

모바일 3차원 그래픽을 위한 조명 연산 엔진 설계

*김대경, **김은민, **이찬호

*(주) 카이로넷

**송실대학교 전자공학과

e-mail : *paleviolet@ssu.ac.kr, **toto81c@ssu.ac.kr, **chlee@ssu.ac.kr

Design of a Lighting Engine for Mobile 3D Graphics

*Daekyung Kim, **Eunmin Kim, **Chanho Lee

*XRONet

**Department of Electronic Engineering, Soongsil Universtisy

Abstract

We propose an architecture for a lighting engine for mobile 3D graphics. The proposed architecture has a variable pipeline depending on lighting effects and the number of lighting sources so that unnecessary operations and power consumption are minimized. We design a lighting engine based on the proposed architecture using Verilog-HDL and synthesized it using a 0.25um CMOS standard cell library at 100MHz. The synthesis results show that it occupies 180,000 and 260,000 gates for 24bit and 32bit formats, respectively.

I. 서론

3차원 객체를 보다 현실적으로 표현하기 위해서는 색상 변화를 연산해 주는 조명 연산 엔진이 필요하다[1]. 조명 연산은 광원의 수와 조명 효과에 따라 연산량의 차이가 매우 커서 3차원 그래픽 연산의 파이프라인 설계가 까다롭다. 본 논문에서는 OpenGL ES를 만족하는 가변 파이프라인 구조를 제안한다. 제안하는 조명 연산 엔진 구조는 광원의 수 및 효과에 따른 파이프라인 단계를 가변적으로 변화할 수 있도록 설계하여 각종 조명 효과에 따른 잠복기와 소모되는 전력을 최소화 할 수 있다. 또한 IEEE-754 단정도 및 모바일 환경을 위해 이를 축소한 24 bit 부동소수점 포맷을 지원한다. 제안된 구조에 따라 조명 연산 엔진을 Verilog-HDL을 이용하여 설계하고 검증하였다.

II. 본론

조명연산은 광원이 갖는 효과에 따라 연산량이 달라지는 특징을 보일 뿐 아니라 광원의 수가 증가할 경우에도 증가되는 광원의 효과에 따라 연산량의 증가를 보인다. 이러한 특징으로 인하여 조명연산은 기하변환 단계에서 가장 많은 연산량과 가장 긴 잠복기를 갖는다. 하지만 언제나 광원이 모든 조명 효과를 갖는 것은 아니기 때문에 조명연산 시 항상 모든 연산과정을 필요로 하지는 않는다. 예를 들면 광원이 주변광 효과만을 갖는 경우는 광원 상수와 재질 상수의 곱셈만으로 조명연산이 이루어지기 때문에 확산광, 반사광, 집중 조명 성분 등은 연산할 필요가 없게 된다. 이와 같이 조명연산은 광원의 효과에 따라 필요로 하는 연산이 다르기 때문에 전체 연산을 파이프라인으로 구성했을 경우 불필요한 연산 사이클을 갖고 이에 따른 전력을 소모하게 된다. 본 논문에서는 조명연산 엔진의 잠복기를 최소화하기 위해 1 사이클 만에 결과를 출력하는 초월함수 연산기를 설계하여 사용하였으며, 효율적인 동작을 위해 조명연산 전 과정을 파이프라인으로 구성하였다. 조명연산 과정은 광원의 수와 효과에 따라 연산되는 양이 달라지기 때문에 소비 전력을 최소화하고 연산량 또한 줄일 수 있도록 광원의 수와 효과에 따라 가변적인 파이프라인을 갖도록 한다.

조명연산 엔진은 그림 1과 같이 상태 레지스터와 광원 및 재질 상수를 저장하는 레지스터 파일을 가지며 법선벡터 변환 유닛, 광원 벡터 연산 유닛, 하프 벡터 연산 유닛, 확산광, 반사광 그리고 집중 광원 각각을

위한 감쇠효과 유닛 등의 내부 파이프라인을 갖는 서브 모듈들로 이루어져 있으며 가변적인 파이프라인을 위하여 직접 출력이 가능하도록 설계된 주변광, 확산광 그리고 반사광의 각 광원 효과 성분의 최종 연산을 위한 곱셈기와 최종 색상을 연산하기 위한 덧셈기로 구성된다. 그림 1의 입력 및 흐름 제어 유닛은 광원 효과를 나타내는 상태 레지스터의 정보를 통하여 각 서브 유닛들의 동작 여부를 결정함으로써 조명연산 엔진의 잠복기 및 소비 전력을 최소화 할 수 있도록 한다.

