

모바일 기기를 위한 NTSC, PAL, SECAM 비디오 인코더의 설계

정희원 김주현*, 양훈기**, 강봉순***

Design of NTSC/PAL/SECAM Video Encoder for Mobile Device

Joohyun Kim*, Hoongee Yang**, Bongsoon Kang** *Regular Members*

요약

본 논문은 TV 출력 기능이 필요한 기기를 위한 비디오 인코더의 설계에 관한 것이다. 설계된 비디오 인코더는 International Telecommunication Union-Radiocommunication (ITU-R) BT.470 표준을 모두 지원한다. ITU-R BT.470에는 NTSC, PAL, SECAM의 3가지로 구분되는데, NTSC와 PAL은 색차 신호를 전송하기 위해서 진폭변조(AM)를 사용하고, SECAM은 주파수변조(FM)를 사용한다. SECAM에서는 anti-cloche 필터가 필요한데, 표준 (ITU-R BT.470)에서 권장하는 필터의 특성이 아주 예리해서 이전까지는 아날로그 필터를 사용하여 설계하였다. 본 논문에서는 anti-cloche 필터를 디지털 필터로 설계하고 필터의 특성을 설계하기 쉽도록 바꾸었다. 그리고 표준에서 요구하는 결과와 동일하도록 수정된 변조 방법을 제안한다. 또한 핸드폰 등의 모바일 기기에 적용할 수 있도록 동작 모드에 따른 소비전력을 가변 하였다. 제안된 비디오 인코더는 Altera사의 FPGA APEX20K1000-EBC652-3과 삼성 LCD-TV를 이용하여 실시간 검증을 수행하였다.

Key Words : NTSC, PAL, SECAM, CVBS, VIDEO ENCODER

ABSTRACT

This paper presents the design of a video encoder for the device of need TV-OUT function. The designed video encoder satisfies the standard conditions of International Telecommunication Union-Radiocommunication (ITU-R) BT.470. ITU-R BT.470 can be classified as NTSC, PAL or SECAM. NTSC and PAL use Amplitude Modulation (AM) to transmit color difference signals and SECAM uses Frequency Modulation (FM). SECAM must have an antic-cloche filter but the filter recommended by ITU-R BT.470 is not easy to design due to sharpness of the frequency response. So formerly the filter was designed as analog. This paper proposes that the filter is designed as digital and the special quality of the filter is transformed easy to design. And the modulation method is modified to be identical with the result required at standard. The encoder can control power consumption by output mode to apply mobile phone, mobile devices, etc. The proposed encoder is experimentally demonstrated with ALTERA FPGA APEX20KE EP20K1000EBC652-3 device and SAMSUNG LCD-TV.

* 동아대학교 전자공학과 VLSI system lab. (silkman@didec.donga.ac.kr)

** 광운대학교 전자공학과 교수 (hgyang@daisy.kw.ac.kr),

*** 동아대학교 전자공학과 부교수 (bongsoon@dau.ac.kr)

논문번호 : KICS2005-07-279, 접수일자 : 2005년 7월 9일

※ 본 연구는 2004년도 동아대학교 교내학술연구비(공모과제)에 의해 연구 되었습니다. 본 연구에서 사용된 software는 IDEC과 IT-SoC 사업단의 지원으로 이루어졌습니다.

I. 서론

멀티미디어 시대가 도래함에 따라 모든 디지털 기기들이 컨버전스(convergence)되고 있다. 핸드폰에 카메라와 TV기능이 합쳐지고, 디지털 카메라가 캠코더 기능까지 포함하고 있다. 그리고 컴퓨터의 TV 출력 기능을 이용해 비디오와 DVD 플레이어를 대신한지는 오래전 이야기이다. 이러한 디지털 컨버전스에 부응하기 위한 반도체 설계 기술이 System On-a-Chip(SoC)이다. SoC는 CPU를 포함한 모든 멀티미디어 기능들을 한 개의 IC에 집약시키는 것이다. 이러한 기술이 발달함에 따라 하드웨어의 크기를 줄이고, 소비전력을 감소시켜 작은 크기의 기기에 모든 기능이 집약되고 있는 것이다. IC의 기능이 많아짐에 따라 모든 기능을 한명의 설계자가 구현하는 것이 아니라, 개개인의 설계자가 하나의 기능 블록을 Intellectual Property(IP)화 시켜 최종 설계자가 IP를 재조합하게 된다. 본 논문은 TV 출력이 필요한 휴대 기기용 IC 제작 시 반드시 필요한 비디오 인코더 IP의 설계 및 구현에 관한 것이다^[1]. 요즘 출시되고 있는 고급형 핸드폰의 경우 디지털 카메라 기능과 TV에서 찍은 사진을 볼 수 있도록 TV 출력을 지원하고 있다. PC 보급률이 낮은 중국 같은 나라에서 큰 화면의 TV에서 자신이 찍은 사진을 볼 수 있도록 하기 위해서이다^[2].

