



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년09월12일
(11) 등록번호 10-1439997
(24) 등록일자 2014년09월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 17/50 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0066041
(22) 출원일자 2013년06월10일
심사청구일자 2013년06월10일
(56) 선행기술조사문헌
US8244508 B1
US5537519 A
US20120173212 A1

(73) 특허권자
동아대학교 산학협력단
부산광역시 사하구 낙동대로550번길 37, 동아대학교 내 (하단동)
(72) 발명자
김병철
부산 해운대구 세실로 126, 102동 2102호 (좌동, 건영2차아파트)
윤여운
부산 사상구 백양대로 879, 102동 1206호 (모라동, 동원아파트)
(74) 대리인
오위환, 정기택

전체 청구항 수 : 총 7 항

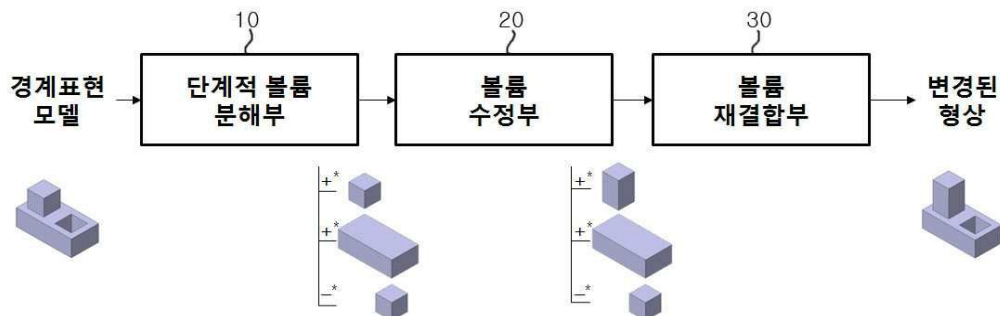
심사관 : 박승철

(54) 발명의 명칭 단계적 볼륨 분해를 이용한 CAD 모델 수정 시스템 및 방법

(57) 요약

본 발명은 경계표현법(boundary representation, b-rep)으로 표현된 형상 또는 CAD 모델을 수정하기 위한 단계적 볼륨 분해를 이용한 CAD 모델 수정 시스템 및 방법에 관한 것으로, 경계표현 모델로 표현된 원본 형상을 단위 볼륨으로 분해하는 단계적 볼륨 분해부; 단계적 볼륨 분해부에서 분해된 볼륨 중 수정을 원하는 볼륨을 이동, 회전, 확대/축소 변환을 이용해 변경하거나 삭제 및 복사하는 볼륨 수정부; 볼륨 수정부에서 변경이 완료된 분해된 볼륨들을 불리언 합(Boolean union) 연산을 이용해 다시 재결합하는 볼륨 재결합부;를 포함하는 것이다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

경계표현 모델로 표현된 원본 형상을 단위 볼륨으로 분해하는 단계적 볼륨 분해부;

단계적 볼륨 분해부에서 분해된 볼륨 중 수정을 원하는 볼륨을 이동, 회전, 확대/축소 변환을 이용해 변경하거나 삭제 및 복사하는 볼륨 수정부;

볼륨 수정부에서 변경이 완료된 분해된 볼륨들을 불리언 합(Boolean union) 연산을 이용해 다시 재결합하는 볼륨 재결합부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 단계적 볼륨 분해를 이용한 CAD 모델 수정 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 단계적 볼륨 분해부는,

경계표현 모델로 표현된 원본 형상에 있는 필렛(fillet), 라운드(round) 및 모따기 형상을 제거하는 필렛/라운드/모따기 제거부와,

랩어라운드 연산을 적용하여 형상을 분해하는 랩어라운드 연산부와,

볼륨 분할(volume split) 연산을 적용하여 형상을 분해하는 볼륨 분할부와,

셀 기반 분해(cell-based decomposition)방법을 사용하여 형상의 오목한 모서리를 찾고, 이를 공유하는 면들을 찾아 확장하여 형상을 셀(cell)로 분해하고 조합하는 볼륨 분해부를 포함하는 것을 특징으로 하는 단계적 볼륨 분해를 이용한 CAD 모델 수정 시스템.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 필렛/라운드/모따기 제거부에서,

필렛과 라운드가 제거되기 전의 원본 형상을 S라고 하고, 필렛과 라운드가 제거된 후의 형상을 T라 하면, 필렛이 가지는 볼륨 F는 $F = S - T$ 로, 라운드가 가지는 볼륨 R은 $R = T - S$ 로 계산하고, 여기서 $-$ 는 정규화된 불리언 차(regularized Boolean subtract) 연산자인 것을 특징으로 하는 단계적 볼륨 분해를 이용한 CAD 모델 수정 시스템.

