

# 복호화된 NTSC 칼라 TV 신호의 Dot 패턴 제거 필터

문철하\*, 정재형\*, 홍성훈\*

\*전남대학교 정보통신공학부

chamun@kebi.com

## Dot Pattern Reducer for Demodulated NTSC Color TV Signal

C. H. Mun\*, J. H. Jung\*, S. H. Hong\*

\*School of Electronics & Computer Engineering, Chonnam National University

### 요약

본 논문은 불완전한 휘도/색신호 분리로 인해 복조된 NTSC 칼라 TV신호의 휘도와 색차신호의 경계(edge)에서 나타나는 dot 패턴을 제거하는 2차원 필터에 대한 것이다. 제안된 필터는 휘도와 색차신호의 전이영역 검출신호와 dot 패턴 검출신호에 따라 직렬(cascade)로 연결된 수평·수직방향 저역통과필터의 차단주파수를 조절함으로써 dot 패턴을 감소시킨다. 제안 방식의 성능을 검증하기 위하여 현재 가장 많이 사용되는 NTSC 디코더 칩인 BT835과 SAA7113H를 이용하여 복조된 휘도와 색차신호에 적용한 결과 영상신호가 변화를 갖는 경계 영역에서 발생한 dot 패턴과 불완전한 복조로 인해 발생하는 평탄영역에서의 dot 패턴이 제거되었음을 확인할 수 있었다.

### I. 서론

카메라를 통해 획득되고 채널을 통해 전송된 비디오 신호에는 비디오 획득과정과 전송과정에서 필수적으로 잡음이 추가된다. 이러한 잡음은 시청자에게 열화된 영상을 제공하고, 보다 고품질의 영상을 제공하기 위한 영상 신호처리과정에 부적절한 영향을 미친다. 또한 잡음은 비디오 신호의 엔트로피(entropy)를 증가시키므로 잡음이 포함된 영상을 압축할 경우 압축효율이 감소된다. 따라서 비디오 압축 부호기의 전처리 또는 복호기의 후처리 등에서 이러한 문제를 해결하기 위한 잡음 제거 처리를 수행한다. 특히 현행 국내 TV 규격인 NTSC와 같은 칼라(color) TV 신호는 일반적인 잡음 이외에 디코더에서 수행하는 휘도/색신호 분리의 불완전함으로 인해 발생하는 잡음이 있다.

NTSC 칼라 TV 신호는 휘도신호에 약 3.58MHz인

색부반송파(color subcarrier) 주파수로 직교변조(QAM: Quadrature Amplitude Modulation)된 색신호를 삽입(interleaving)하여 얻는다. 따라서 수신단에서 휘도와 색신호의 분리가 불완전할 경우 휘도신호의 일부가 색신호에 포함되어 나타나는 cross-color 현상과 색신호의 일부가 휘도신호에 포함되어 나타나는 cross-luminance 현상이 발생하게 된다. 이와 같은 현상들은 재생된 영상에서 무지개 무늬와 dot 패턴으로 나타나므로 화질의 열화를 가져오게 되고, 이 간섭현상은 비디오 압축효율 역시 감소시킨다.

이와 같은 NTSC 휘도/색신호 간섭 현상을 억제하기 위한 많은 연구들이 이루어 졌는데, 대부분의 기존 연구 결과들은 NTSC 디코더 자체에서 적응적인 휘도/색신호 분리를 수행하여 간섭이 발생하지 않도록 하는 내용이<sup>[1][2]</sup>, 일부 연구결과<sup>[4][6]</sup>는 휘도/색신호 분리된 색신호에 포함된 휘도신호를 제거하는 방법에 관련된 내용이다. 그러나 이 방식들은 복호화 되지않은 복합영상신호(CV: composite video) 영역에서 수행하는 방법으로 이미 복조된 콤포넌트(component) 비디오에 포함된 간섭성분의 제거에는 적용할 수 없다.