TV 영상 신호를 전송하기 위해서는 Composite Video Baseband Signals(CVBS)를 사용한다. 비디오 인코더는 컴포넌트 영상신호(ex. RGB or YCbCr)등을 입력 받아서 컴포지트 신호(ex. NTSC, PAL, SECAM)로 바꾸어 주는 역할을 한다. 여기서 RGB는 색상을 표현하기위한 기본요소인 빨강, 초록, 파랑을 나타내는 것이며, YCbCr은 명암신호인 Y와 색차신호인 Cb, Cr을 타나낸다. 컴포넌트 영상신호를 컴포지트 신호로 바꾸는 이유는 전송선의 수를 감소시키고, 한 채널당 차지하는 대역폭을 제한하기 위해서이다. 컴포지트 신호의 표준을 제정하는 곳이 ITU-R이고, 표준 번호가 ITU-R BT.470이다^[3]. BT.470에는 3가지 분류로 나눌 수 있는데 NTSC, PAL, SECAM이다. 3가지를 분류하게 되는 요소는 색차신호의 변조방법과 부반송파의 주파수이다. NTSC와 PAL은 색차 신호 전송 시 진폭변조(AM)방법을 사용하고, SECAM은 주파수변조(FM)방법을 사용한다. 그리고 같은 AM을 사용할지라도 부반송파의 주파수와 전송 조건에 맞는 부반송파 위상이 다르다. 표 1은 각 표준에 대한 특징을 요약

한 것이다.

디지털 비디오 인코더 성능에 지대한 영향을 미치는 것이 필터이다. 필터는 출력 컴포지트 신호의 대역폭을 표준에 맞도록 제한하고, 신호 대 잡음비를 개선해준다. 비디오 인코더에는 NTSC, PAL, SECAM에서 사용되는 명암 신호 대역제한필터와 색차 신호 대역제한필터가 있고, SECAM에서만 사용하는 pre-emphasis, anti-cloche 필터가 있다. 본 논문의 비디오 인코더는 모든 필터를 프로그램화하여 사용조건에 따라 사용자가 선택 할 수 있도록 설계 하였다. SECAM에서 사용되는 pre-emphasis 필터의 특성을 BT.470 표준에서 권장하고 있다. High Pass Filter(HPF)의 필터형태이며 주파수에 대한 응답 특성이 아주 예리하다. 이러한 특성을 만족하도록 디지털로 설계하기 위해서 Finite Impulse Response(FIR) 구조를 사용하면 많은 계수(coeffcient)가 필요하여 하드웨어 크기가 증가하게 된다. 이를 Infinite Impulse Response(IIR) 구조를 사용하면 간단한 필터 계수로 날카로운 특성을 가지는 필터를 설계할 수 있지만, group delay 특성이 주파수에 따라 변하기 때문에 현재의 픽셀이 다른 픽셀에게 영향을 주게 된다. Anti-cloche 필터는 종을 뒤집은 모양과 같은 대역 제한 필터 특성을 가진다. 표준에 맞도록 설계하기 위해서 IIR 구조를 사용할 지라도 많은 계수가 필요하고 group delay 차이가 커서 나쁜 영향을 미치게 된다. 본 논문의 비디오 인코더는 anti-cloche 필터가 4.28MHz중심으로 좌우 대칭인 점을 이용하여 HPF 형태로 바꾸고, 이를 보상하기 위해서 수정된 변조방식을 제안하고자 한다. 그리고 간단한 IIR 구조로 설계하여 group delay 차이를 최소화 할 수 있다.

표 1. 각 표준별 CVBS 세부 특징. 부반송파는 색차신호 변조 시 사용되는 것이고, pedestal level은 명암신호에서 black과 blank level과의 차이를 말한다.

CVBS	부반송파주파수 (MHz)	Pedestal Levels (IRE)	해상도 (line×pixel)
M/NTSC	3.5795454545	7.5	525×858
J/NTSC	3.5795454545	0	525×858
4.43/NTSC	4.43361875	7.5	525×858
M/PAL	3.5756118881	7.5	525×858
B,D,G,H,I/PAL	4.43361875	0	625×864
N/PAL	4.43361875	7.5	625×864
Combination N/PAL	3.58205625	0	625×864
SECAM	4.40625 or 4.25	0	625×864

II. 인코딩 알고리즘

2.1 NTSC, PAL

표 1에서의 여러 가지 CVBS 신호를 만들기 위해서 비디오 인코더는 ITU-R BT.601 4:2:2 또는 ITU-R BT.656 표준 신호를 입력 받을 수 있다⁴⁾, ⁵⁾. BT.601는 사람의 눈이 명암 신호에는 민감하고 색차신호에는 둔감한 점을 이용한다. 명암 신호(Y)는 매 픽셀마다 샘플하여 13.5MHz로 전송하고, 2개의 색차신호(Cb, Cr)는 2픽셀마다 한번 씩만 샘플하여 6.75MHz로 전송하는데 이를 같은 전송선을 사용하여 13.5MHz로 전송한다. BT.656은 BT.601 신호의 전송속도를 2배로 올려서 명암신호(Y)와 2개의 색차신호(CbCr)을 하나의 채널로 전송하는 방식이다. 표 1의 CVBS 신호로 바꾸기 위해서는 수식 1을 이용하여 입력된 YCbCr신호를 YUV신호로 변환해야 한다⁶⁾. 수식 1은 M,4.43/NTSC와 M,N/PAL 출력일 때 사용되는 수식이다. YUV로 변환한 신호는 필터의 주파수 대역을 넓히기 위해서 interpolation 필터를 사용하여 2배 오버샘플링(over-sampling)하게 된다.

