

스플라인 보간법을 이용한 스캔 변환기 설계

이범근, 권영민, 정연모
경희대학교 전자공학과

DESIGN OF A SCAN CONVERTER USING SPLINE INTERPOLATION

Beom-Geun Lee, Young-Min Kwon, 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 to a target format. Circuits for the conversion has 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.

1. 서론

PC에서 출력되는 비디오 신호 모드는 VGA, SVGA, XGA 등과 같이 다양한데 비해서 프로젝션 모니터를 포함한 TV 모니터는 위의 모드들 중에서 하나 또는 NTSC, PAL 모드로 제한이 됨에 따라 PC의 영상을 TV 모니터로 출력하는데 문제가 발생한다. 따라서 이와 같이 PC에서 나올 수 있는 다양한 비디오 신호 포맷을 변환 시켜주는 스캔 변환기에 대한 연구와 개발이 요구되고 있다. 즉, PC로부터 입력되는 다양한 종류의 비디오 신호를 원하는 디스플레이 장치에 맞는 포맷으로 변환시키는 것이 필요하며, 이와 같은 기능을 수행하기 위한 것이 스캔 변환기(scan converter)이다[2,4].

지금까지의 스캔 변환기는 입력과 출력 비디오 신호 포맷간의 차이에서 생기는 여분의 신호를

일정한 간격으로 빼는 방식을 사용하고 있다. 여기서는 변환된 비디오 신호는 계단 모양의 층이 생기는 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제를 개선하기 위해서 다양한 보간법을 적용한 스캔 변환기에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다 [2,4].

기존의 영차보간법(zero order interpolation)이나 선형 보간법(linear interpolation)을 이용한 스캔 변환기는 윤곽선에서의 원하지 않는 계단형 일그러짐 현상과 윤곽선의 흐려짐 현상이 나타난다. 본 논문에서는 두 포인트간의 값들의 연관성을 보다 더 정확히 산출할 수 있는 스플라인 보간법을 적용하여 위 문제를 최소화할 수 있는 변환 기법을 제안하였다.

2. 보간법

스캔 변환 과정에서 포맷의 불일치로 인한 새로운 픽셀의 생성이 필요할 경우 주변의 픽셀들을 참조하여 새로운 픽셀을 만드는 과정에서 보간법을 이용한다. 스캔 변환과정에서 사용되는 보간법으로는 영차 보간법(zero-order interpolation), 선형 보간법(linear interpolation), 양 선형 보간법(bilinear interpolation) 등과 본 논문에서 구현하고자 하는 스플라인 보간법(spline interpolation)에 대해서 구체적으로 설명하기로 한다.

2.1 영차 보간법

출력 픽셀이 생성될 위치에서 가장 가까운 원시 픽셀을 할당하는 방법이다. 이 방법은 간단하기 때문에 처리속도 및 하드웨어 구현이 쉽지만 가장 가까운 픽셀을 할당함으로써 원래의 화상이 크게 변하는 결과를 가져올 수 있다. 새로운 픽셀 값이 계산될 수 없기 때문에 모든 출력에 대응하는 픽셀값들은 입력 픽셀에서 찾을 수밖에 없다. 따라서 출력 픽셀은 픽셀 단위들만큼의 오류를 가질 수 있다. 따라서 톱니 모양으로 알려진 블록함(blockiness)이 출력에 나타날 수 있다.

2.2 선형 보간법

선형 보간법은 단순히 두 점에 의하여 이루어지는 직선을 이용하여 그 사이 값들을 얻어내는 방식이다. 임의의 두 점을 지나는 직선의 방정식을 사용하여 보간된 픽셀값을 구한다. 선형 보간법은 적용 가능 범위내의 값들이 선형적으로 변하는 경우에만 좋은 결과를 얻을 수 있으며 그 외의 대부분의 경우는 왜곡된 결과 값을 가져오기 쉽다. 하지만 구현이 쉬운 관계로 인하여 여러 하드웨어에서 보간값을 구하고자 할 때 많이 사용된다.

