

스플라인 보간법을 적용한 스캔 변환기의 하드웨어 구현

권영민, 이범근, 정연모
경희대학교 전자공학과
전화: (031)201-2962

HARDWARE DESIGN OF A SCAN CONVERTER USING SPLINE INTERPOLATION

Young-Min Kwon, Beom-Geun Lee, Yunmo Chung
Dept. of Electronics Engineering, Kyung Hee University
Sochun-Ri, Kiheung-Up, Yongin-City, Kyungki-Do
E-mail : asic@nms.kyunghee.ac.kr

Abstract

The purpose of format conversion is to convert a wide range of personal computer video formats into a target format. Circuits for the conversion have been developed by means of interpolation techniques, such as zero-order interpolation, bilinear interpolation, and bisigmoidal interpolation. This paper proposes a scan converter using cubic splines. The converter was modeled in VHDL on Max+PlusII and implemented with an FPGA chip. The circuit gives much better conversion performance than a scan converter with zero-order or linear interpolation.

I. 서론

영상 매체의 발달로 다양한 디스플레이 장치가 등장하고 있으며 여기에서 출력되는 비디오 신호 모드 역시 VGA, SVGA, XGA 등과 같이 여러 가지가 쓰이고 있다. 이러한 비디오 신호들을 특정 디스플레이에 사용할 때 프레임 주파수와 해상도의 차이 등 여러 가지 문제가 발생한다. 따라서 이와 같이 다양한 디스플레이 장치에서 나올 수 있는 다양한 비디오 신호 포맷을 변환시켜주는 스캔 변환기에 대한 연구와 개발이 요구되고 있다.

이러한 스캔 변환기에서 입력과 출력 비디오 신호 포맷간의 해상도의 차이를 고해상도에서 저해상도로 혹은 저해상도에서 고해상도로 변환시켜준다. 그러나 변환된 비디오 신호는 계단 모양의 층이 생기는 문제점으로 인해 변환 후 화질이 저하되는 현상이 일어난다. 이러한 문제를 개선하기 위해서 다양한 보간법을 적용한 스캔 변환기에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다[2,4].

기존의 영차보간법(zero order interpolation)이나 양선형 보간법(bilinear interpolation)을 이용한 스캔 변환기는 해상도 변환시 발생하는 픽셀들의 위치 차이에 따라서 새로 생성되는 픽셀값이 크게 달라질 수 달라질 수 있으므로 윤곽선에서의 원하지 않는 계단형 일그러짐 현상과 윤곽선의 흐려짐 현상이 나타난다. 본 논문에서는 불연속적인 값들의 관계를 계산하여 연속적인 함수로 나타내는 스플라인 함수를 사용함으로써 새로 생성되는 픽셀의 값을 이웃한 픽셀들과의 연관성을 보다 더 정확히 산출할 수 있도록 보간법에 적용하여 위 문제를 최소화하고 입력되는 여러 비디오 모드를 특정모드로 변환이 가능한 기법을 제안하였다.

II. 스플라인 보간법

비디오 신호 변환 과정 중 해상도의 불일치로 인한 새로운 픽셀의 생성이 필요할 경우 주변의 픽셀들을 참조하여 원하는 위치에 픽셀을 생성 과정에서 보간법을 이용한다.

3차 spline 보간법에서는 두 개의 이웃하는 데이터 사이에 3차 다항식이 사용된다. 변하고자 하는 기준점을 일정간격이 떨어진 좌우 점의 값과 기울기를 이용하여 3차 다항식을 구하는 방식이다. 이 다항식은 4개의 미정 계수가 있으므로 4가지 조건을 필요로 한다. 4개의 미정 계수들 중 2개는 이 다항식이 두 점을 반드시 통과해야 한다는 조건에서 구할 수 있고 나머지 2개는 1차 미분, 2차 미분한 값이 주어진 두 점에서 연속해야 한다는 사실로부터 구할 수 있다.

구간 j에서의 스플라인 함수는 다음과 같다.

$$P_j(x) = a_0 + a_1(x-x_j) + a_2(x-x_j)^2 + a_3(x-x_j)^3 \quad (1)$$

위의 식을 하드웨어로 구현하기 위해 간략화하여 식으로 표시할 경우

$$f(x) = a_0 + a_1 \cdot X + a_2 \cdot X^2 + a_3 \cdot X^3 \quad (2)$$

로 표시된다. 3차 스플라인 함수에 대한 설명을 여기서는 생략하고 [1,3,9]에서 참고하기 바란다.