$$\begin{aligned} Y &= 0.591 \times (Y_{601} - 64) \\ U &= 0.504 \times (Cb - 512) \\ V &= 0.711 \times (Cr - 512) \end{aligned} \quad (1)$$

디지털 필터는 비디오 인코더의 성능에 많은 영향을 미친다. 필터는 신호 대 잡음비를 높여 주고, 각 표준에서 허용하는 대역폭으로 CVBS신호를 제한하는 역할을 한다. 표준에서 제안하는 대역폭은 명암 신호인 Y는 6MHz, 색차신호인 UV는 1.5MHz를 권장하고 있다. 수식 2은 제안된 인코더에서 사용된 4개의 Y 필터 전달 함수를 보여주고 있다¹⁾. 4개의 필터는 모두 순차적으로 연결되어 하나의 특성을 가지는 필터를 형성하게 된다. 수식 2에서 gain은 4개의 필터 계수가 정규화 되어 있지 않기 때문에 정규화 시키기 위한 값이다. 필터의 모든 계수와 gain 값은 2의 지수 승으로 설계되었다. 그래서 곱셈기가 없이 쉬프트와 덧셈기만으로 하드웨어를 구현 할 수 있다. 그림 1은 수식 2의 전달 함수에 해당하는 주파수 응답 곡선이다. 색차 신호인 UV를 제한하는 필터도 수식 1과 유사한 구조로 설계되었다.

대역 제한된 UV신호는 sine과 cosine를 사용하여 QAM(Quadrature Amplitude Modulation)을 한다. AM

$$\begin{aligned} H_1(Z) &= \left\{ 1 + \left(1 + \frac{1}{2}\right)Z^{-1} + Z^{-2} \right\} / 2 \\ H_2(Z) &= \left\{ 1 + \left(2 - \frac{1}{4} - \frac{1}{8}\right)Z^{-1} + Z^{-2} \right\} / 4 \\ H_3(Z) &= \left\{ 1 + \left(1 + 2 - \frac{1}{2} + \frac{1}{4}\right)Z^{-1} + Z^{-2} \right\} / 4 \\ H_4(Z) &= \left\{ 1 - (1+2)Z^{-1} + \left(8 - \frac{1}{2}\right)Z^{-2} - (1+2)Z^{-3} + Z^{-4} \right\} / 2 \times gain \end{aligned} \quad (2)$$

$$p = \frac{F_{SC}}{F_S} \times q \quad (3)$$

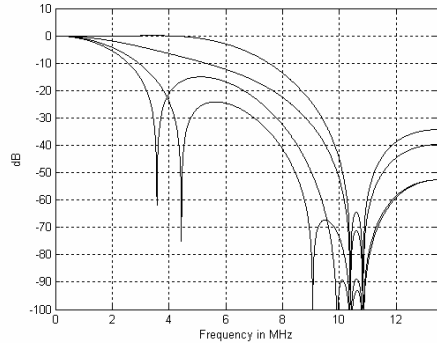


그림 1. 명암 필터의 주파수 응답

을 위한 부반송파를 만들기 위해서 본 비디오 인코더는 Discrete time oscillator (DTO)를 사용하였다. 수식 3는 DTO의 동작을 설명해주는 수식이다. 여기서 F_{SC} 는 부반송파 주파수이고, F_S 는 인코더의 동작 클럭 주파수, q 는 DTO의 크기를 나타내는 값, p 는 만들고자 하는 부반송파에 해당하는 디지털 값이다. F_S 는 동작주파수인 27MHz로 고정된 값이고, F_{SC} 는 표 1에서 각각의 CVBS에 의해서 변하는 값이다. 그래서 F_{SC} 에 의한 p 값을 하드웨어로 저장해 두고 각 사용자가 원하는 CVBS를 선택하면 자동적으로 F_{SC} 발생하게 된다. q 값은 인코더의 성능을 최대한 높이고, 하드웨어 크기를 고려하여 적절히 선택되어야 한다. NTSC는 4 fields (2 frame)마다 위상이 반복되고, PAL은 8 fields(4 frame)마다 자기 위상으로 돌아오는 특성을 가지고 있다³⁾. 즉 4 frame까지 위상 오차가 발생하지 않도록 q 값이 결정되어 진다면, 4 frame 마다 DTO를 리셋하면 부반송파의 위상오차는 전혀 발생하지 않게 된다. 표 2는 q 값을 달리하여, 각 프레임 후의 위상 값에 해당하는 ROM address 값을 나타내고 있다. DTO에서 출력되는 값은 sine, cosine ROM의 address 값으로 사용되는데, 여기서는 address가 10bit이라고 가정한 것이다.

