

복합 곡면의 다면체 곡면 근사

Approximation of a compound surface to polyhedral model

김 영 일, 전 차 수
경상대학교 산업공학과
조 규 갑
부산대학교 산업공학과

Abstract

Presented in this study is an algorithmic procedure to obtain polyhedral model from a compound surface. The compound surface in this study denotes a collection of trimmed surfaces without topological relations. The procedure consists of two main modules: CAD data interface, and surface conversion to polyhedral model. The interface module gets geometric information from CAD databases, and makes topological information by scanning the geometric information. We are investigating CATIA system as a data source system.

In the surface conversion module, a shell(compound surface with topological information) is approximated to a triangular-faceted polyhedral surface model through node sampling and triangulation steps. The obtained polyhedral model should obey the vertex-to-vertex rule and meet tolerance requirements. Since the polyhedral model has a simple data structure and geometry processing for it is very efficient and robust, the polyhedral model can be used in various applications, such as surface rendering in computer graphics, FEM model for engineering analysis, CAPP for surface machining, data generation for SLA, and NC tool

path generation.

1. 서론

지금까지 복합곡면의 근사 모델에 관해서는 유한 요소 생성[2], SLA의 STL 데이터 생성[3], 그리고 공구 간섭이 없는 공구 경로 생성[4][7] 등의 여러 분야에서 많은 연구가 있어 왔다.

본 연구에서 다룬 복합곡면의 다면체 곡면의 변환 모듈의 처리 절차는 그림 1과 같다. CAD 데이터로부터 기하학적 정보를 얻고 이 정보로부터 위상학적 정보를 도출한다. 위상학적 정보를 가진 복합곡면의 다면체 모델 변환은 경계 노드 샘플링 단계와 내부 노드 샘플링과 triangulation의 단계로 나누어지며, 경계 노드 샘플링 단계에서는 서로 인접하는 face들에 대해서는 위상학적 정보를 이용하여 공유 관계를 파악한 다음 같은 edge에서는 한 번의 노드 샘플링을 함으로써 vertex-to-vertex rule을 만족시킨다. 다음 단계에서는 순차적으로 내부 노드를 샘플링해 나가면서 face 단위별로 triangulation을 행한다. 초기 다면체 모델이 만들어지면 전체 다면체 모델에 대한 optimization을 행한다.

2. CAD 데이터 인터페이스

본 연구에서의 CAD 데이터 인터페이스 과정의 핵심은 위상학적 정보의 도출이다. STEP이나 IGES 버전 5.2이상에서부터는 B-Rep 엔티티를 지원하고 있으나 아직까지

