되므로 다른 한쪽의 변화를 무시하는 결과가 된다. 본 연구에서는 이러한 스위칭방식을 보완하기 위해서 수평, 수직 각 방향으로 화상의 변화에 따라 적응하면서 수평 comb필터와수직 comb필터의 출력을 선형적으로 조합하여 Y/C 분리를 수행하는 새로운 검출방식을 다음과 같이 제안하였다. 이 방식은 검출계수 α 에 따라서 수평필터와 수직필터의 출력이 식(12)와 같이 조합된다. 여기서 α 값은 화상 데이터의 변화에 따라 적응하는 화상 변화검출기의 출력이다. 이 적응 Y/C 분리기의 출력은 다음과 같다.

$$S(n) = \alpha H(n) + (1 - \alpha) V(n), \quad (0 \leq \alpha \leq 1) \quad (12)$$

한편 프레임내에서 각 데이터의 화상변화를 검출하는 방식은 다음과 같다. 그림 2 으로부터 샘플의 변화를 검출하기 위해서 연속되는 두 line간의 변화량의 평균을 구한다. 즉 샘플S8의 검출신호를 D(8)이라 하면 $D(8) = 1/2(S3 - S13)$ 이 된다.

따라서 검출기의 시스템함수 $D(Z)$ 와 진폭응답 $|D(e^{j\omega T_v})|$ 는 다음식과 같다.

$$D(Z) = 1/2(1 - Z^{-2}) \quad (13)$$

$$\begin{aligned} |D(e^{j\omega T_v})| &= |1/2(1 - e^{-j2\omega T_v})| \\ &= |\text{SIN}(\omega T_v)| \\ &= |\text{SIN}(2\pi f/f_v)| \end{aligned} \quad (14)$$

그림 6은 검출기의 구성과 주파수 응답특성을 나타낸다.

위 변화검출기 특성을 보면 화상의 변화가 수직방향에 존재하면 진폭응답이 증가하여 최대 1 까지 증가하고, 변화가 존재하지 않을 때 진폭응답은 0 이 된다. 그러므로, 검출기의 출력값은 화상의 수직성분의 변화

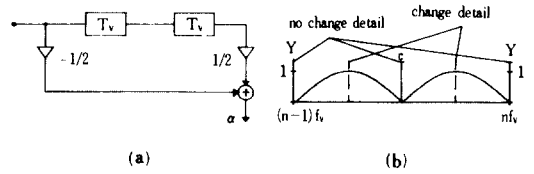


그림 6. (a) 검출기의 구조
(b) 주파수 응답특성
Fig. 6. (a) Structure of detector.
(b) Magnitude of frequency response.

에 따라 0에서 부터 1까지의 값을 선형적으로 취하므로 필터의 출력이 화상의 변화에 따라 적응하면서 변화한다. 그런데 식(12)을 보면 승산기가 2개 필요하다. 승산기의 갯수를 줄이기 위해 다음과 같이 식을 변형한다.

$$S(n) = \alpha(H(n) - V(n)) + V(n) \quad (15)$$

위 식으로부터 검출계수 α 대한 승산기의 갯수를 반으로 줄일 수 있다. 또한, 위 검출기를 구성하기 위하여 별도의 회로가 필요없이 수직 comb 필터를 공유함으로써 메모리 용량을 절반으로 줄일 수 있다. 프레임내 적응처리에 있어서 Y/C 분리를 수행하는 시스템의 구성도는 그림 7 과 같다.

NTSC COMPOSITE SIGNAL

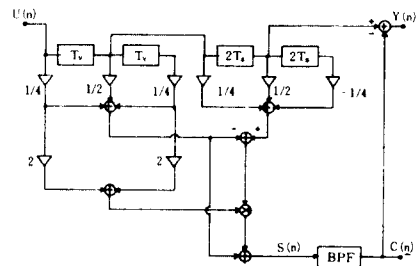


그림 7. 제안된 시스템 구성도
Fig. 7. Block diagram of proposed system.