표 2. NTSC의 q크기에 대한 위상오차

q 크기 (bit)	해당 frame 이후의 첫 픽셀의 위상			
	1	2	3	4
30	513	1	513	1
32	512	0	512	0

q의 크기가 32bit인 경우 1frame 이후에 180° 위상에 해당하는 512(address가 10bit인 경우)가 출력되고, 4frame 이후에 원래 위상인 0°에 해당하는 0이 출력되어야 한다. 하지만 q의 크기가 30bit인 경우 1frame 이후에는 513, 4frame 이후에는 1이 출력되어서 오차가 발생함을 알 수 있다. 이는 위상각으로 0.35°에 해당하는 값으로 오차가 계속해서 누적되면 위상은 점점 어긋나게 된다. 그래서 제안된 비디오 인코더는 위상오차가 발생하지 않는 최소의 크기인 32bit로 DTO를 설계하였다. DTO의 출력이 sine, cosine ROM의 address로 사용되는데, ROM의 address, data bit 크기가 부반송파의 정확성을 결정하게 된다. bit 크기를 결정하기 위해서 각각의 bit에 해당하는 부반송파를 만들어서 Fast Fourier Transform(FFT)를 구해본 결과 address bit는 10bit, data bit는 10bit을 사용했을 때, 하드웨어 크기를 고려하여 가장 적절한 크기임을 알 수 있었다. 부반송파가 만들어지면, 수식 4를 이용하여 비디오 인코더의 최종 출력신호인 CVBS를 만들 수 있다.

$$CVBS = Y + C = Y + (U \sin wt + V \cos wt) \text{ for NTSC}$$

$$= Y + (U \sin wt \pm V \cos wt) \text{ for PAL} \quad (4)$$

Y는 명암 성분을 나타내는 것이고, C는 색차 성분인 UV 신호를 QAM 변조를 한 신호를 나타내는 것이다. 그림 2는 ITU-R BT. 470 표준을 만족하는 75% color bar M/NTSC의 CVBS 신호의 출력을 MATLAB을 이용하여 나타낸 것이다⁷⁾.

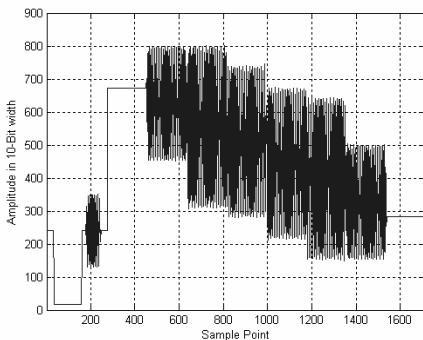


그림 2. M/NTSC의 75% lline color bar

2.2 SECAM

NTSC와 PAL과 비교해서 SECAM은 색차신호의 전송 방식에서 많은 차이가 있다. 우선 입력된 YCbCr 중 색차신호인 CbCr신호는 대역제한필터를 거친 후 pre-emphasis 필터를 거치게 된다. pre-emphasis 필터를 통과한 CbCr신호는 변조를 하기 위해서 YDbDr로 변환된다. 수식 5는 인코더의 YCbCr을 YDbDr로 바꾸는 수식이다.

$$Y = 0.625 \times (Y_{601} - 64)$$

$$Db = 0.0119 \times (Cb - 512) \quad (5)$$

$$Dr = -0.0119 \times (Cr - 512)$$

변환된 DbDr은 수식 6와 같이 주파수 변조를 한다. SECAM에서는 색차 신호인 Db와 Dr을 매 픽셀마다 모두 전송하지 않는다. Y는 매 픽셀마다 전송하지만, Db와 Dr은 화면의 기준으로 한 라인씩 교차로 전송된다^{6), 18)}. SECAM용 비디오 디코더는 라인 메모리를 두어 현재 들어오는 색차 신호와 바로 전 라인에 들어왔던 색차신호를 조합하여 픽셀 정보를 복원하게 된다.

$$CVBS = Y + C$$

$$= Y + G \sin 2\pi \left\{ f_{OR}t + \Delta f_{OR} \int_0^t Dr(\tau) d\tau \right\}; Db \text{ path} \quad (6)$$

$$= Y + G \sin 2\pi \left\{ f_{OB}t + \Delta f_{OB} \int_0^t Db(\tau) d\tau \right\}; Dr \text{ path}$$

$f_{OR} : 4.40625\text{MHz}, \Delta f_{OR} : 280\text{kHz},$
 $f_{OB} : 4.25\text{MHz}, \Delta f_{OB} : 230\text{kHz}$
 $G : 23\text{IRE} / 2 = 23 \times 5.5 / 2 = 63$
 $(\text{IRE} = 5.5; 10\text{bit})$