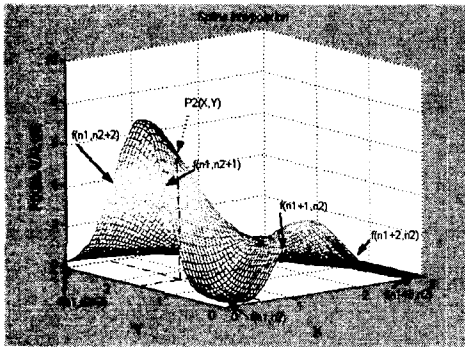


그림 1. 스플라인 보간의 예

스플라인 보간의 수행은 그림 1과 같다. 점 P2(x, y)는 입력된 픽셀들의 값을 이용하여 출력 비디오 신호 포맷에 맞추도록 보간하여 생성해야 할 점이다. 이 점을 X축과 Y축에 위치해 있는 4점 (n1, n2), (n1+3, n2), (n1, n2+3), (n1+3, n2+3)을 포함한 16점에서의 픽셀 값과 위치데이터 Δx, Δy, 그리고 참조되는 두 픽셀간의 스플라인 함수의 계수 a 값들을 계산하여 스플라인 보간이 수행된다.

먼저 X축을 기준으로 하여 각 라인의 4개의 픽셀 값들을 이용하여 구할 수 있는 보간함수들 중 첫 번째 픽셀과 두 번째 픽셀의 구간에서의 함수만 생성하여 Δx에 따라 보간된 값들을 연산하며 그 값들을 이용하여 Y축으로 스플라인 보간이 이루어진다. Y축 스플라인 함수 중 첫 구간에서 Δy를 대입하면 P2(x, y)에서의 최종 보간 결과인 픽셀값 f_{int}(x, y)의 값을 구할 수 있다. 이때 다섯 번의 보간 과정에서 주어지는 계수 값들은 두 픽셀 값의 차이에 따라 각각 다르게 주어지게 된다. 즉, 참조

되는 두 픽셀이 나타내는 값의 연관성에 따라 보간은 다르게 적용된다.

III. 구현 및 결과

스캔 변환기의 구조는 입력되는 비디오 신호의 모드를 검출하는 모드 검출기, 검출된 모드정보를 참조로 출력 비디오 신호에 맞게 프레임 조절해주는 프레임 주파수 제어기(frame rate controller), 프레임을 저장하기 위한 프레임 메모리 및 라인 메모리, 스플라인 보간법을 필요하여 해상도를 출력 비디오 신호의 해상도에 맞게 바꾸어 주는 스플라인 보간 연산부 등으로 구성된다.[2,4,5,6]

3.1 모드 검출기

모드검출기는 입력되는 다양한 비디오 모드를 판별하는 기능을 수행하며 구조는 그림 2와 같다. 입력 비디오 모드를 검출하기 위해 수직 동기 신호가 포함하는 수평 동기 신호의 수를 비교하고 여기에 수평 동기 신호의 sync구간의 시간을 비교하여 입력되는 신호의 모드를 검출한다. 그리고, 입력되는 수직 동기 신호와 수평 동기 신호의 극성을 비교하여 스캔 변환기에서 필요로 하는 극성으로 바꾸어 준다. 모드검출은 입력되는 신호를 판별하여 스플라인 보간부에서 해상도의 변환시 필요한 생성될 각 픽셀들의 위치를 출력해주는 ROM을 선택해 준다.

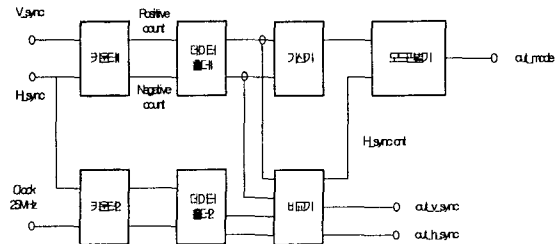


그림 2. 모드검출기

3.2 프레임 메모리 컨트롤러

메모리 컨트롤러는 입력되는 비디오 모드에 따라 60, 72, 75등의 다양한 프레임 주파수를 변환되는 비디오 모드의 일정한 프레임 주파수로 바꾸어준다. 데이터를 프레임 단위로 입력하고, 원하는 프레임 수로 변환하여 출력하도록 제어한다.