그림 7에서 적응필터출력의 마지막단에 BPF(band-pass filter)를 첨가한 이유는 comb필터의 동작을 색도신호 성분이 존재하는 주파수대역으로 제한함으로써 저주파수 대역의 휘도성분을 보존하기 위함이다.본 논문에서 사용한 대역통과 필터의 주파수응답은 수평 comb필터의 특성과 같으며 NTSC 복합신호가 4fsc로 샘플링될 경우 컬러 subcarrier를 중심으로 좌우 0.5MHz의 대역폭을 갖는다. 그런데 NTSC 복합신호에 있어서 색도신호C와 휘도신호 Y는 서로 완전히 상관관계에 있기 때문에 복합신호와 색도신호의 차를 구함으로써 휘도신호를 구할 수 있다.

IV. 프레임간 적응처리 방법

궁극적으로 복합신호는 3 차원 데이터 성분으로 구성되어 있으므로 3 차원적인 처리를 함으로써 색도신호와 휘도신호를 거의 완벽하게 분리해 낼 수 있다. 그러나 문제는 프레임 메모리를 사용함으로써 생기는 경제적인 문제와 3 차원처리를 하기 위한 알고리즘이 없었다는 데 있다. 프레임 메모리를 사용하여 성분을 분리하는 시스템은 제시되었지만 데이터를 3 차원(x, y, t) 적으로 처리하는 방식이 아닌 2 차원(y, t) 적으로 처리하는 방식이었다.^{(8),(9),(11)} 본 논문에서는 수평, 수직 및 시간방향 comb 필터에 의해서 프레임간에서 3 차원적으로 적응하는 운동적용 알고리즘을 제시한다. TV 화상은 크게 동적인 화상과 정적인 화상으로 나눌 수 있다. 만약 TV 화상이 정지화상일 경우 프레임 메모리를 사용하는 picture comb 필터에 의하여 거의 완벽하게 분리가 이루어진다.⁽¹⁰⁾ 이 경우 화상의 국부적인 변화나 경향에 관계없이 본래의 휘도신호와 색도신호의 해상도가 보존된다. 그러나 화상의 동적인 변화가 증가할수록(예: 운동경기등) picture comb 필터의 효과는 감소하고 화상의 동적인 변화율이 크게 증가되어 프레임내 처리방식과의 성능차이가 없어진다. 따라서 화상의 동적인 변화가 심할 경우에는 Y/C 분리를 프레임 내에서 처리하는 것이 프레임간에서 하는 것 보다 유용하다. 우선, 일차적으로 화상의 동적변화를 판별할 검출신호가 필요하게 되는데 간단한 검출방식은 프레임 내에서의 검출과 유사하게 연속적인 프레임간의 차에 대한 평균을 구함으로써 얻을 수 있다. 기존의 방식은 1-frame memory를 사용하여 연속적인 두 프레임간의 차에 평균을 구하였다. 이 검출기의 구조와 특성은 그림 3의 picture comb 필터와 같다. 그러나 이 검출기의 출력을 검출신호로 그대로 사용할 경우, 정지화상에서조차 모든 색도 신호성분을 화상의 동적인 변화로 잘못 검출하는 오차를 발생하므로 컬러 subcarrier를 중심으로 좌우 0.5MHz의 대역에 존재하는 색도신호를 제거하기 위하여 검출신호를 저역통과 필터에 인가 시켜야 한다.⁽⁶⁾ 그러므로, 화상의 동적인 변화를 검출하는 신호는 낮은 주파수의 휘도 신호성분으로 제한된다. 이 방식의 문제점은 3.58MHz를 중심으로 대부분 존재하는 컬러성분들이 제거되기 때문에 이 부근에서의 동화상의 변화를 검출하는 기능이 상실된다. 뿐만아니라 이상적인 저역통과 필터의 실현이 불가능함으로써 생기는 검출신호 자체의 오차는 전체 시스템의 성능을 저하시킨다. 본 논문에서는 이러한 검출방식을 피하고 다음과 같은 새로운 운동적용 알고리즘을 제안하였다.