2.3 스플라인 보간법

3차 spline 보간법에서는 두 개의 이웃하는 데이터 사이에 3차 다항식이 사용된다. 변하고자 하는 기준점을 일정간격이 떨어진 좌우 점의 값과 기울기를 이용하여 3차 다항식을 구하는 방식이

다. 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 j 에서의 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 [10]에서 참고하기 바란다.

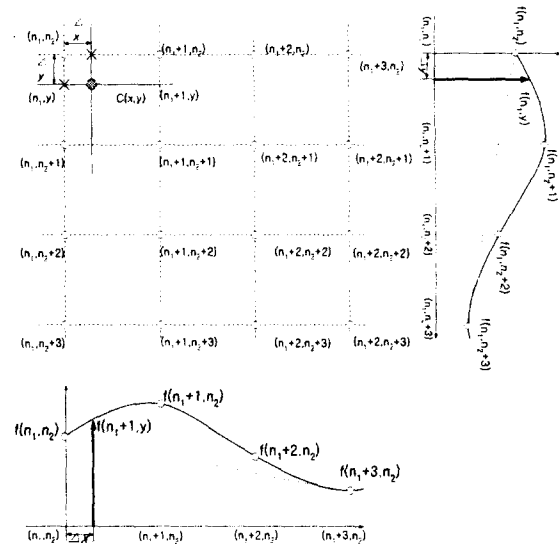


그림 1. 스플라인 보간의 예

Fig. 1. An example of spline interpolation

스플라인 보간의 수행은 그림 1과 같다. 점 $C(x, y)$ 는 목표 비디오 포맷상의 보간이 수행되어야 할 점이다. 이 점을 둘러싼 4점 (n_1, n_2) , (n_1+1, n_2) , (n_1, n_2+1) , (n_1+1, n_2+1) 을 포함한 16점에서의 픽셀 값과 위치데이터 Δx , Δy , 그리고 참조되는 두 픽셀간의 스플라인 함수의 계수 a 값들을 계산하여 스플라인 보간이 수행된다.

먼저 각 라인의 4개의 픽셀 값들을 이용한 보간이 이루어지고 각 라인의 첫 구간에서 Δx 에 따라 보간된 값들을 연산하여 수직으로 스플라인 보간이 이루어진다. 수직스플라인 함수 중 첫 구

간에서 Δy 를 대입하면 $C(x, y)$ 에서의 최종 보간 결과인 픽셀값 $f_c(x, y)$ 의 값을 구할 수 있다. 이때 다섯 번의 보간 과정에서 주어지는 계수 값들은 두 픽셀 값의 차이에 따라 각각 다르게 주어지게 된다. 즉, 참조되는 두 픽셀이 나타내는 값의 연관성에 따라 보간은 다르게 적용된다.

3. 구현 및 결과

스캔 변환기는 그림 2와 같이 다양한 비디오 신호의 모드를 검출하는 모드 검출기, 프레임 주파수 제어기(frame rate controller), 프레임을 저장하기 위한 프레임 메모리 및 라인 메모리, 스플라인 보간법을 적용시킨 스플라인 보간 연산부, 수평, 수직 동기신호를 만들어 내는 동기신호 발생기로 구성된다.

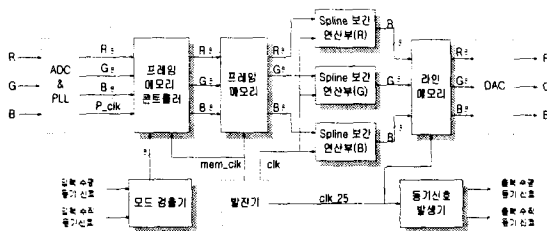


그림 2. 스캔변환기 전체 블록도

Fig. 2 Block diagram of the scan converter

그림 3은 포맷 변환기를 스키메틱으로 디자인한 전체 회로도이다

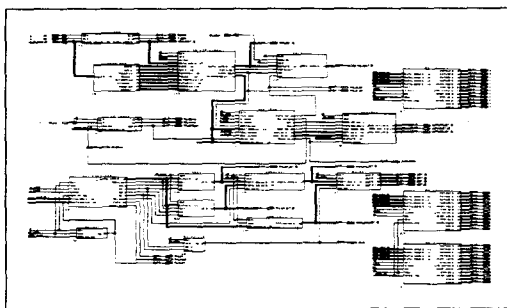


그림 3. 스캔변환기 전체 블록도

Fig. 3 Detailed block diagram of the scan converter

3.1 모드 검출기

다양한 비디오 모드를 검출하기 위해 수직 동기신호가 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 바꾸어준다.