변조 후에는 anti-cloche 필터를 거치게 된다. 수식 6에서 알 수 있듯이 명암 신호인 Y에 FM신호가 더해지기 때문에 저 대역의 FM 신호가 Y신호에 영향을 주는 것을 감소시키기 위해서 anti-cloche 필터를 사용한다. BT.470 표준에서 권장하는 anti-cloche 필터의 특성은 그림 3과 같다. 입력 주파수에 대한 이득 특성을 분석해 보면 약 1MHz의 대역에서 11dB이상의 이득을 가져야 하며 4.286MHz에서는 정확하게 0dB 이득을 가져야 한다. 이를 IIR 구조로 설계를 할지라도 많은 계수가 필요하고 이로 인해 group delay 차이가 많이 생겨 인코더 성능에 악영향을 미치게 된다. 이를 해결하기 위해서 본 인코더는 anti-cloche 필터의 중심인 4.286MHz 지점을 0MHz 지점으로 옮겨 그림 4와 같이 HPF

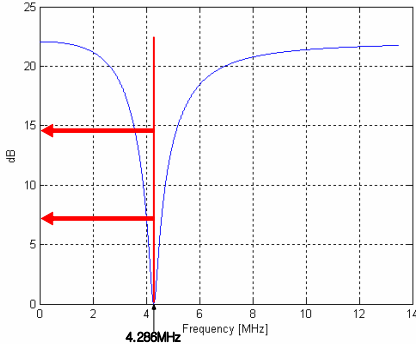


그림 3. SECAM용 anti-cloche 필터의 주파수 응답 특성

형태로 바꾸어 설계하고, 이를 보상하기 위해서 수식 6를 수식 7과 같이 바꾸는 것을 제안한다. 수식 6의 Db path인 경우라고 가정하고 중괄호 속에 수식 $(f_o t - f_o)$ 을 추가한 후 삼각함수 공식에 의해서 수식을 전개하면 수식 7과 같이 된다. 수식 7의 두 번째 전개식에서 중괄호 속에 있는 것이 FM식인데 FM의 중심주파수가 f_{OB} 에서 $f_{OB} - f_o$ 로 내려갔다. 그래서 저 주파수 대역에서 FM을 한 후 그림 4와 같은 수정된 anti-cloche 필터를 통과하고 4.286MHz의 부반송파를 곱해서 더하면 수식 6와 같은 결과를 얻을 수 있다. 이로 인해서 변조 방법은 복잡해 졌지만 anti-cloche 필터의 설계가 간편해 지고 하드웨어 크기도 작아진다. 또한 group delay의 편차도 작아져 고성능의 비디오 인코더가 구현이 가능해진다. 그림 5는 수식 7과 그림 4의 수정된 필터를 사용해서 SECAM color bar 2line을 나타낸다. 앞 라인이 Db에 해당하고 뒷 라인이 Dr에 해당하는 CVBS 신호이다.

$$\begin{aligned}
 Y+C &= Y+G \sin 2\pi\{f_o t + (f_{OB}t - f_o t + \Delta f_{OB}) \int_0^t Db(\tau) d\tau\} \\
 &= G[\cos 2\pi f_o t \cdot \sin 2\pi\{(f_{OB} - f_o)t + \Delta f_{OB} \int_0^t Db(\tau) d\tau\} \\
 &\quad + \sin 2\pi f_o t \cdot \cos 2\pi\{(f_{OB} - f_o)t + \Delta f_{OB} \int_0^t Db(\tau) d\tau\}] \\
 f_o &: 4.286\text{MHz}
 \end{aligned} \tag{7}$$

수식 7의 FM을 하드웨어로 구현하기 위해서 수식 3의 DTO를 이용 하였다⁹⁾. NTSC와 PAL에서 사용된 DTO는 만들고자 하는 부반송파의 주파수가 고정이므로 p 의 값이 고정되면 된다. 하지만 SECAM에서의 FM은 입력되는 Db 또는 Dr 값에 의해서 실시간으로 주파수가 바뀌어야 함으로, p 값이 Db 또는 Dr 값에 의해서 바뀌는 구조를 가져야 한다. 수식 8은 수식 7의 저주파 대역의 FM수식 중 sine