실제로 기존 NTSC TV 카메라로 획득된 영상을 사용하는 대부분의 영상관련 응용 분야에서는 특정 NTSC 디코더 칩을 사용하여 복호화된 휘도와 색차신호인 콤포넌트 영상신호를 입력으로 하여 필요한 처리를 수행하므로, 복합영상신호 영역이 아닌 콤포넌트 비디오 영역에서 휘도와 색신호의 간섭을 제거하는 방법이 필요하다. 본 논문에서는 휘도/색신호 간섭성분에 의해 나타나는 dot 패턴을 이미 복호화된 콤포넌트 영상신호 영역에서 제거하는 필터를 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II 장에서는 NTSC 신호의 부호화 및 복호화 과정과, 이 과정에서 발생하

는 휘도/색신호 간섭현상을 분석하고, III. 장에서는 분석 결과를 바탕으로 하여 제안한 dot 잡음 제거 필터의 알고리즘과 구현구조를 제시한다. IV. 장에서는 현재 가장 많이 사용되는 NTSC 디코더 칩인 BT835<sup>[7]</sup>과 SAA7113 H<sup>[8]</sup>을 이용하여 획득한 휘도와 색차신호를 이용하여 제안 방식의 성능을 평가하고, V. 장에서 결론을 맺는다.

## II. NTSC 칼라 TV 신호

그림 1은 NTSC 부호화 및 복호화 과정을 나타낸 것이다. 부호화의 경우 카메라로부터 획득된 RGB 신호가 매트릭스(Matrix) 회로에 의해 휘도신호(Y)와 색차신호(I, Q)로 변환되고, 색차신호는 차단주파수가 I 신호의 경우 약 1.5MHz, Q 신호의 경우 약 0.5MHz 인 저역통과필터(LPF) 처리된 후 약 3.58MHz인 색부반송파(color subcarrier) 주파수로 직교변조된다. 따라서 NTSC 부호화된 복합영상신호(CV)는 식 (1)과 같이 표현된다.

$$CV(t) = Y(t) + C(t) = Y(t) + \{I(t)\cos(2\pi f_{sc}t + \phi) + Q(t)\sin(2\pi f_{sc}t + \phi)\} \quad (1)$$

여기서  $f_{sc}$ 는 색부반송파 주파수이고,  $\phi$ 는 색차신호의 위상을 나타낸 것으로  $33^\circ$ 이다.

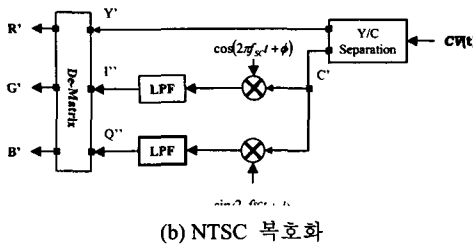
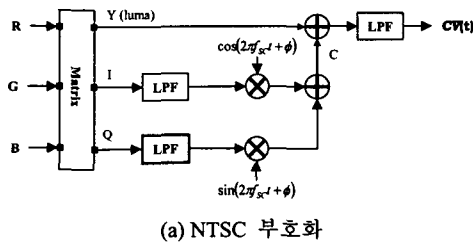


그림 1. NTSC 부호화 및 복호화 과정

복호화는 부호화의 역순으로 수신된 복합영상신호(CV)는 휘도(Y')와 색신호(C')로 분리되고, 색신호는 다시 색부반송파(color subcarrier) 주파수로 복조되어 색차신호로 변환된다. 이와 같은 복호화 과정에서 휘도와 색신호의 분리가 불완전한 경우 휘도신호의 고주파 성분이 색신호에 포함되고, 색신호의 고주파 성분이 휘도신호에 포함되는 간섭현상이 발생한다. 만일 수신된 휘도신호와 색차신호 중 휘도/색신호 분리과정에서 정상적으로 휘도와 색신호로 분리된 신호성분(저주파 성분)을 각각  $Y_L$ 과  $C_L$ 이라 하고, 색신호에 포함되는 휘도신

호와 휘도신호에 포함되는 색신호 성분(고주파 성분)을 각각  $Y_H$ 와  $C_H$ 라 하면 휘도/색신호 분리된 휘도 Y와 색신호 C는 각각 식 (2)와 (3)으로 표현할 수 있다.