1. 제안된 알고리즘 1

이 알고리즘은 일차적으로 화상을 프레임내에서 처리한 후 화상의 변화가 심한부분은 프레임간에서 처리하는 방식이다. 그러므로 화상의 동적변화를 검출할 필요가 없고 프레임내에서 화상의 변화가 심한부분을 검출하는 신호만이 필요하다. 이 검출신호는 그림 6의 프레임내 검출기에서의 검출신호와 동일하다. 따라서 전 시스템이 하나의 검출신호 α 에 의하여 동작하며 시스템의 출력에서 다음과 같은 색도신호가 얻어진다.

$$C_o(n) = (1-\alpha)S(n) + \alpha T(n) \tag{16}$$

이 식을 다음과 같이 변형하여 식(15)의 S(n)를 대입하면

$$\begin{aligned} C_o(n) &= \alpha \{T(n) - S(n)\} + S(n) \\ &= \alpha \{T(n) - \alpha \{H(n) - V(n)\} - V(n)\} + \alpha \{H(n) - V(n)\} + V(n) \end{aligned} \tag{17}$$

따라서 식(17)에서 알 수 있듯이 수직방향의 화상변화가 증가할수록($\alpha \rightarrow 1$) 프레임내 필터의 출력값은 작아지고 picture comb 필터의 출력에 의존하게 된다. 반대의 경우($\alpha \rightarrow 0$)에는 식(17)에서 알 수 있듯이 프레임내에서의 수직필터에 대한 의존도가 증가하게 된다. 이러한 방식을 선택하면 TV화상의 동적인 변화가 심한 경우나 적은 경우에도 항상 일정하게 동작한다. 또한 기존방식은 검출신호에서 색도신호성분을 제거하기 위해 디지털 저역통과 필터를 사용해야 하지만 제안된 방식은 이것이 필요없게 된다. 그림 8은 제안된 알고리즘 1에 대한 시스템의 구성도이다.

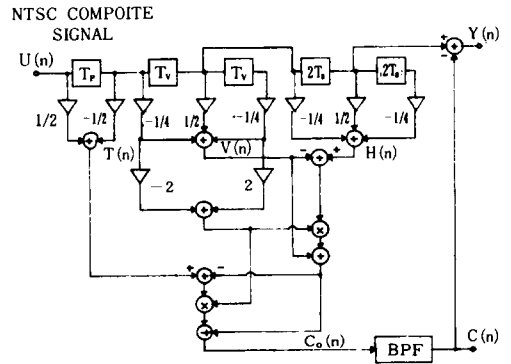


그림 8. 알고리즘 1의 시스템구성도
Fig. 8. System block diagram of algorithm 1.

2. 제안된 알고리즘 2

알고리즘 1에서는 궁극적으로 picture comb 필터의 기능을 완전하게 이용하지 못한다는 결점이 존재한다. 이러한 결점을 보완하기 위해서는 연속적인 두 프레임간에서 샘플의 변화량에 평균을 취함으로써 화상의 동

적 변화를 보다 정확하게 검출할 수 있다. 이 방식은 프레임내에서 화상의 변화를 검출하기 위해 사용된 검출기의 원리와 매우 유사하며 그림 6에서 2 개의 line memory 대신 2 개의 frame memory를 이용하고 있다. 검출기의 구조 및 주파수 응답특성은 그림 9 와 같다.

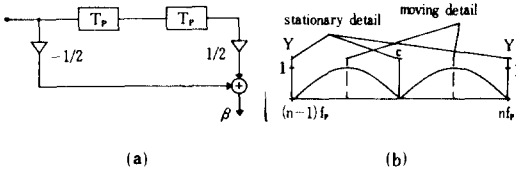


그림 9. (a) 검출기의 구조
(b) 주파수 응답특성
Fig. 9. (a) Structure of detector.
(b) Magnitude of frequency response.