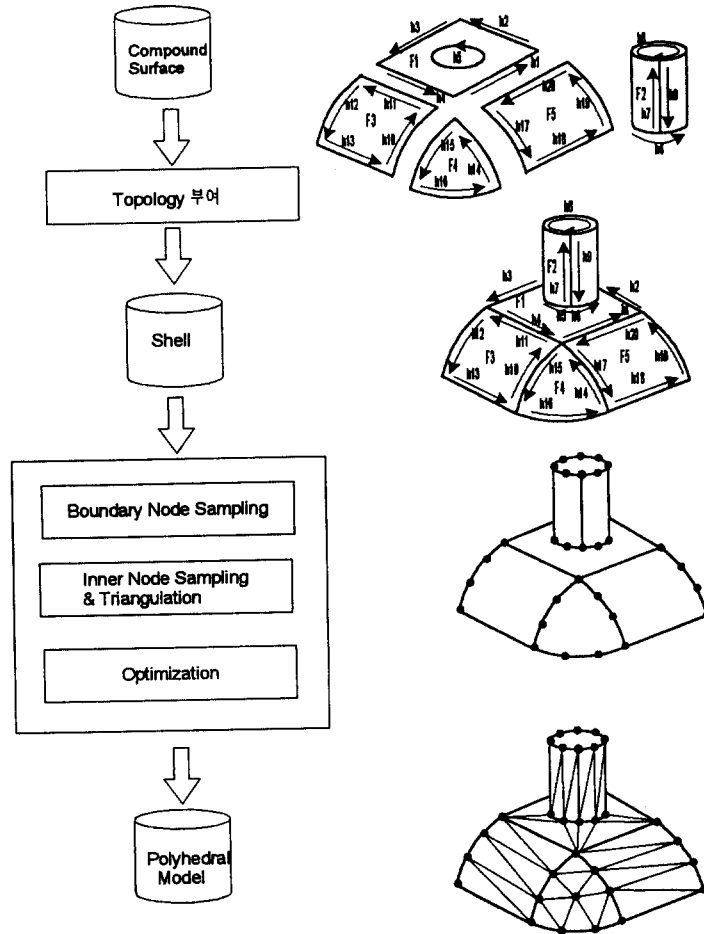


그림 1 복합곡면의 다면체곡면의 변환모델 절차

많은 상용시스템들이 Curve/Surface 엔터티 등 기하학적 정보만을 지원하고 있다. CATIA의 exact solid 경우에도 정확한 위상학적 정보를 출력해 내기가 어렵다. 이러한 현실을 고려하여 본 연구에서는 CAD system으로부터 기하학적 정보를 입력받아 위상정보를 찾는 과정을 수행하였다. 본 연구에서는 CATIA의 데이터베이스를 access하여 Z-master에서 필요한 기하 요소들을 추출하여 ZES file형식으로 출력된 CAD 데이터를 사용하였다[6].

2.1 자료구조

본 연구에서 다루는 shell은 위상학적 정보를 갖는 복합곡면으로서 B-Rep solid의 half-edge 데이터 구조[1]를 사용한다. 그런데 이 shell은 closed이거나 open일 수도 있다.

2.2 위상학적 정보 도출

ZES에서는 face의 loop을 구성하는 edge의 방향이 일정하지 않고, 데이터 입력의 순서가 edge들의 연결순서와 다른 경우도 있다. 따라서 먼저 연결순서가 다른 edge들을 순서대로 sorting한다. 다음은 edge들의 방향을 일정하게 해서 loop의 방향성을 갖게 하는 것인데 이것은 face 개별로 하지 않고 shell 전체에 대하여 순차적으로 할 수 있다. 이것은 많은 기어들이 물려 있는 상황에서 특정 기어를 일정한 방향으로 돌리면 인접한 순서대로 다른 기어들도 방향성을 가지게 되고 각각이 가지는 방향성은 본 연구에서의 데이터 구조인 half-edge 데이터 구조와 일치하게 된다.

두 개의 face들의 공유edge를 찾는 문제는 위에서 언급한 방향성 부여의 과정에서 동시에 고려된다. 즉 일정한 방향이 정해진 loop에 대하여 그것을 이루는 edge들의

partner edge를 찾고 edge들의 방향과 반대 방향으로 설정하여 half-edge 구조에 부합되게 한다. 이 때 만약 partner edge가 소속된 loop의 방향이 정해지지 않았다면 partner edge의 방향이 loop의 방향이 된다.

3. 복합곡면의 다면체 곡면으로의 변환

3.1 경계 노드 샘플링

근사 모델로의 전환에서 가장 중요한 단계 중의 하나가 노드 샘플링이다. 근사 모델의 필요조건은 곡면 모델과의 근사 오차를 최소화하는 것이다. 그러나 이 근사 오차를 너무 고려한 나머지 노드 샘플링을 너무 조밀하게 하면, 근사 모델을 이루는 단위 면들이 너무 많아져 필요한 메모리량이 많아지고 차후 processing의 계산량이 커진다. 반대로 샘플링한 노드의 수를 최소화시키는 데 주안점을 두면 곡면 근사 오차가 커질 수가 있다. 본 연구에서는 Tolerance cylinder 방식(5)을 이용하여 곡면 허용 오차를 만족시키는 범위 내에서 곡면을 표현하는데 필요한 노드들만을 샘플링 한다.