$$Y'(t) = Y_L(t) + C_H(t) = Y_L(t) + \{I_H(t)\cos\omega(t) + Q_H(t)\sin\omega(t)\} \quad (2)$$

$$C'(t) = Y_H(t) + C_L(t) = Y_H(t) + \{I_L(t)\cos\omega(t) + Q_L(t)\sin\omega(t)\} \quad (3)$$

여기서  $I_L$ 과  $Q_L$ 은 정상적으로 색신호로 분리된 색차신호 성분이고,  $I_H$ 와  $Q_H$ 는 휘도신호에 포함된 색차신호 성분이며,  $\omega(t) = (2\pi f_{sc}t + \phi)$ 이다. 결국 복조된 NTSC 신호 성분 중 휘도에 포함된 색신호의 간섭성분은 식 (2)로부터  $\{I_H(t)\cos\omega(t) + Q_H(t)\sin\omega(t)\}$ 임을 알 수 있다. 이 간섭성분은 색부반송파 주파수에 해당되는 정현파 성분이 포함되므로 휘도신호에 dot와 같은 형태의 패턴을 발생시킨다.

휘도/색신호 분리과정에서 얻어진 색신호 C'는 부호기의 직교변조의 역 과정인 복조처리에 의해 색차신호 I'', Q''로 변환되는데, 이는 식 (4)와 같이 표현된다.

$$I''(t) = LPF[\{Y_H(t) + I_L(t)\cos\omega(t) + Q_L(t)\sin\omega(t)\} \times \cos\omega(t)] = LPF[Y_H(t)\cos\omega(t) + I_L(t)] \quad (4)$$

$$Q''(t) = LPF[\{Y_H(t) + I_L(t)\cos\omega(t) + Q_L(t)\sin\omega(t)\} \times \sin\omega(t)] = LPF[Y_H(t)\sin\omega(t) + Q_L(t)]$$

여기서 LPF[·]는 출력 이득(gain)이 2인 저역통과필터이다. 이 식으로부터 복조된 NTSC 신호성분 중 색차신호 I''와 Q'' 신호에 포함된 휘도신호의 간섭성분은 각각  $LPF[Y_H(t)\cos\omega(t)]$ 와  $LPF[Y_H(t)\sin\omega(t)]$ 임을 알 수 있다. 이 간섭성분은 실제 색차신호의 진폭이 작은 경우 무지개 무늬 형태로 나타나고, 진폭이 큰 경우는 dot 패턴으로 나타난다.

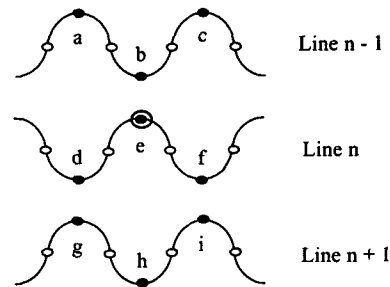


그림 2. NTSC 색신호 위상 관계

한편 색부반송파 주파수  $f_{sc}$ 와 수평주사 주파수  $f_H$ 의 관계는 식 (5)와 같다.

$$f_{sc} = \frac{455}{2} f_H \quad (5)$$

따라서 NTSC 부호기에 입력되는 영상신호가 변화가 없

는 평탄한 영상의 경우 색신호는 그림 2에 나타난 바와 같이 수평방향으로  $f_{sc}/2$  주기마다 그리고 매 주사 라인마다 위상이 반전된다. 특히 디지털 처리에 의한 복호화의 경우 샘플링 주파수를  $4f_{sc}$ 로 설정하면 수평방향으로 2 샘플마다 색신호의 위상이 반전된다. 따라서 NTSC 수신단에서 수행하는 휘도/색신호 분리과정은 평탄한 영상영역의 경우 저역통과필터 처리에 의해 휘도신호가 쉽게 추출되고,  $f_{sc}$ 를 중심으로 하는 대역통과필터에 의해 색신호가 쉽게 추출된다. 그러나 급격한 변화를 갖는 영상 영역의 경우는 휘도와 색신호의 고주파 성분이 존재하므로 휘도와 색신호 사이의 간섭현상이 발생한다.