청구항 4

경계표현법(b-rep)으로 표현된 형상 또는 CAD 모델을 수정하기 위하여,

경계표현 모델로 표현된 원본 형상이 입력되면, 형상에 있는 필렛, 라운드 및 모따기 형상을 제거하는 단계;

랩어라운드(wrap-around) 연산을 적용하여 형상을 분해하는 단계;

볼륨 분할(volume split) 연산을 적용하여 형상을 분해하는 단계;

셀 기반 분해(cell-based decomposition)방법을 사용하여 형상의 모든 오목한 모서리를 찾고, 이를 공유하는 면들을 찾아 확장하여 형상을 셀(cell)로 분해하고 조합하는 단계;

분해된 볼륨 중 수정을 원하는 볼륨을 이동, 회전, 확대/축소 변환을 이용해 변경, 삭제 및 복사하여 수정하는 단계;

변경이 완료되어 분해된 볼륨들을 불리언 합(Boolean union) 연산을 이용해 다시 재결합하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 단계적 볼륨 분해를 이용한 CAD 모델 수정 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 상기 랩어라운드(wrap-around) 연산을 적용하여 형상을 분해하는 단계는,

원본 형상에서 볼록한 내부 루프(convex inner loop)를 찾아 마킹하는 단계와,

마킹이 이루어진 원본 형상의 모든 면을 분리시키는 단계와,
 분리된 면에서 마킹된 내부 루프를 찾아 제거하는 단계와,
 모든 면들을 다시 재결합시키는 단계와,
 모든 면들을 다시 재결합시키는 단계에서 솔리드를 구성하지 못하는 면들을 제거하는 단계와,
 재결합한 솔리드와 원본 솔리드를 볼리언 합 연산을 이용하여 합치는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 단계적 볼륨 분해를 이용한 CAD 모델 수정 방법.

청구항 6

제 4 항에 있어서, 상기 볼륨 분할(volume split) 연산을 적용하여 형상을 분해하는 단계는,
 형상(S)의 오목한 내부 루프(concave inner loop)를 찾는 단계와,
 오목한 내부 루프를 가진 면의 복사본(F)을 생성하는 단계와,
 복사본(F)에서 내부 루프를 제거하고, 형상(S)과 복사본(F)의 비정규화된 볼리언 합(non-regularized Boolean union)을 구하고 형상을 두 개의 셀로 구분하는 단계와,
 각각의 셀을 볼륨으로 분리하여 형상을 분해하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 단계적 볼륨 분해를 이용한 CAD 모델 수정 방법.

청구항 7

제 4 항에 있어서, 상기 셀 기반 분해(cell-based decomposition)방법을 사용하여 형상의 모든 오목한 모서리를 찾고, 이를 공유하는 면들을 찾아 확장하여 형상을 셀(cell)로 분해하고 조합하는 단계에서,
 셀들의 조합은 최대 볼륨 조건을 만족할 때까지 진행하고, 최대 볼륨 조건은 볼륨(V)가 다음 조건을 만족할 때,
 ① $V \subseteq S$
 ② V는 오목한 모서리(concave edge)를 가지지 않는다.
 ③ V의 모든 반공간(halfspace)은 S의 반공간(halfspace)이다.
 ④ 위의 조건을 만족하는 다른 볼륨 B에 대해 $B \not\subset V$ 인 경우에,
 V를 솔리드(S)의 최대 볼륨으로 판단하는 것을 특징으로 하는 단계적 볼륨 분해를 이용한 CAD 모델 수정 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 CAD 시스템에서의 모델 재구성에 관한 것으로, 구체적으로 경계표현법(boundary representation, b-rep)으로 표현된 형상 또는 CAD 모델을 수정하기 위한 단계적 볼륨 분해를 이용한 CAD 모델 수정 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적으로 CAD 시스템들은 설계 변경을 용이하게 하기 위해서 특징형상 기반 모델(feature-based model)을 주요 표현 방법으로 채택하고 있다. 그리고 CAD 모델의 가시화 및 기하계산, 사용자 상호작용 등을 위해 경계표현법(boundary representation, B-rep)을 부수적인 표현 방법으로 사용한다.