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.

프레임 메모리로 입력되는 데이터는 연속적이므로 메모리의 읽기, 쓰기 동작의 시간적 여유를 두기 위해 짝수 번째, 홀수 번째 프레임을 위한 2개의 메모리를 사용한 메모리 인터리빙 기법을 사용하여 설계하였다. 즉, 짝수 번째, 홀수 번째 프레임 메모리에 각각 쓰기 동작이 끝나면 변화될 프레임 주파수에 맞추어 두 메모리로부터 읽기 동작이 수행된다.

3.3 동기신호 발생기

동기신호 발생기는 동기 신호 생성에 필요한 데이터들을 가지고 있는 블록과 동기신호를 생성하는 블록으로 구성되며 동기 신호의 특성인 sync의 크기, 영상의 총 픽셀 수, 상하 porch, 좌우 porch등을 고려한 데이터들을 이용하여 수직 및 수평 동기신호를 생성한다.

3.4 스플라인 보간 연산부

스플라인 보간 연산부는 그림 4와 같이 프레임 메모리로부터 순차적으로 각 라인의 데이터를 받아 라인별로 스플라인 보간을 수행하고 그 데이터 값을 각각의 FIFO에 저장한다. 처음 4개의 라인이 보간이 이루어지고 각각의 FIFO에 차례로 저장되면 다섯 번째 라인부터는 FIFO4에 저장되며 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 최종

값을 나타낸다. 이러한 값들을 보간을 수행하는 두 개의 스플라인 ALU블록으로 구성된다.

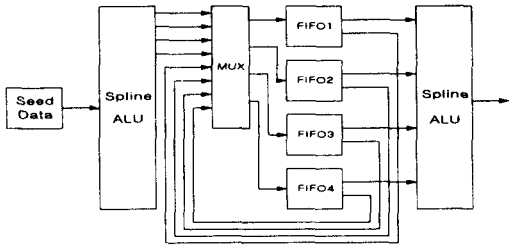


그림 4. 스플라인 보간 연산부

Fig. 4. Block diagram for spline interpolation

그림 5는 스플라인 ALU블록을 자세히 나타내었다. 이 블록의 ALU는 스플라인 함수의 계수 a 의 값을 입력되는 Seed Data에 따라 연산하여 출력한다. 그리고 ROM 테이블은 해상도의 차이에서 발생하는 각각 픽셀의 위치(Δx , Δy)를 계산하여 저장하였다. 수평라인이나 수직라인은 똑같은 비율로 계산되므로 x 의 값만을 저장 출력되는데 이 값들은 Multiplier에서 계수와 곱해지고 최종적으로 각각에 대해 더해진 보간된 값이 출력된다.

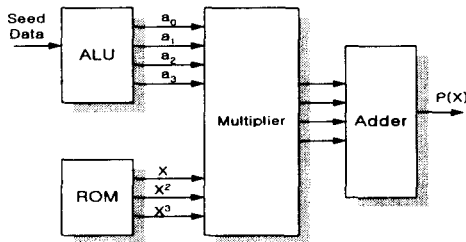


그림 5. 스플라인 ALU 블록

Fig. 5 Block diagram of spline ALU

그림 6은 스플라인 ALU블록을 스키메틱으로 디자인한 회로도이다

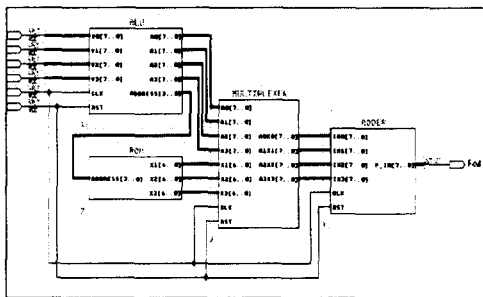


그림 6. 스플라인 ALU 블록 회로도

Fig. 6. Detailed block diagram of Spline ALU

스플라인 보간을 위해 사용한 함수의 계수 값은 입력되는 네 점에 의해 ALU블럭에서 연산하여 출력하였다. 또 ALU블럭에서 Δx 에 대한 값을 저장한 ROM의 address를 출력하게 하였다. 이들 값들을 이용하여 multiplier와 adder를 수행하면서 보간이 이루어진다.