### III. 제안된 dot 패턴 제거 필터

본 장에서는 NTSC 디코더에서 수행하는 휘도/색신호 분리가 불완전한 경우 나타나는 휘도/색신호 간섭현상 중 휘도 또는 색신호의 변화가 큰 경계영역에서 발생하는 dot 패턴을 제거하는 필터를 제시한다.

NTSC 복호화된 휘도신호에 나타나는 dot 패턴은 색신호가 수평 또는 수직 방향으로 급한 변화를 갖는 경우 발생하는데, 이는 QAM 변조된 색차신호가 휘도에 침투하므로 휘도신호에 NTSC 신호 특유의 dot 패턴이 발생한다. 한편 복조된 색차신호에 나타나는 dot 패턴은 휘도신호의 수평 또는 수직 경계영역 영역에서 발생하는데, 이때 색신호에 침투한 휘도신호가 QAM 복조되므로 복조된 색차신호에는 NTSC 신호 특유의 dot 패턴과 함께 약간의 무지개 무늬가 나타난다.

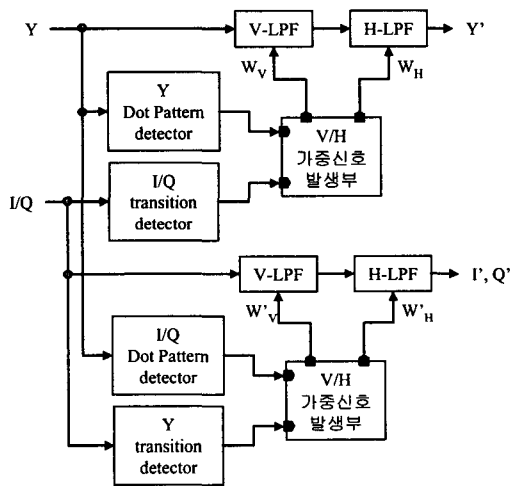


그림 3. dot 패턴 제거 필터의 구성

이와 같은 점을 고려하여 본 논문에서 제시하는 dot 잡음제거 필터는 그림 3에 나타난 바와 같이 휘도에서 나타나는 dot 잡음을 제거할 경우 색차신호의 천이영역 검출신호와 휘도의 dot 패턴 검출신호에 따라 가중치를

조절하여 직렬(cascade)로 연결된 수평-수직방향 저역통과필터의 차단주파수를 조절함으로써 dot 패턴을 감소시킨다. 여기서 가중신호 발생은 안정성을 고려하여 IIR 필터 개념을 적용하였다. 한편 색차신호에 나타나는 dot 패턴을 제거할 경우는 휘도의 천이영역 검출신호와 색차신호의 dot 패턴 검출신호에 따라 가중치를 조절하여 직렬로 연결된 수평-수직방향 저역통과필터의 차단주파수를 조절함으로써 dot 패턴을 감소시킨다.

제안된 dot 패턴 제거 필터에서 휘도(Y)와 색차신호(I, Q)의 처리는 동일한 과정을 수행하는데, 수평-수직방향 저역통과필터 처리는 그림 2에서 현재 잡음제거 처리되는 화소의 위치가 e인 경우 우선 식 (6)의 수직 필터 처리를 수행한다.

$$\begin{aligned} y1 &= W_V * Comb(a, d, g) + (1 - W_V) * d \\ y2 &= W_V * Comb(b, e, h) + (1 - W_V) * e \\ y3 &= W_V * Comb(c, f, i) + (1 - W_V) * f \end{aligned} \quad (6)$$

여기서 Comb(x,y,z)는 라인 콤(line comb) 필터로 다음 연산을 수행한다.

$$Comb(x, y, z) = y/2 + (x + z)/4 \quad (7)$$

식 (6)의 수직방향 필터처리에 의해 구해진 화소들은 다시 식 (8)의 수평방향 필터처리에 의해 최종적으로 dot 잡음 제거 처리된다.