또한 picture comb 필터의 경우 그림 9와 같은 검출기의 구조를 공유함으로써 필터의 특성도 그림 3에 비해 그림10과 같이 개선된다.

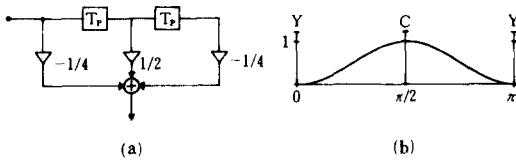


그림10. (a) Picture comb 필터의 구조
(b) 주파수 응답특성
Fig. 10. (a) Structure of picture comb filter.
(b) Magnitude of frequency response.

제안된 알고리즘 2를 사용한 전체 시스템의 출력은 다음과 같다.

$$C_o(n) = \beta S(n) + (1-\beta) T(n) \tag{18}$$

이 식에서 β 는 운동검출기(motion detector)의 출력으로 그림 9 (b)와 같은 특성을 갖는다. 이식에 식(12)의 $S(n)$ 를 대입하면

$$C_o(n) = \beta \{ \alpha H(n) + (1-\alpha) V(n) \} + (1-\beta) T(n) \\ = \beta \{ \alpha [H(n) - V(n)] + V(n) - T(n) \} + T(n) \tag{19}$$

따라서 전체 시스템은 화상의 동적변화를 검출하는 β 와 화상의 국부적인 변화를 검출하는 α 에 의하여 세방향의 필터가 동시에 동작된다. 특히 화상의 동적변화가 가장 심할때는 ($\beta=1$) 프레임내에서만 적용 처리되며 화상의 동적변화가 가장 적을때는 ($\beta=0$) 프레임간에서 그림10의 picture comb 필터에 의해서만 처

리된다. 이와같이 화상의 변화에 따라 적용하면서 Y/C 분리를 수행하는 전체시스템의 구성도는 그림11과 같다.

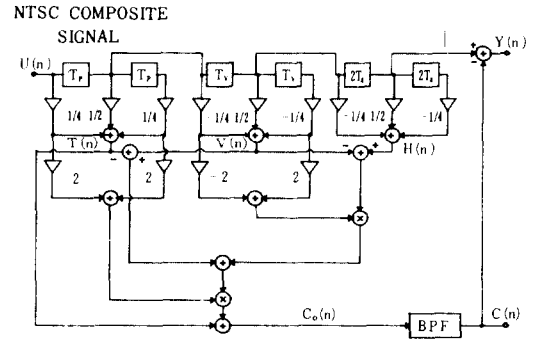


그림11. 알고리즘 2의 시스템 구성도
Fig. 11. System block diagram of algorithm 2.

V. 성능 비교

III, IV장에서 제시한 성분분리 방식의 성능을 기존의 방식과 비교 평가하기 위해서 CCITT 데이터 베이스 중에서 Miss America와 Checked Jacket 영상데이터를 이용하였다. 원래 화상은 각각 16 프레임으로 구성되어 있고 각 프레임은 352×288의 휘도성분 Y와 176×144의 R-Y, B-Y의 두 컬러성분으로 구성되어 있으며 각 샘플은 8bit로 양자화 되어있다. 두 컬러성분 R-Y 및 B-Y을 I 및 Q로 변환하여 NTSC 신호로 합성한 후 4fsc로 샘플링한 데이터 배열을 구성하였다. 본 논문에서 제안된 방법들을 이용하여 각 방식들의 객관적인 성능평가를 위하여 처리된 화상에 전반적으로 분포되어 있는 오차의 평균특성을 측정하기 위한 방법으로 NMSE(normalized mean square error)를 이용한 S/N비를 도입하였다.