3.3 스플라인 보간 연산부

스플라인 보간 연산부는 그림 3와 같이 프레임 메모리로부터 순차적으로 각 라인의 데이터를 받아 라인별로 입

력되는 순서대로 4개의 픽셀을 이용하여 스플라인 보간을 수행하고 그 데이터 값을 각각의 FIFO에 차례대로 저장한다. 보간은 모드검출기에서 판별된 것을 참조하여 표 1, 표 2, 표 3에서와 같이 입력되는 픽셀들과 생성될 픽셀들의 위치값을 고려하며 수행되는데 경우에 따라서 같은 구간에 두 개의 픽셀을 생성해야 하므로 두 번의 똑같은 보간이 이루어지기도 한다. 처음 4개의 라인이 보간이 이루어지고 각각의 FIFO에 차례로 저장되면 다섯 번째 라인부터는 FIFO4에 저장이 되며 FIFO1를 제외한 다른 값들은 MUX를 통하여 앞에 있는 FIFO로 전달된다. 즉 여기서 FIFO2, FIFO3, FIFO4에 있는 데이터는 MUX를 통하여 FIFO1, FIFO2, FIFO3에 옮겨진다. FIFO에서 출력된 4개의 라인 데이터는 수직 보간에 이용되며 수직 스플라인 보간 연산부에서 출력되는 값이 최종값을 나타낸다. 이러한 값들을 보간을 수행하는 두 개의 스플라인 ALU블록으로 구성된다.

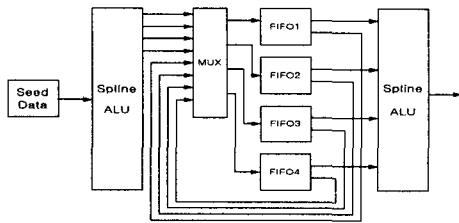


그림 3. 스플라인 보간 연산부

그림 4는 스플라인 ALU블록을 자세히 나타내었다. 이 블록의 ALU는 스플라인 함수의 계수 a의 값을 입력되는 Seed Data에 따라 연산하여 출력한다. 그리고 4개의 ROM 테이블은 각각의 해상도에 따라 해상도의 차이에서 발생하는 각각 픽셀의 위치(Δx , Δy)를 계산하여 저장하였다. 각각의 해상도에 따른 생성 픽셀의 위치값은 표1, 표2, 표3에 나타나 있다. 각 구간을 모드검출기에서 판단하여 출력한 값을 근거로 각 구간의 보간하는 횟수를 결정 후 수행한다. 또한 입력되는 해상도에 따라 각각의 ROM을 선택하여 보간시 필요한 위치값을 address를 출력하게 하였다.[1,7]

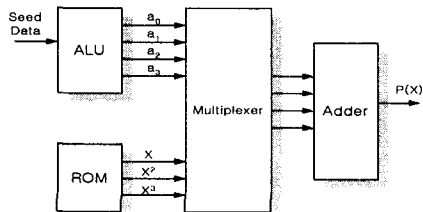


그림 4. 스플라인 ALU 블록

참조픽셀번호	0	1~2	2~3	3~4	5
Δx	0	0.25	0.5	0.75	0

표 1 1280x1024모드를 1024x768모드로 변환시 위치값

참조픽셀번호	0	1~2	3~4	5~6	7~8	9~10	11~12	13
Δx	0	0.56	0.13	0.69	0.25	0.81	0.38	0.94
참조픽셀번호	14~15	16	17~18	19	20~21	22	23~24	25
Δx	0.06	0.63	0.19	0.75	0.31	0.88	0.44	0

표 2 1600x1200모드를 1024x768모드로 변환시 위치값

참조픽셀번호	0	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5
Δx	0	0.63	0.25	0.88	0.5	0.13	0.75
							0.38

표 3 640x480모드를 1024x768모드로 변환시 위치값

그림 5은 스플라인 ALU블록을 스키매틱으로 디자인한 회로도이며 그림 6은 이 블록을 시뮬레이션한 결과이다.

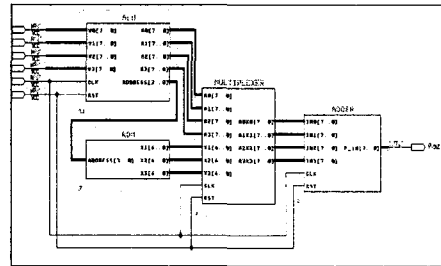


그림 5. 스플라인 ALU 블록 회로도

수평라인이나 수직라인은 똑같은 비율로 계산되므로 x의 값만을 저장 출력되는데 이 값들은 Multiplier에서 계수와 곱해지고 최종적으로 각각이 대해 더해진 보간된 값이 출력된다. 이들 값들을 이용하여 multiplier와 adder를 수행하면서 보간이 이루어진다.