$$y' = W_H * Comb(y1, y2, y3) + (1 - W_H) * y2 \quad (8)$$

식(6)과 (8)에 적용되는  $W_V$ 와  $W_H$ 는 각각 수평, 수직방향 dot 패턴 검출 결과와 천이영역 검출 결과에 의해 결정되는 가중치로써 0 ~ 1의 값을 갖는다. 즉, dot 패턴과 천이영역이 검출될 경우 1에 가까운 값을 갖고, 검출되지 않는 경우 0에 근접한 값을 갖는다.

수평방향 dot 패턴의 검출은 dot 패턴이  $f_{sc}$ 에 해당하는 정현파 형태를 나타내므로 그림 2에서 현재 필터 처리되는 화소의 위치가 e인 경우 주사선 n에 있는 화소 d, e, f가  $f_{sc}$ 에 해당하는 정현파 형태를 나타낼 경우 dot 패턴이 있는 것으로 판단한다. 수직방향의 경우는 화소 d, e, h가 수평주사 주파수  $f_H$ 에 해당하는 정현파 형태를 나타낼 경우 dot 패턴이 있는 것으로 판단한다.

천이영역의 검출은 수평방향의 경우 d와 f가 일정 임계치 이상의 차이를 갖고, a와 c 또는 g와 i가 일정 임계치 이상의 차이를 갖는 경우 수평방향의 천이영역이 있는 것으로 판단한다. 수직방향의 경우도 마찬가지로 b와 h가 일정 임계치 이상의 차이를 갖고, a와 g 또는 c와 i가 일정 임계치 이상의 차이를 갖는 경우 수직방향 천이영역이 있는 것으로 판단한다.

이와 같이 dot 패턴 검출과 천이영역 검출 결과에 의해 결정되는 휘도와 색차신호에 대한 가중치 중 휘도에 대한 가중치는 IIR 필터 개념을 적용하여 일관성을 향상시켰다.

#### IV. 성능 평가

제안된 dot 패턴 제거 필터의 성능을 평가하기 위하여 NTSC 디코더 칩인 BT835와 SAA7113H를 사용한 영상 획득 보드를 제작하고, 이 보드를 이용하여 획득한 영상에 대해 제안된 필터를 적용하였다.

그림 4 (a)와 (b)는 제작한 보드를 이용해 얻은 영상으로 수평, 수직 천이영역에서 dot 패턴이 나타난다. (c)와 (d)는 제안된 필터처리를 수행한 결과로 천이영역에서의 dot 패턴 뿐만 아니라, 평탄영역에서의 간섭 잡음이 크게 감소했음을 알 수 있다. (e)~(h)는 명확한 성능 검증을 위해 3x3 평균필터 처리한 값을 뺀 결과의 진폭을 4 배한 결과를 나타낸 것이다.

#### V. 결론

본 논문에서는 불완전한 휘도/색신호 분리로 인해 복조된 NTSC 칼라 TV신호의 휘도와 색차신호의 경계(edge)에서 나타나는 dot 패턴을 제거하는 2차원 필터를 제시하고, NTSC 디코더 칩인 BT835과 SAA7113H를 이용하여 획득한 휘도와 색차신호에 적용하여 성능을 평가했다. 다양한 영상에 대한 성능 평가 결과 제안된 필터는 영상 신호의 천이영역에서 발생한 dot 패턴과 불완전한 복조로 인해 발생하는 평탄영역에서의 dot 패턴을 효율적으로 제거함을 확인할 수 있었다. 현재 제안

된 필터를 단일 칩으로 제작하는 연구를 수행하고 있다.  
\* 본 논문은 일부 "한국과학재단 지정 전남대학교 고품질전기전자부품 및 시스템 연구센터의 연구비 지원"에 의해 연구되었음