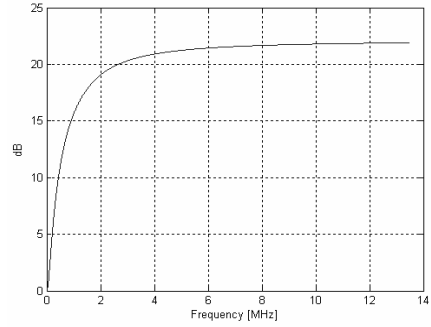


그림 4. 수정된 anti-cloche 필터의 주파수 응답 특성

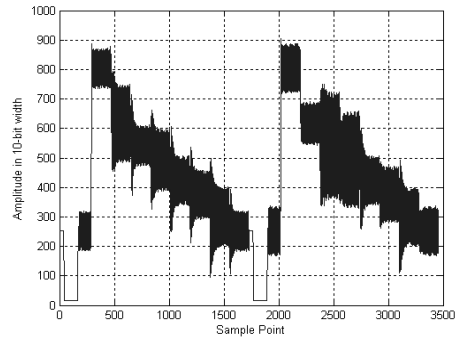


그림 5. SECAM의 2line color bar

만을 옮긴 것이다. 수식 8에서 주파수에 해당하는 인자만을 수식 3의 F_{SC} 에 넣고 정리하면 수식 9과 같이 된다. 수식 8의 적분 인자는 DTO 자체가 적분기 형태이므로 하드웨어 구조상에 반영되어 있다. $q, F_s, f_{OB}, f_o, \Delta f_{OB}$ 은 하드웨어적으로 고정된 값이므로 Db값에 p 값이 변하면 실시간으로 주파수가 바뀌게 된다.

$$\sin 2\pi\{(f_{OB} - f_o)t + \Delta f_{OB} \int_0^t Db(\tau) d\tau\} \tag{8}$$

$$p = \frac{q}{F_s} \times F_{SC} = \frac{q}{F_s} \times (f_{OB} - f_o + \Delta f_{OB} \times Db) \tag{9}$$

III. 하드웨어 설계

그림 6은 비디오 인코더의 하드웨어 블록도이다. 신호선 위숫자는 신호선의 bit 크기를 나타낸다. Format_conv은 입력모드가 BT.656일 경우 BT.601로 바꾸어준다. Pattern_gen은 encoder내부에서 test를 위한 영상 pattern을 만들어 주는 블록이다. 생성 가능한 패턴으로는 vertical color bar와 horizontal

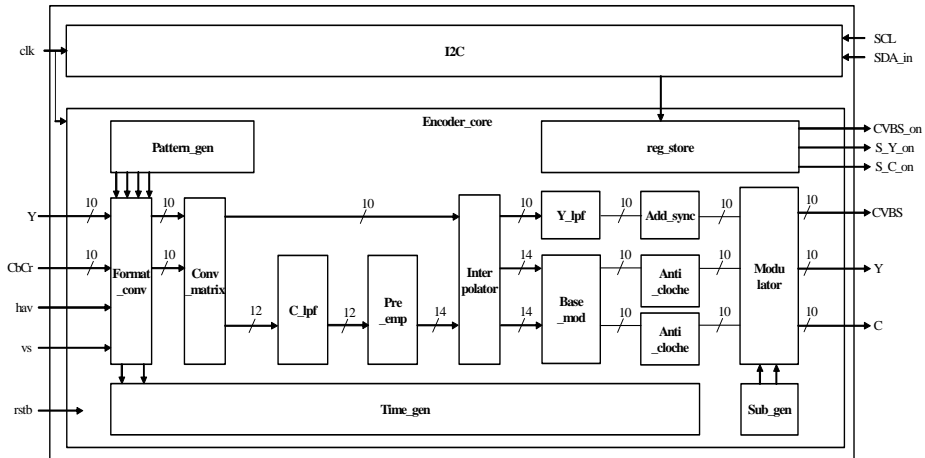


그림 6. 비디오 인코더의 블록 다이어그램

color bar이고, 사용자가 선택한 CVBS에 의해서 자동적으로 생성시킨다. 입력이 내부 패턴이 아닐 때는 전력을 제어하기 위해서 clock 공급을 차단한다. Time_gen은 encoder 내부에서 사용하는 타이밍 관련된 모든 신호를 생성해 준다. Conv_matrix은 입력 신호인 YCbCr을 YUV 또는 YDbDr로 변환해주는 블록이다. C_lpf는 색차 신호인 UV 또는 DbDr이 대역제한 되는 필터이고 동작 주파수는 6.75MHz이다. Pre_emp는 SECAM일 경우에만 사용되는 블록으로 DbDr 신호를 pre-emphasis 해주는 IIR 필터이다. Interpolator은 13.5MHz의 data를 27MHz로 2배 over-sampling 해주는 블록이다. Y_lpf는 명암신호(Y)를 표준에 맞도록 대역 제한하는 필터이다. Add_sync은 Y신호에 composite sync를 삽입하고, Y path와 C path clock delay를 맞추어 준다. Base_mod는 수식 8과 같은 저주파 대역의 FM을 수행한다. Anti_cloche는 그림 4의 필터를 적용하는 블록이다. Sub_gen은 각 표준에 맞는 부반송파 sine, cosine을 실시간으로 만들어 주는 블록이다. Modulator은 수식 4 또는 6에 의해서 비디오 인코더의 최종 출력 신호인 CVBS를 만들어 주는 블록이다. CVBS 신호 외에 s-video를 위해서 luminance (Y) 신호와 chrominance (C)신호가 따로 출력된다. 고화질을 위한 10bit DAC를 사용하기 위해서 10bit로 출력된다. 본 비디오 인코더는 I2C 프로토콜을 사용하여 제어를 하고 이를 I2C블록에서 담당한다. 동작에 필요한 레지스터 값은 Reg_store 블록에 저장된다.