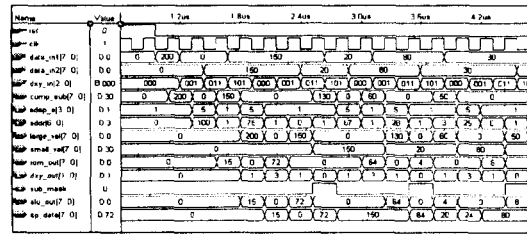


그림 7. 스플라인 ALU 블록 시물레이션

Fig. 7 Simulation of spline ALU block

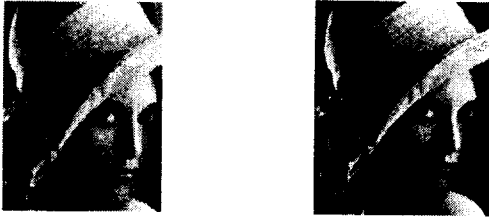
이웃 픽셀들의 연관성을 고려하여 윤곽선을 개선한 스플라인 보간법은 실험 검증을 통해 비교 분석하였다. 800×600 화상을 640×480 화상으로 변환시키는 실험을 위해 lena화상을 이용하여 실험한 결과를 그림 11에서 보여주고 있다. 그림 6(a)은 800×600 의 원시 화상을 나타내고, 그림 6(b)은 영차 보간일 때의 보간 결과를 나타낸 것으로 참조되는 두 점들 중 가까운 값을 취함으로써 인한 흐려짐 현상을 보인다. 그림 6(c)은 선형보간법을 이용할 때의 보간 결과를 보인 것으로 심한 계단형 일그러짐 현상을 보인다. 그림 6(d)은 스플라인 보간 결과를 나타낸 것으로 두 경우에 비해 시각적 거의 원래 화상이 가깝게 변환되는 것을 볼 수 있다.



(a) original image



(b) zero order interpolation



(c) linear interpolation (d) spline interpolation

그림 6 컴퓨터 모의 실험결과

Fig. 6 Experimental results

5. 결론

본 논문은 스플라인 보간법을 이용한 스캔변환기를 설계하는 것을 제안하였다. 출력 화상은 입력화상의 각각 픽셀에 대한 연관성을 판단하여 스플라인 보간을 수행하도록 하여 윤곽선 부분의 시각적인 화질 개선을 모의실험을 통해 확인 할 수 있었으며 스플라인 보간법을 이용하며 이웃하는 16 개의 픽셀 값을 참조하여 그에 해당하는 값이 출력되고 픽셀의 위치값을 ROM 테이블을 미리 저장하여 참조하도록 함으로써 기존의 화질 보다 개선되고 시스템의 연산속도 또한 개선되도록 제안하였다.

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 나타나지 않음을 알 수 있었다.

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

참 고 문 헌

- [1] 오재곤, "보간법을 이용한 디지털 컨버전스에 관한 연구", 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, 오재곤, 정연모, "적응적 바이시그모이드 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, 오재곤, 정연모, "멀티싱크를 위한 디지털 컨버전스 시스템", 대한전자공학회 CAD 및 VLSI 설계 연구회 학술발표회 논문집, pp.113-117, 1998.
- [8] 이재준, 홍주선, 정연모, "A Scan Converter Four Porjection Monitors", *CMEW'98*, pp.33-38, Mar. 1998.
- [9] 홍주선, 이재준, 정연모, "An Automatic Video Mode Detector" *CMEW'98*, pp.77-81, Mar. 1998.
- [10] L. C. Barrett, *Advanced Engineering Mathematics*, pp. 336-337, McGraw Hill, 1955.