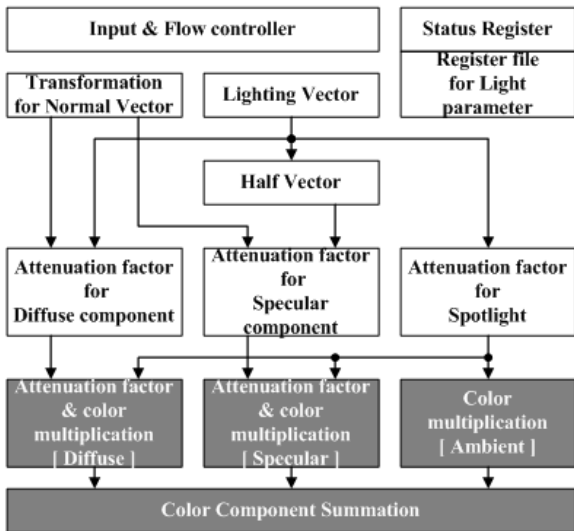


그림 1. 조명연산 엔진 구조

표1은 광원의 효과에 따른 조명연산 엔진 파이프라인의 변화를 보인다. 단일 광원이 존재할 때 주변광 효과만 있는 경우는 3 사이클의 잠복기를, 확산광 효과만 있는 경우는 12 사이클의 잠복기를, 반사광 효과만 있는 경우는 21 사이클의 잠복기를 갖는다. 광원이 하나일 경우 매 3 사이클 마다 하나의 색상 값을 출력할 수 있으며 광원이 여러 개일 경우는 해당 광원 효과와 수에 의한 잠복기에 전체 누산 연산의 1 사이클이 추가한 잠복기를 가지며 매 (광원의 수)*3 사이클마다 하나의 색상 값을 출력한다.

III. 설계 및 구현

제안된 구조에 따라 조명연산 엔진을 Verilog-HDL을 이용하여 설계하였다. Simulation을 통해 잠복기 및 처리량을 확인하고 조명연산을 완료한 데이터를 파일로 출력하여 C 모델링 결과의 데이터와 동일한 값이 출력되는 것을 확인하였다. 또한 Synopsys Design Compiler와 0.25um 공정을 이용하여 100MHz 동작을 목표로 합성한 결과 조명연산 엔진의 면적은 24 bit 연

표 1. 조명 효과 및 광원의 수에 따른 잠복기와 처리량

단일 광원의 경우			처리량 [cycles/ color]
	잠복기[cycles]		
	집중조명광원 미포함	집중조명광원 포함	3
주변광	3	13	
확산광	12	13	
반사광	20	21	
주변광+확산광	13	14	
주변광+반사광	21	22	
확산광+반사광	21	22	
주변광+확산광+ 반사광	21	22	
다수 광원의 경우			3*(광원의 수) 의 수)
	(단일 광원의 잠복기+1) +(3*(광원의 수-1))		

산의 경우 약 180,000 게이트, 32 bit 연산인 경우 약 260,000 게이트를 차지함을 확인하였다. 설계된 엔진의 성능은 100MHz 동작에서 단일 광원의 경우 초당 약 3,300만개의 색상정보를 출력할 수 있고, 8개의 광원이 모두 적용될 경우 초당 약 400만개의 색상정보를 출력할 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 광원의 수 및 효과에 따라 가변적인 파이프라인 구조를 갖는 조명연산 엔진을 설계하였고 0.25um 공정에서 합성했을 때 24bit일 경우 180,000게이트를, 32 bit일 경우 약 260,000 게이트를 갖고 100MHz에서 동작이 가능하며 단일 광원의 경우 최대 초당 약 3,300만개의 정점 당 색상정보를 출력할 수 있으며 8개의 광원이 모두 적용될 경우 초당 약 400만개의 정점 당 색상정보를 출력할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 서울시 산학연 협력사업과 ETRI SoC산업진흥센터에서 수행한 ITSOC 핵심설계인력양성사업의 지원을 받았으며 IDEC의 SW 툴을 지원 받았습니다.

참고문헌

[1] Tomas Akenine-Moller and Eric Haines, "REAL-TIME RENDERING," A K Peters, pp. 67-84, 2002
 [2] Bor-Sung Liang and Chein-Wei Jen, "Computation-effective 3-D graphics rendering architecture for embedded multimedia system," IEEE Trans. Consumer Electronics, Vol. 46, pp. 735-743, 2000