제안된 인코더는 Verilog-HDL을 이용하여 설계

되었고^[10], Synopsys 시뮬레이터를 이용하여 검증하였다. 모든 검증이 수행된 후에 TSMC 0.25-um cell library로 합성하여 전체 시스템의 동작 주파수인 27MHz 만족하는지를 테스트 하였다. 표 3에서 각각의 블록에 대한 gate count와 동작 속도를 나타내고 있다. one gate는 2-input Nand를 나타내며 총 gate count는 83,739개를 알 수 있었다. 가장 동작 속도가 느린 Y_lpf의 경우 최대 동작 시간인 27.25ns(36.70MHz)로 동작 주파수인 37ns(27MHz)를 만족함을 알 수 있었다.

표 3. 하드웨어의 gate counts와 최대 지연 시간

Logic module	Gate counts	Max timings (ns)
Format_conv	1,355	7.07
Time_gen	5,452	11.29
Pattern_gen	4,856	16.59
Conv_matrix	6,508	16.50
C_lpf	6,585	16.15
pre_emp	4,918	13.15
Interpolator	2,978	7.25
Y_lpf	15,083	27.25
Base_mod	9,533	26.07
Add_sync	2,197	16.02
Anti_cloche_0	5,835	12.02
Anti_cloche_1	5,823	12.02
Sub_gen	2,097	19.92
Modulator	8,202	16.42
Reg_store	551	6.64
I2C	1,766	10.19
Total	83,739	-

IV. 실험 결과

제안된 비디오 인코더는 Altera FPGA APEX 20K1000EBC652-3을 이용하여 실시간 검증 수행하였다. 그림 7은 검증에 사용된 PCB 보드를 보여준다. FPGA에서 출력되는 디지털 데이터를 아날로그 CVBS로 바꾸기 위해서 Anlaog Device사의 ADV 712KB50 DAC를 사용하였다. 인코더의 성능 측정에 있어서 중요한 요소 중에 하나가 composite sync의 상승 시간과 하강 시간이다. 그림 8은 M/NTSC의 상승 시간을 YOKOGAWA DL1740 디지털 오실로스코프로 측정한 것이다. 이를 보면 NTSC는 200ns로서 표준에서 권장하는 250ns보다 작거나 같으면 된다는 조건에 만족함을 알 수 있다. 벡터스코프를 사용하면 인코더에서 만들어진 CVBS 신호가 표준에 정확하게 만족하는 지를 테스트 할 수 있다.

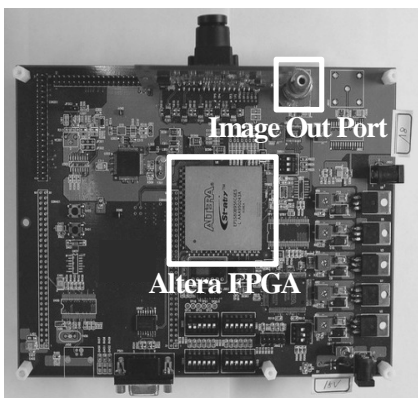


그림 7. 인코더 검증을 위해서 사용된 PCB 보드

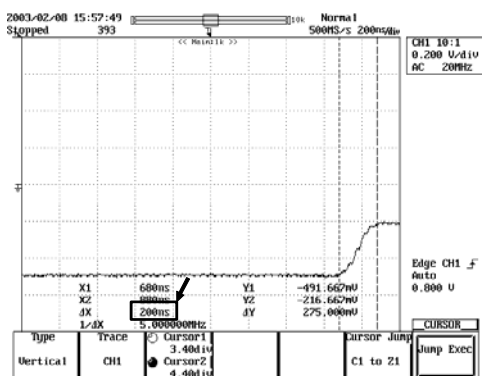


그림 8. M/NTSC의 상승 시간 측정

그림 9는 Agilent사의 1683A Logic Analyzer를 이용하여 M/NTSC color bar의 디지털 출력을 측정 한 것이다. 그림 2와 비교해 보면 240이 blanking구

간이고, 16이 composite sync가 삽입되는 것이며 burst 신호가 삽입된 후 white 값에 해당되는 670이 출력됨을 알 수 있다. 모바일 디바이스에서 사용하기 위해서는 소비 전력을 최대한 작게 사용할 수 있도록 설계되어야 한다. 제안된 비디오 인코더는 NTSC와 PAL 출력일 때 사용할 필요가 없는 블록인 Pre_emp, Base_mod, Anti_cloche에 공급되는 clock을 차단하여 소비 전력을 줄일 수 있도록 설계하였다. 표 4는 그림 7의 PCB 보드가 출력 모드에 따른 파워 공급기(EZ사의 GP-4305TP)의 전류량을 보여준다. SECAM과 비교해서 NTSC와 PAL이 약 0.2A정도 줄어듦을 알 수 있다. 그림 10은 내부 패턴에서 발생하는 color bar 신호를 SECAM으로 인코딩 하여, SAMSUNG CX174MP LCD-TV를 이용하여 실시간 영상을 검증한 사진이다.

