

CAD/CAM 시스템 개발을 위한 커널: 큐빅 커널

정연찬·박준철

(주)큐빅테크 DDM(Digital Die Manufacturing) Center

1. 서론

소프트웨어 시스템에서 커널(kernel)은 자동차의 엔진과 같이 시스템 내부의 가장 핵심적인 요소다. 기하형상(geometric shape)을 다루는 CAD/CAM 소프트웨어 시스템에서는 형상 모델링 커널(geometric modeling kernel)이 핵심 커널에 해당한다. 형상 모델링 커널은 기하형상을 정의하고 표현하거나 처리할 때 발생하는 수학적 연산을 담당한다. 널리 알려진 형상 모델링 커널로는 ACIS¹⁾, Parasolid²⁾, Design Base³⁾ 등과 같이 상용화 된 것이 있으며, Open CASCADE⁴⁾와 같이 소스가 공개된 것도 있다.

상용화된 형상 모델링 커널을 이용해서 응용 제품을 개발하는 데에는 몇 가지 어려움이 있다. 우선, 커널의 규모가 크고 복잡하다. 사용법이 복잡하거나 용도에 적합하지 않은 경우가 많으며, 개발자들이 커널을 제대로 이해하는 것이 상당한 부담으로 작용한다. 그리고 응용제품의 크기를 키우므로 전체적인 수행속도를 저하시키는 요인이 되기도 한다. 또한, 커널에서 제공되지 않는 새로운 기능의 구현 또는 버그 제거의 요청에 대한 재빠른 대응을 기대하기 힘든 것이 일반적이다. 특히, 개발된 제품을 상용화하는 경우에는 커널 사용료 혹은 기술료를 부담해야 한다. 한편, 일반적인 상용 형상 모델링 커널은 가공 데이터 생성에 관한 특별한 기능을 갖고 있지 않다. 따라서 가공 기능을 개발하는 경우 별도의 데이터 저장 구조와 처리 기능을 개발해야 한다.

큐빅 커널은 크게 '형상 커널'과 '가공 커널'로 구성되는데, 형상 커널은 개발 완료되어 몇몇 CAD/CAM 응용 소프트웨어에 사용되고 있으며, 가공 커널은 현재 개발중이다. '형상 커널(Geometric

Kernel)'은 복잡한 형상 모델링 기능을 지원하지 않는다. 형상을 저장할 그릇(객체 클래스)과 객체의 간단한 연산자만을 제공하는 가벼운 커널이다.

2. 커널의 구조 및 내용

2.1 커널의 전체적인 구조

커널은 Fig. 1에서 보듯이 계층적으로 구성되어 있다. 가장 아래쪽이 기초적인 계층이고 응용 계층이 최상위에 존재한다. 상위 계층에서는 아래쪽 계층의 연산자를 사용할 수 있으며, 아래쪽 계층의 객체를 상속해서 정의할 수도 있다. 그러나 그 역은 불가능하다. 응용 프로그램(applications)은 모든 계층의 요소 커널(component kernel)을 호출할 수 있다. 외부 CAD/CAM 시스템 혹은 외부 커널은 데이터 변환기(Translator)를 통해서 큐빅 커널과 데이터를 주고 받을 수 있다. 응용 프로그램은 큐빅 커널과 함께 타 CAD/CAM 시스템 혹은 커널을 토대로 개발할 수 있도록 고안되어 있다. '큐빅 가공 커널(Cubic Machining Kernel)'은 '큐빅 형상 커널'을 토대로 개발되고 있으며, 일부 구현

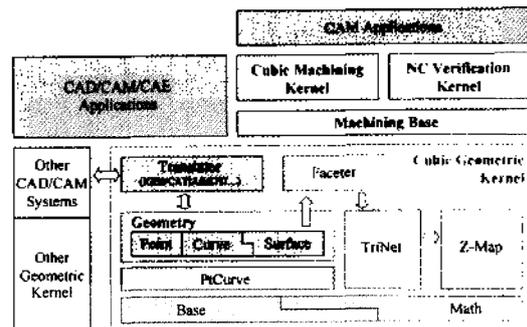


그림 1. Overall Structure of Cubic Kernel

된 내용은 이미 상용 시스템에 포함되어 그 안정성이 검증되고 있다.