$$NMSE = \frac{E \{ | P_o - P |^2 \}}{E \{ | P_o |^2 \}} \tag{20}$$

$$S/N = 10 \log (1/NMSE) \tag{21}$$

여기서 P_o : 원래 화상, P : 처리된 화상

또한 국부적으로 집중된 오차를 측정하는 방법으로 블록오차(block error) 개념을 도입하여 각 방식을 비교 평가하였다.¹¹⁾ M이 홀수일 때 $B_i(M)$ 을 i번째 화소 주변의 블록을 $M \times M$ 으로 하고, 이 블록의 평균오차 $B_i(M)$ 를 아래와 같이 정의한다.

$$B_i(M) = (1/M^2) \sum | E_j |, \text{ 단, } j \in B_i(M) \tag{22}$$

여기서 E_j 는 $B_i(M)$ 에서의 j번째 화소의 오차이며, 블록오차는 다음 식(23)과 같이 n차 absolute moment로서 정의한다.

$$B(n, M) = (1/N) \sum |Bi(M)|^n \quad (23)$$

여기서 n 은 오차의 상대적 크기를 평가하는 값이고, N 은 전 화소에서 폭 $(M-1)/2$ 의 외각 경계부분을 빼 나머지 화소의 수이다. 블럭의 크기 M 값이 증가함에 따라 오차들이 분포되어 있을 때보다 집중되어 있을 때 $B(n, M)$ 값이 더 증가하게 된다. 따라서 집중되어 있는 오차가 분포되어 있는 오차보다 주관적, 객관적 측정에서 더 나쁜 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 특히 $M=1, n=2$ 일 때는 평균자승 오차가 된다. 본 논문에서는 화질을 평가하기 위해서 $M=1, n=2$ 와 $M=3, 5$ 인 경우 $n=5$ 에 대해서 각각 비교하였다. 여기서 n 값이 작을수록 화면전체에 산만하게 분포되어 있는 작은 오차들이 지배적인 영향을 나타내며 n 값이 증가할수록 큰 오차들이 지배적인 영향을 나타낸다. 인간의 시각특성상 균일하게 분포되어 있는 오차들보다 국부적으로 집중되어 있는 오차들에 의한 화질의 저하에 더 민감하기 때문에 $n=2$ 인 경우에 비해 $n=5$ 인 경우가 인간의 시각특성에 적합한 평가 방식이다. 그림12-14는 프레임간의 운동변화가 적은 경우, 즉 화상의 움직임이 거의 존재하지 않은 경우에 대하여 각 방법들을 비교한 결과이며 그림15-17은 프레임간의 변화가 클 경우, 즉 화상의 움직임이 심한 경우에 대하여 비교 평가한 결과이다. 그림에서 횡축의 A, B, C, D는 각 방법을 표시한 것으로 방법A는 III장에서 소개한 프레임내에서의 분리방식이고 방법B는 기존 프레임간에서의 분리방식이다. 방법C는 본 논문에서 제안한

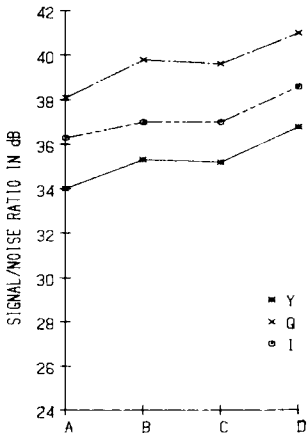


그림12. 프레임간의 변화가 적을 경우, 프레임간 방법(B, C, D)와 프레임내 방법(A)을 비교한 S/N비

Fig. 12. S/N ratio for interframe methods (B, C, D) and intraframe method (A) when the change between frames is small.

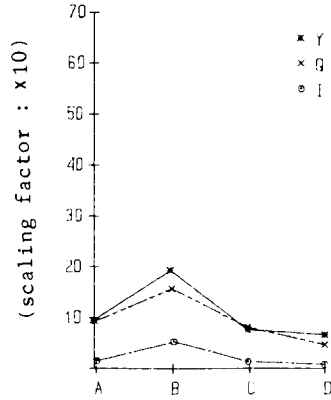


그림13. $M=3, n=5$ 일 때의 Y, I, Q성분에 대한 블럭오차

Fig. 13. Block errors for the Y, I, Q components with $M=3, n=5$.