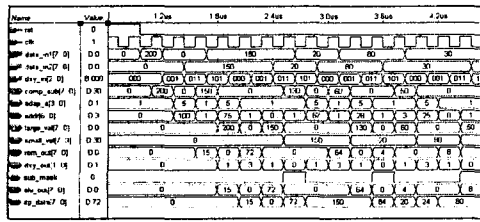


그림 6. 스플라인 ALU 블록 시뮬레이션

이웃 픽셀들의 연관성을 고려하여 윤곽선을 개선한 스플라인 보간법은 실험 검증을 통해 비교 분석하였다. 1600×1200화상을 1024×768화상으로 변환시키는 실험을 위해 lina화상을 이용하여 실험한 결과를 그림 7에서 보여주고 있다. 그림 7(a)은 1600×1200의 원시 화상을 나타내고, 그림 7(b)은 영차 보간일 때의 보간 결과를 나타낸 것으로 참조되는 두 점들 중 가까운 값을 취함으로써 인한 흐려짐 현상을 보인다. 그림 7(c)은 선형보간법을 이용할 때의 보간 결과를 보인 것으로 심한 계단형 일그러짐 현상을 보인다. 그림 7(d)은 스플라인 보간 결과를 나타낸 것으로 두 경우에 비해 시각적 거의 원래 화상에 가깝게 변환되는 것을 볼 수 있다.



(a) original image



(b) image by zero order interpolation



(c) image by linear interpolation



(d) image by spline interpolation

그림 7 컴퓨터 모의 실험결과

IV. 결론

본 논문은 스플라인 보간법을 이용한 스캔변환기를 설계하는 것을 제안하였다. 출력 화상은 각각의 입력되는 해상도에 따라 입력화상의 각각 픽셀에 대한 연관성을

판단하여 스플라인 보간을 수행하도록 하여 윤곽선 부분의 시각적인 화질 개선을 모의실험을 통해 확인 할 수 있었다. 또한 스플라인 보간법을 이용하여 이웃하는 16개의 픽셀 값을 참조하여 그에 해당하는 값이 출력되고 해상도별로 픽셀의 위치값을 ROM 테이블에 미리 저장하여 모드검출기에서 검출된 모드에 따라 필요한 값들을 참조하도록 함으로써 기존의 부분적인 적용에서 보다 여러 가지 비디오 신호를 변환할 수 있도록 하였다. 화질 또한 개선되는 것을 시뮬레이션 결과 데이터를 통해서 확인되었다.

또한 기존의 영차 보간이나 선형 보간의 경우 보간 과정이나 설계과정이 단순하며 수행시간이 비교적 짧지만 원래 화상과 너무 차이가 나며 일그러짐이 심함을 알 수 있다. 그러나 스플라인 보간법을 이용한 스캔 변환기의 시뮬레이션인 경우 비교적 복잡한 연산과정과 설계의 어려움은 있으나 거의 원래 화상과 비슷한 수준의 화상을 출력하며 해상도 변화에 있어서 항상 문제가 되는 일그러짐 현상도 본 논문에서 적용해 본 각각의 해상도에서 모두 나타나지 않음을 알 수 있었다.

본 디자인은 VHDL로 모델링 하여 ALTERA 사의 MAX+II 및 FLEX10K100, MAX9000 디바이스를 통해 구현하였다.

참고 문헌

- [1] 오재근, "보간법을 이용한 디지털 컨버전스에 관한 연구", 경희대학교 박사학위논문, pp.71-85, 1999
- [2] 이재준, 홍주선, 정연모, "A Scan Converter Four Porjection Monitors", CMEW'98, pp.33-38, Mar. 1998
- [3] 최형일, 이근수, 이양원, "영상처리 이론과 실제", 홍릉과학출판사, pp.139-144, 1997.
- [4] 홍주선, 이범근, 이재준, 오재근, 정연모, "적응적 바이스그모이드 보간을 이용한 스캔변환기", 한국정보처리학회 '98추계학술발표논문집, pp.1153-1156.1998.
- [5] Y. Shimizu et. al., "Development Of A PC-NTSC Scan Converter System LSI," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 42, No. 3, pp.681-688, Aug. 1996.
- [6] Genesis Microchip Inc. "Preliminary Data Sheet-gmFC1 DAT-0005-A"
- [7] 김기석, 홍주선, 오재근, 정연모, "멀티싱크를 위한 디지털 컨버전스 시스템", 대한전자공학회 CAD 및 VLSI 설계 연구회 학술발표회 논문집, pp.113-117, 1998.
- [9] L. C. Barrett, *Advanced Engineering Mathematics*, pp. 336-337, McGraw Hill, 1955.