2.1 기초(Base) 커널

'기초 커널'은 류빅 커널을 사용하기 위해서는 항상 포함되어야 하는 가장 기본적인 요소 커널이다. 기초 커널은 다음과 같은 내용을 포함하고 있다.

- 컴파일 환경에 따른 환경 설정문
- 상수(constant)
- 변수 타입(typedef)
- 기초 객체 클래스
- 컨테이너(container) 클래스
- 기초적인 인라인 함수(inline function)

컴파일 환경에 따라 달라지는 부분을 커널에서 고려하고 있기 때문에 MS-윈도, 유닉스 등의 운영 환경(OS)과 컴파일러(compiler)의 차이를 개발자가 고려할 필요가 없다. 또, 컴파일 환경에 독립적인 상수 및 변수 타입을 지원하고 있다. 기초 객체 클래스는 특정한 타입의 객체에 대한 공통 요소만 모아서 그 골격을 정의하는 추상(abstract) 클래스이다. 대표적인 예로는 화면에 그려지는 객체(Drawable Object), 이름이 있는 객체(Named Object), 파일 입출력이 가능한 객체(Writable Object) 등등이다. 이러한 추상 객체들은 상속 객체들의 일관성 있는 구현을 강제하기 때문에 여러 개발자들이 하나의 응용 프로그램을 개발하는 경우에도 일관성 있고 가독성(readability) 높은 프로그램을 구현할 수 있다. 컨테이너 클래스는 리스트(list)나 배열(array)과 같이 데이터를 저장할 수 있는 그릇이다. 컨테이너 클래스는 프로그래밍 표준화에 많은 비중을 두고 STL(Standard Template Library)⁶⁾을 기반으로 구현되었다. 따라서 쉽게 많은 관련 자료를 접할 수 있으며, STL의 많은 알고리즘을 그대로 이용할 수 있다.

2.2 수학(Math) 커널

수학 커널은 기초적인 수학 연산을 담당하며 주요 요소는 다음과 같다.

- 벡터(vector/position)
- 행렬(matrix)
- 기초 도형(basic geometric entities)
- 인라인 함수(inline function)

벡터 클래스는 2, 3, 4차원 벡터를 다루고 있으며, 4차원 벡터는 NURBS 곡선 혹은 곡면 계산을 위한 연산자만 지원한다. 이들 2, 3, 4차원 벡터는 일반적으로 CAD/CAM 응용 프로그램에서 자주 쓰이는 가장 기본적인 데이터 형식이기 때문에 계산 효율과 요구 메모리를 최적화 하였으며 디버깅이 용이한 구조를 갖추고 있다. 행렬은 일반적인 $M \times N$ 형의 일반적인 행렬과 함께 좌표 변환 행렬을 별도로 지원하는데, 자주 쓰이고 계산 속도가 중요한 좌표 변환 행렬은 별도의 최적 구조를 갖추고 있다. 수학 커널에서 지원하는 기초 도형은 직선, 선분, 타원, 평면, 베지어 곡선 등인데 이러한 간단한 기하 요소는 점, 곡선, 곡면을 모두 포함하는 기하 커널과 별도로 사용될 수 있다.

2.3 점열 곡선(PtCurve) 커널

점열 곡선은 점(point)들의 나열로 정의되는 곡선을 이다. 간단한 곡선 기능과 2차원 영역(region)의 기능으로 구분할 수 있는데, 곡선을 자르거나 붙이는 등의 일반적인 곡선 기능을 모두 지원한다. 또, 2차원 영역의 기능을 위해 영역의 내부/외부 판별 기능과 폐곡선의 방향(시계 방향 혹은 반시계 방향)을 판별하는 기능 등이 대표적인 예이다.

2.4 기하(Geometry) 커널

점, 곡선, 곡면의 세 요소로 구성되는데, 이들의 데이터를 관리하는 구조인 파트(part)와 모델(model)을 포함하고 있다. 파트는 점, 곡선, 곡면의 집합이며, 이들 파트의 집합이 모델이다. 모델은 조립품에 대응하고 파트는 부품에 해당하는 개념으로 볼 수 있다.