Face끼리의 공유edge에 대해서는 vertex-to-vertex rule을 만족하기 위해서 한 face의 edge에서 중복으로 노드를 샘플링하지 않아야 한다. 따라서 이웃 face에서도 샘플링된 노드들을 사용해야 한다. 그러나 본 연구에서의 triangulation은 domain 영역에서 하므로 샘플링된 노드들의 domain 값을 알아야 한다. 본 연구에서는 이 문제해결을 위하여 Curve/Plan intersection을 이용하였다.

3.2 내부 노드 샘플링과 Triangulation

Face 내부에서는 등매개곡선을 따라 노드를 샘플링 한다. 이때 곡면근사공차를 만족하도록 등매개 곡선간의 간격과 샘플링간격을 결정한다. 하나의 등매개 곡선을 따라 샘플링이 완료되면 이 노드들과 경계 노드들로 closed path를 형성하고 triangulation을 행한다. 그림 2는 face의 triangulation 과정을 보여 주고 있다. Closed path를 만들기 위해서는 2차원 상에서 loop와 직선과의 교점을 구하는 과정이 필요한데 곡선특성점의 성질을 이용하면 교점들을 효율적으로 구해 나갈 수 있다.

2차원 상의 특성점은 L최소점(LN), L최대점(LX), R최소점(RN), 그리고 R최대점(RX)의 4가지가 있다. 그림 3은곡

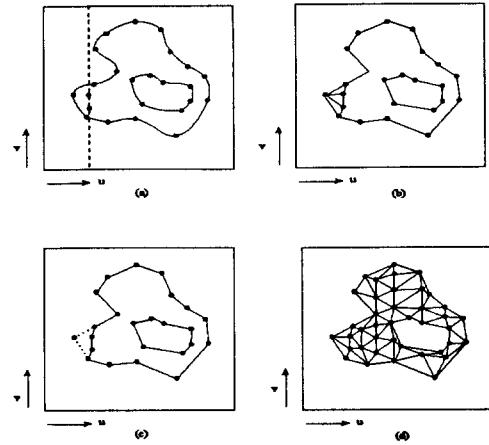


그림 2 Face의 triangulation

선특성점의 성질을 보여주고 있다. 예를 들어 L최소점은 샘플링경로를 생성시켜주는 역할을 한다.

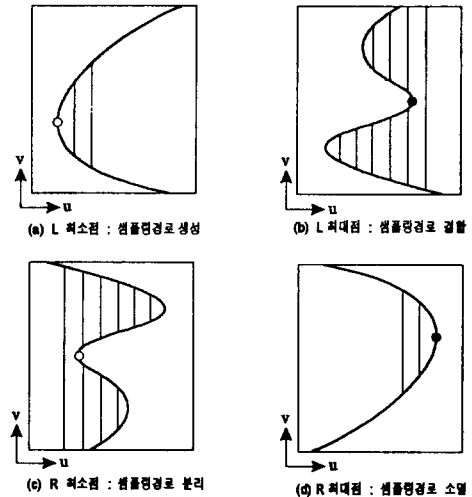


그림 3. 곡선특성점의 탐색

3.3 최적화 과정

shell에 대한 initial triangulation이 끝나면 optimization을 실행한다. 기존 triangulation에서의 최적 삼각망에 대한 기준을 살펴보면 최소각 최대화 기준과 평활도 기준 등이 있다. 그런데 본 연구의 다면체 형성 과정은 일반적인 triangulation의 대상이 되는 face에 대한 필요한 정보를 그대로 가지고 있기 때문에 위의 방법들과는 달리 삼각형의 edge에 대한 곡면과의 실거리 오차를 사용하여 곡면근사오차가 최소화 될 수 있도록 노드간의 연결을 조정한다.