[0003] 대표적인 CAD 파일 교환 형식인 IGES와 STEP AP203 edition 1은 B-rep 모델만을 지원하기 때문에, 이 파일 형식으로 CAD 모델을 저장하면 특징 형상 정보를 잃어버리게 된다. 이는 IGES와 STEP 파일 형식을 이용하여 교환한 CAD 모델의 설계 변경을 어렵게 한다.

[0004] 종래의 STEP AP203 edition 1형식이 B-rep 모델만을 지원한다는 단점을 극복하기 위해서 STEP Parametrics

Group에서는 특징형상 기반 모델을 교환하기 위한 새로운 표준 형식인 STEP AP203 edition 2를 제정하였다.

- [0005] 그러나 아직까지 이를 지원하는 상용 시스템은 없는 상황이다.
- [0006] 이와 유사하게 CAD 모델 생성 및 변경 이력을 기록한 매크로 파일을 교환하는 매크로 파라메트릭 방법(macro-parametric approach)과 상용 CAD 시스템의 특징형상 정보를 수용할 수 있는 UPR(universal product representation) 구조에 기반한 교환 방법이 제안되었다.
- [0007] 그러나 이 방법들은 입력 정보로 특징형상 모델 정보가 필요하기 때문에, B-rep 모델이 주어진 경우에는 적용할 수 없어 적용 범위가 제한적이다.
- [0008] 좀더 구체적으로 CAD 시스템들의 설계 변경에 관하여 설명하면 다음과 같다.
- [0009] 상업용 기계 CAD 시스템들은 CAD 모델의 형상을 표현하기 위해서 경계표현 모델(b-rep model)과 절차적 모델(procedural model)을 모두 사용하는 혼합 모델링 방법(hybrid modeling approach)을 채용하고 있다.
- [0010] 이중 절차적 모델은 특징형상(feature)이라고 부르는, 형상을 생성하는데 사용한 모델링 연산자의 순서로 형상을 표현한다. 절차적 모델에서는, 모델링 연산자의 인자(arguments)나 연산자의 순서를 변경함으로써 형상을 변경시킬 수 있다.
- [0011] 따라서, 절차적 모델에서는 형상을 수정하는 것이 쉽다. 그러나 대표적인 CAD 모델 교환을 위한 규격인 IGES(initial graphics exchange specification)와 STEP(standard for the exchange of product model data) AP203 edition 1은 절차적 모델을 지원하지 않기 때문에, 이들 형식을 이용하여 CAD 모델을 저장할 경우 절차적 모델 정보를 잃어버린다.
- [0012] 이는 IGES와 STEP 파일 형식을 이용해 저장한 CAD 모델의 변경을 어렵게 한다. 또한, 많은 엔지니어링 소프트웨어들이 아직까지는 경계표현 모델만 지원하기 때문에, 경계표현 모델로 표현된 형상을 수정하기 위한 효과적인 방법이 필요하다.
- [0013] 경계표현법으로 표현된 형상 또는 CAD 모델을 수정하기 위해서는 형상을 점, 곡선, 곡면 및 정점, 모서리, 면 등의 구성 성분으로 분해한 후, 수정하고자 하는 부분의 형상을 수정하고 이들 구성요소를 다시 결합해야 한다.
- [0014] 이와 같은 과정은 시간이 오래 걸리고, 재결합 과정에서 오류 발생이 잦으며, 형상이 크게 변경되는 경우에는 적용이 매우 어렵다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0015] 본 발명은 이와 같은 종래 기술의 CAD 시스템들의 설계 변경 방법의 문제를 해결하기 위한 것으로, 경계표현법(boundary representation, b-rep)으로 표현된 형상 또는 CAD 모델을 수정하기 위한 단계적 볼륨 분해를 이용한 CAD 모델 수정 시스템 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0016] 본 발명은 단계적 볼륨 분해를 이용해 경계표현법으로 표현된 형상을 수정할 경우에 적용할 수 있고, 절차적 모델 정보가 없어도 형상 수정이 용이하도록 한 단계적 볼륨 분해를 이용한 CAD 모델 수정 시스템 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0017] 본 발명은 랩어라운드 연산과 볼륨 분할 연산을 적용하여 오목한 모서리 수를 크게 줄일 수 있도록 하고, 볼륨 분해 방법으로 분해속도가 빠르고, 컨벡스 분해가 처리할 수 없는 2차곡면까지 처리할 수 있으며, 가산적 형태와 감산적 형태를 갖는 볼륨을 생성할 수 있도록 한 단계적 볼륨 분해를 이용한 CAD 모델 수정 시스템 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0018] 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0019] 이와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 단계적 볼륨 분해를 이용한 CAD 모델 수정 시스템은 경계표현 모델로 표현된 원본 형상을 단위 볼륨으로 분해하는 단계적 볼륨 분해부; 단계적 볼륨 분해부에서 분해된 볼륨 중 수정을 원하는 볼륨을 이동, 회전, 확대/축소 변환을 이용해 변경하거나 삭제 및 복사하는 볼륨 수정부; 볼륨