곡선 및 곡면의 형태로는 NURBS⁸⁾ 뿐만 아니라 다양한 매개변수식 곡선 및 곡면이 지원한다. 이러한 구조는 외부에서 입력되는 다양한 형태의 곡선, 곡면을 임시로 저장하거나 처리할 수 있게 해준다. 또, 모든 곡선, 곡면은 NURBS로 변환할 수 있다. 기하 커널에서 지원하는 곡선과 곡면의 형식은 다음과 같다.

- 곡선: Line / Elliptic Arc / PtCurve / Bezier / Power-basis Polynomial / NURBS / Composite
- 곡면: Plane / Bezier / Power-basis Polynomial / NURBS

곡선에서 복합(composite) 곡선은 연결된 다양한 형식의 곡선을 하나의 곡선으로 표현할 수 있도록 해준다. 곡면은 모든 형식의 곡면을 기초 곡면(base surface)으로 하는 재단(trimmed) 곡면을 지원한다.

2.5 삼각망(TriNet) 커널

삼각망은 삼각형의 집합이라고 할 수 있는데, 곡면의 렌더링과 가공 데이터 생성을 위한 CL 면으로 사용되며 최근에는 RP(Rapid Prototyping)와 곡면의 역공학(Reverse Engineering)에 사용되고 있다. 커널의 기능으로는 STL(Stereo Lithography) 데이터의 입출력, 삼각형의 공유정점을 빠르게 결합하는 기능, 삼각망과 평면과의 교선 계산 및 삼각망의 렌더링 기능 등이 있다.

2.6 Z-Map 커널

Z-Map은 곡면의 높이(z 값)를 2차원 배열 형태로 가지는 데이터인데, 가공 데이터의 모의 가공과 검증에 널리 쓰이는 데이터 구조이다. 커널의 관련 API(application protocol interface)를 이용하면 IGES 등의 다양한 CAD 데이터로부터 쉽게 Z-Map 모델을 구성할 수 있다. 기본적인 연산자로 두개의 Z-Map 모델을 더하거나, 빼는 기능이 있으며, 고급 기능으로는 삼각망 모델에서 Z-Map 모델을 얻는 기능과 오프셋, 렌더링 기능 등이 있다.

2.7 데이터 변환기

대표적 표준 중립 파일인 IGES⁵⁹⁾를 읽고 쓸 수 있으며, 상용 CAD/CAM 시스템에서 데이터를 가져올 수 있는데, 현재 지원하는 상용 CAD/CAM 시스템으로는 CATIA¹⁰⁾, SolidWorks, MDT 등이 있다. IGES 입력기의 경우에는 타 CAD/CAM 시스템에서 비정상적으로 쓰여진 파일의 경우에 대처할 수 있는 기능이 있다.

2.8 삼각화(Faceter) 커널

곡면을 삼각망으로 만드는 커널이며, 기본적으로 입력된 공차를 만족하도록 삼각망을 생성하며 삼각형 변의 최대 혹은 최소 길이를 조절할 수 있다. 곡면의 경계 곡선(trimming boundary)은 별도의 공차로 점열화 할 수 있기 때문에 두 곡면이 경계

곡선을 공유하고 있는 경우에는 삼각형의 정점을 공유하는 삼각망을 생성할 수 있다. 이 커널을 이용해서 곡면을 렌더링 하거나 Z-Map 곡면을 만들기 위한 삼각망을 만들 수 있다. 만들어지는 삼각형을 일부 수정하면 박판 성형 해석에 사용하는 삼각형 메쉬(mesh)로 쓸 수도 있다. 이 커널은 타 시스템 혹은 커널에 비해 월등히 안정적인 성능을 보이는데, 곡면의 미분값(derivatives)에 의존하는 방법을 쓰지 않기 때문이다.

2.9 가공 커널(Machining Kernel)

가공 커널은 CL면(Cutter Location Surface)에 의존적인 모듈과 독립적인 모듈로 구분되는데, 현재 개발 완료된 기능은 스캐닝 방식의 황삭, 2차원 및 3차원 포켓팅, 등고선 가공, 프로파일 가공 등의 CL면 독립적인 모듈들이다.