4. 적용사례

본 연구에서 제안하는 알고리즘을 IBM PC 486에서 C로 프로그램 하였으며 이를 몇 가지 전형적인 곡면에 적용하였다. 그림 4(a)는 구의 일부분을, 그림 4(b)는 원뿔면의 일부분을, 그리고 그림 4(c)는 torus를 다면체 모델로 근사시킨 것이다. 그림 4(d)는 구와 원기둥, 그리고 평면으로 이루어진 복합곡면의 다면체 모델을 보여 주고 있다.

5. 결론 및 토의

본 연구에서는 CAD 데이터로부터 기하학적 정보를 얻고 그 정보로부터 위상학적 정보를 도출하여 복합곡면을 topology 정보를 이용해서 vertex-to-vertex rule과 허용 오차를 만족시키는 다면체 모델을 만들었다.

본 연구의 특징으로는 첫째, 주어진 기하학적 정보만으로 현실적으로 필요한 위상학적 정보를 도출하였으며, 둘째로 내부 노드 샘플링시 곡선특성점의 성질을 이용하여 효율적으로 샘플링경로를 구할 수 있었으며, 셋째로 face 단위로 순차적인 triangulation을 함으로써 boundary trimming 등의 불필요한 과정을 제거했다. 마지막으로 최적화 과정에

서는 face에 대한 정보를 이용하여 곡면과의 실거리 오차를 사용했다.

참고문헌

- [1] Mantyla, M. (1988), An introduction to solid modeling, computer science press 161-174.
- [2] 이진우(1994), 컴퓨터 그래픽과 CAD, 영지문화사 283-306.
- [3] 이우중, 이용한, 홍유석(1992), Rapid Prototyping System을 위한 형상 정보변환절차, 대한산업공학회지, 18(1), 63-80.
- [4] 이철수(1994), 자동차 판넬 금형의 NC 가공을 위한 공구 경로 생성, 한국자동차공학회논문집, 2(5), 74-84
- [5] 전차수(1989), 자유곡면 NC 가공에서의 공구간섭 방지, 한국과학기술원 박사 학위 논문.
- [6] 전차수(1996), CATIA 4.0 과 Z-Master 와의 Interface 프로그램 개발, 경상대학교 생산기술연구소
- [7] Hwang, J.S(1992), Interference free tool path generation in the NC machining of parametric compound surfaces, Computer Aided Desig, 24(12), 667-676.

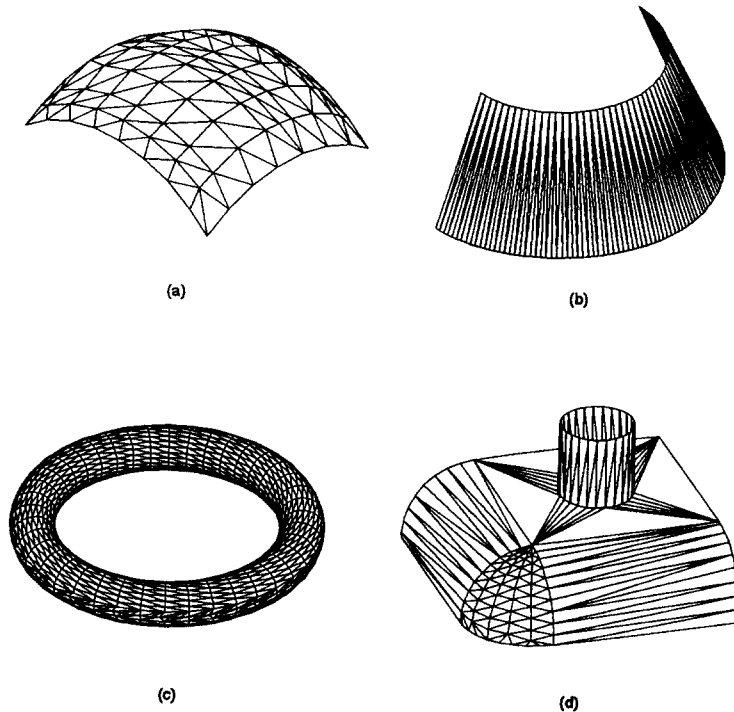


그림 4 적용 사례