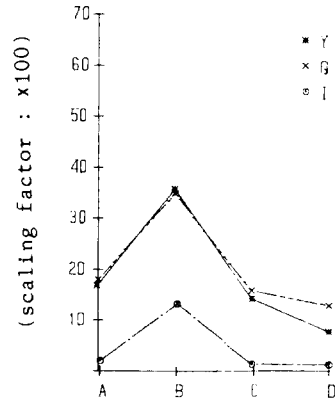


그림14. $M=5, n=5$ 일 때의 Y, I, Q성분에 대한 블럭오차

Fig. 14. Block errors for the Y, I, Q components with $M=5, n=5$.

알고리즘 1에 의한 방식이고 방법D는 알고리즘2에 의한 방식이다. 그림12에서 S/N비로 표시된 평균 자승 오차는 제안된 방법D가 기존의 방법B에 비해 약 1.5dB 개선 되었으며 제안된 방법C는 방법B와 비슷한 결과를 얻었다. 그림13, 14의 경우 $n=5$ 에 대해서 M 값이 증가할수록 블럭오차가 감소하므로 화소의 오차들이 분포되어 있음을 알 수 있다. 기존의 방법B에 비해 방법D의 블럭 오차는 3~6 배 정도 감소하였다. 또한 그림15에서는 방법D가 B에 비해 약 3.5dB 증가하였는데 이것은 화상의 동적 변화가 많을수록 그림12의 변화가 적은 경우에 비해 더 큰 효과를 나타내고 있

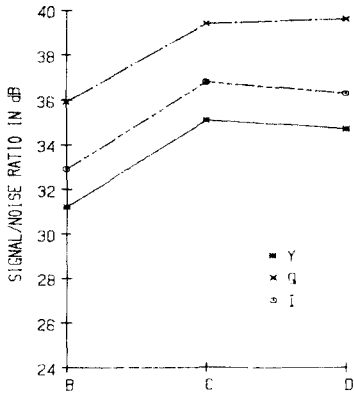


그림15. 프레임간의 변화가 심할경우, 프레임간에서 Y, I, Q성분에 대한 각 방법들의 S/N비
 Fig. 15. S/N ratio for Y, I, Q components with interframe methods when the change between frames is much.

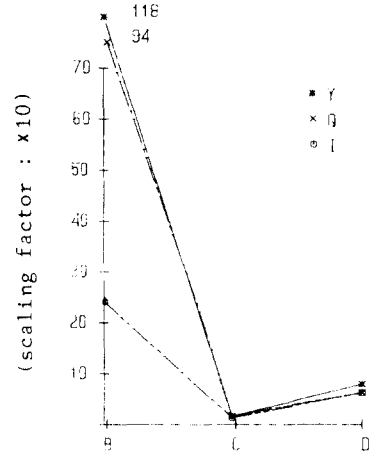


그림17. M=5, n=5 일 때의 Y, I, Q성분에 대한 블럭오차
 Fig. 17. Block errors for the Y, I, Q components with M=5, n=5.

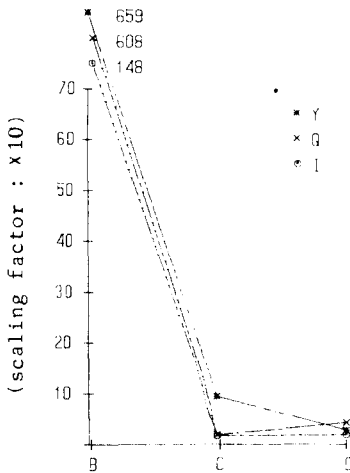


그림16. M=3, n=5 일 때의 Y, I, Q 성분에 대한 블럭오차
 Fig. 16. Block errors for the Y, I, Q components with M=3, n=5.