2.10 NC 검증 커널(NC Verification Kernel)

Z-Map에 기초한 가공 데이터의 모의 가공과 검증을 지원하는 커널이다. 모의 가공에 사용할 수 있는 공구는 볼(Ball), 플랫(Flat), 테이퍼(Taper), 라운드(Round) 엔드밀 등이 있다. 모의 가공된 형상의 검증을 위해 단면 생성과 과미삭 Z-Map 생성 기능 등이 있다.

3. 다큐먼트

큐빅 커널은 가능한 별도의 문서와 설명이 필요 없도록 구현되어 있으며, 대부분의 경우 헤더 파일 만으로도 충분히 응용 프로그램의 개발이 가능하다. 많은 데이터를 처리하는 리스트(list), 배열(array), 트리(tree) 등은 표준화된 STL(Standard Template Library)를 사용하고 있기 때문에 컴파일러에서 제공하는 풍부한 도움말을 참조할 수 있으며 인터넷에서도 관련 정보를 쉽게 얻을 수 있다. 별도의 설명이 필요한 경우에는 Fig. 2와 같은 HTML 형식의 온라인 문서를 제공하고 있는데, 클래스의 구조(hierarchy)를 쉽게 확인할 수 있으며 그 구조를 따라가며 문서를 볼 수도 있다. 이것을 통해 개발자는 사용하려는 클래스의 상위 클래스와 하위 클래스를 쉽게 확인할 수 있고, 각 클래스의 함수들과 사용법을 찾아볼 수 있다.

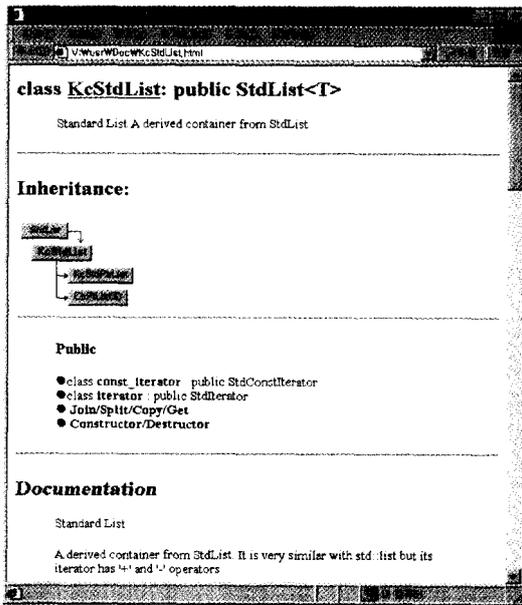


그림 2. Example of Online Documents

4. 결 론

CAD/CAM 응용 시스템 개발을 위해 특화된 기능을 가진 가벼운 '큐빅 커널'의 전반적인 내용을 소개하였다. '큐빅 커널'은 회사 내외부의 여러 CAD/CAM 관련 상용 제품^{12,13}에 이식되어 성공적

으로 사용되고 있으며, 최근에는 학교에서 연구용으로 쓰이고 있다.

참고문헌

1. <http://www.spatial.com>
2. <http://www.parasolid.com>
3. <http://www.ricoh.co.jp/designbase>
4. <http://www.opencascade.com>
5. R. J. Gault, P. A. Sherar (Eds.), Improving the Performance of Neutral File Data Transfers, Springer-Verlag, 1987
6. D. R. Musser and Atul Saini, STL Tutorial and Reference Guide: C++ Programming with the Standard Template Library, Addison-Wesley, Reading, MA, 1996
7. Byoung K. Choi., Surface Modeling for CAD/CAM, Elsevier, 1991
8. Les Piegl and Wayne Tiller, The NURBS Book, Springer, 1995
9. The Initial Graphis Exchange Specification (IGES) Version 5.2, IGES/PDES Organization, 1993
10. <http://www.catia.com>
11. <http://www.zib.de/Visual/software/doc++>
12. <http://www.cubictek.com>
13. <http://www.ets-soft.com>