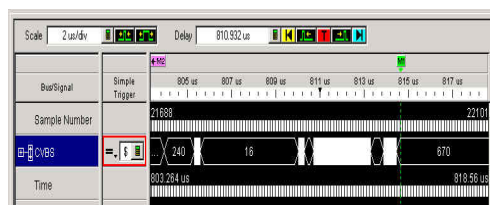


그림 9. Logic Analyzer의한 M/NTSC colorbar CVBS 측정

표 4. 출력 모드에 따른 그림 7의 PCB 소비 전류

CVBS	PCB 소비 전류
NTSC or PAL	0.65A
SECAM	0.83A



그림 10. SECAM color bar pattern의 실시간 영상

V. 결론

본 논문은 TV신호 전송 시 반드시 필요한 비디오 인코더의 설계에 관한 것이다. 국제 TV전송 신호 표준인 ITU-R BT.470에 있는 NTSC, PAL,

SECAM의 모든 표준 신호를 지원하여 전 세계 어디든지 사용할 수 있다. SECAM 색차 신호의 주파수 변조 시에 필요한 anti-cloche 필터의 형태를 HPF로 바꾸고 같은 결과를 얻기 위해서 변조 방법을 바꾸어 설계하였다. 이로 인해서 디지털 anti-cloche 필터의 설계가 쉬워지고, 계수가 단순해 저서 작은 하드웨어로 구현 할 수 있었다. 그리고 소비전력을 동작 모드에 따라 가변 하여 핸드폰 등의 휴대용 기기에서 사용할 수 있도록 설계하였다. 비디오 인코더의 전체 gate count는 83,739로서 영상 처리용 SoC 설계 시 전체 gate count의 큰 증가 없이 사용할 수 있도록 하였다. Altera FPGA APEX 20K1000EBC652-3를 사용하여 실시간 검증을 수행하였으며, 오실로스코프와 벡터스코프로 측정할 결과, 모든 신호가 표준에 만족함을 확인 하였다. 본 논문에서 설계된 encoder는 카메라 기능을 가진 핸드폰, TV-out이 필요한 디지털 카메라, Potable Media Player (PMP)등에 사용 되어 질 수 있다.

참 고 문 헌

[1] B. Kang, J. Kim and H. Yang, "Design of multi-standard NTSC/PAL video encoder," *CAP, Elsevier*, Vol. 4, No. 1, Feb. 2004, pp. 31-36.

[2] Samsung Electronics, *SPH-V4400 User Manual*, 2004.

[3] ITU-R BT.470-6, *Conventional Television Systems*, 1998.

[4] ITU-R BT.601-5, *Studio Encoding Parameters of Digital Television For Standard 4:3 and Wide-screen 16:9 Aspect Ratios*, 1995.

[5] ITU-R BT.656-4, *Interfaces for digital component video signals in 525-line and 625-line television systems operating at the 4:2:2 level of recommendation ITU-R BT.601*, 1998.

[6] K. Jack, *Video Demystified: a Handbook for the Digital Engineer*, LLH Technology Publishing, Eagle Rock, 2001.

[7] G. J. Borse, *Numerical Methods with MATLAB, a Resource for Scientists and Engineers*, PWS Publishing Company Boston, 1997.

[8] R. Michael, P. Michel, *Digital Television*

Fundamentals, McGraw Hill, 1997.

[9] Y. Hara, M.Kojima, K.Yamada and H. Shibata, "A New Digital FM Demodulation for VCRs," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, Vol. 47, No. 2, May 2001, pp. 243-248.

[10] S. Palnitkar, *Verilog HDL A Guide to Digital Design and Synthesis*, Prentice Hall, 2001.

김 주 현 (Joohyun Kim)

정회원



2002년 2월 동아대학교 전기전자공학부 전자전공(공학사)
2004년 2월 동아대학교 전자공학과(공학석사)
2004년 3월~현재 동아대학교 전자공학과 박사과정

<관심분야> System IC Design

양 훈 기 (Hoongee Yang)

정회원



1985년 연세대학교 전조공학과(공학사)
1987년 SUNY at Buffalo 전기 및 컴퓨터공학과(공학석사)
1992년 SUNY at Buffalo 전기 및 컴퓨터공학과(공학박사)
1993년 3월~현재 광운대학교

전파공학과 교수

<관심분야> 무선통신시스템, UWB

강 봉 순 (Bongsoon Kang)

정회원



1985년 연세대학교 전자공학과(공학사)
1987년 미국 University of Pennsylvania 전기공학과(공학석사)
1990년 미국 Drexel University 전기 및 컴퓨터공학과(공학박

사)

1989년~1999년 삼성전자 반도체 수석연구원
1999년~현재 동아대학교 전기전자컴퓨터 공학부 부교수

<관심분야> System IC Design