#### [참고문헌]

- [1] Y. C. Faroudja, "Bandwidth Control for Chrominance and Luminance Paths in Quadrature Modulated Color Television System," US-4916526, Apr. 10, 1990.
- [2] S. H. Hong, "Apparatus for Separating Luminance and Color Signals by Detecting the Horizontal and Vertical Variation," US-5373328, Dec. 13, 1994.
- [3] R. Kays and et al, "Color Television System with Devices for the Encoding and Decoding of Color Television Signals Reducing Cross-Luminance and Cross-Color," US-5483294, Jan. 9, 1996.
- [4] Y. C. Faroudja, "Cross Color Suppression for Quadrature Modulated Color Television," US-4706112, Nov. 10, 1987
- [5] S. E. Lang et al., "Diagonal correction in composite video decoder," US-4847683, Jul. 11, 1989.
- [6] A. Rinaldi, "System and Method for Compensating against False Color From Composite Video Source Information," US-6108048, Aug. 22, 2000
- [7] Rockwell Semiconductor Systems, "Bt835 VideoStream III decoder" data sheet.
- [8] Philips Semiconductor, "SAA7113H 9-bit video input processor," data sheet.

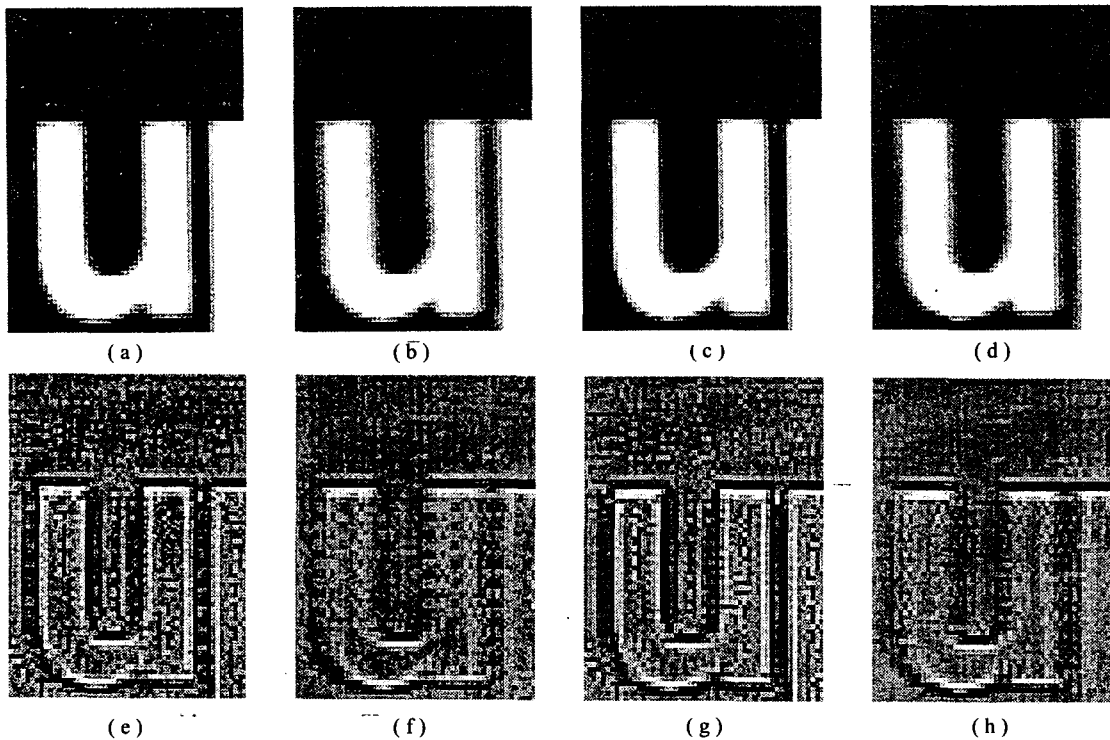


그림 4. (a) BT835를 이용하여 획득한 영상, (b) SAA7113H를 이용하여 획득한 영상, (c) (a)에 대한 필터처리 결과, (d) (b)에 대한 필터처리 결과, (e)~(h): (a)~(d)에 대해 3x3 평균필터 처리결과를 뺀 영상.