VI. 결 론

본 논문에서는 NTSC 복합신호를 프레임간에서 3 가지 성분인 Y, I 및 Q신호로 분리하는 새로운 적응 처리방법을 제안하였다. 프레임내 처리에서는 기존의 조건형 스유허방식을 개선하기 위하여 화상의 국부적인 변화에 따라 수평 및 수직방향에서 2차원적으로 적응 하는 선형조합 검출방식을 도입하였다. 이 검출방식을 프레임간 처리에 응용하여 수평, 수직 및 시간 방향에서 화상의 움직임과 국부적인 변화에 따라 3차원적으로 적응 처리하도록 하는 2개의 알고리즘을 제안하였다. 첫번째 알고리즘 1에서는 수직 및 시간방향에서 2차원적으로 처리되는 기존의 방식에서 운동검출기의 단점을 보완하였으며 두번째 알고리즘 2에서는 2개의 프레임 메모리를 사용하여 화상의 움직임과 국부적인 변화를 동시에 검출하도록 하여 S/N비로 평가되는 화상의 평균특성중 가장 우수한 성능을 얻고 있다. 또한 주어진 화상에 대한 블럭오차의 관점에서 볼 때, 화상의 움직임이 느리거나 빠른경우 알고리즘 1, 2 모두 다 기존의 방식에 비해 훨씬 우수한 결과를 얻었으며, 특히 움직임이 빠른 동화상의 경우 성능이 크게 개선되었다.

參 考 文 獻

[1] Y. Ninomiya, Y. Ohtsuka, "A motion-compensated interframe coding scheme for NTSC color television signals," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-32, no. 3, pp. 328-334, Mar. 1984.

다. 특히 그림16, 17에서는 제안된 방법C, D가 기존의 방법B에 비해 매우 크게 개선 되었으며 제안된 방법 들은 프레임간에서 화상의 움직임이 심할수록 더 좋은 효과를 나타냄을 알 수 있다. 이상의 결과들은 모두 Miss America 영상 데이터를 이용한 것이며 Checked Jacket의 경우에도 거의 비슷한 결과를 얻었다.

- [2] S. Sabri, "Movement compensated interframe prediction for NTSC color TV signals," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-32, no. 8, pp. 954-968, Aug. 1984.
- [3] L.J. van de Polder, D.W. Parker, and J. Roos, "Evolution of television receivers from analog to digital," *Proc. of the IEEE*, vol. 73, no. 4, pp. 599-612, Apr. 1985.
- [4] E.F. Morrison, "Videotape recording: digital component versus digital composite recording," *SMPTE Journal*, vol. 91, pp. 789-796, Sep. 1982.
- [5] B. Grob, *Basic Television and Video System*. McGraw-Hill, 1984.
- [6] T. Fukinuki, Y. Hirano, and H. Yoshigi, "Experiments on proposed extended-definition TV with full NTSC compatibility," *SMPTE Journal*, vol. 93 pp. 923-929, Oct. 1984.
- [7] Y. Nakajima, et al., "Improvement of picture quality for NTSC and PAL system by digital signal processing," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. CE-31, no. 4, pp. 642-654, Nov. 1985.
- [8] 서영봉, 전준현, 김재균, "적응형 필터에 의한 NTSC 합성신호의 성분분리," 대한전자공학회 추계학술발표 논문집, 제 9 권 2 호, 1986년 12월.
- [9] M. Achiha and K. Ishikra, "A motion-adaptive high-definition converter for NTSC color TV signal", *SMPTE Journal*, vol. 93, pp. 470-476, May 1984.
- [10] D. Teichner, "Quality improvement by adaptive inter-/intraframe processing in PAL TV receiver," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. CE-31, no. 3, pp. 226-239, Aug. 1985.
- [11] D. Teichner, "Adaptive filter techniques for separation of luminance and chrominance in PAL TV signal," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. CE-32, no. 3, pp. 241-250, Aug. 1986.
- [12] N. Maxemchuk and D. Sharma, "Separation of NTSC signals by minimum mean square error filters and adaptive filters," *IEEE Trans. Commun.*, vol. CE-26, no. 5, pp. 583-593, May 1978.