수정부에서 변경이 완료된 분해된 볼륨들을 불리언 합(Boolean union) 연산을 이용해 다시 재결합하는 볼륨 재결합부;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0020] 여기서, 상기 단계적 볼륨 분해부는, 경계표현 모델로 표현된 원본 형상에 있는 필렛(fillet), 라운드(round) 및 모따기 형상을 제거하는 필렛/라운드/모따기 제거부와, 랩어라운드 연산을 적용하여 형상을 분해하는 랩어라운드 연산부와, 볼륨 분할(volume split) 연산을 적용하여 형상을 분해하는 볼륨 분할부와, 셀 기반 분해(cell-based decomposition)방법을 사용하여 형상의 오목한 모서리를 찾고, 이를 공유하는 면들을 찾아 확장하여 형상을 셀(cell)로 분해하고 조합하는 볼륨 분해부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0021] 그리고 상기 필렛/라운드/모따기 제거부에서, 필렛과 라운드가 제거되기 전의 원본 형상을 S라고 하고, 필렛과 라운드가 제거된 후의 형상을 T라 하면, 필렛이 가지는 볼륨 F는 $F = S - T$ 로, 라운드가 가지는 볼륨 R은 $R = T - S$ 로 계산하고, 여기서 $-$ 는 정규화된 불리언 차(regularized Boolean subtract) 연산자인 것을 특징으로 한다.

[0022] 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 단계적 볼륨 분해를 이용한 CAD 모델 수정 방법은 경계표현법(b-rep)으로 표현된 형상 또는 CAD 모델을 수정하기 위하여, 경계표현 모델로 표현된 원본 형상이 입력되면, 형상에 있는 필렛, 라운드 및 모따기 형상을 제거하는 단계; 랩어라운드(wrap-around) 연산을 적용하여 형상을 분해하는 단계; 볼륨 분할(volume split) 연산을 적용하여 형상을 분해하는 단계; 셀 기반 분해(cell-based decomposition)방법을 사용하여 형상의 모든 오목한 모서리를 찾고, 이를 공유하는 면들을 찾아 확장하여 형상을 셀(cell)로 분해하고 조합하는 단계; 분해된 볼륨 중 수정을 원하는 볼륨을 이동, 회전, 확대/축소 변환을 이용해 변경, 삭제 및 복사하여 수정하는 단계; 변경이 완료되어 분해된 볼륨들을 불리언 합(Boolean union) 연산을 이용해 다시 재결합하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0023] 여기서, 상기 랩어라운드(wrap-around) 연산을 적용하여 형상을 분해하는 단계는, 원본 형상에서 볼록한 내부 루프(convex inner loop)를 찾아 마킹하는 단계와, 마킹이 이루어진 원본 형상의 모든 면을 분리시키는 단계와, 분리된 면에서 마킹된 내부 루프를 찾아 제거하는 단계와, 모든 면들을 다시 재결합시키는 단계와, 모든 면들을 다시 재결합시키는 단계에서 솔리드를 구성하지 못하는 면들을 제거하는 단계와, 재결합한 솔리드와 원본 솔리드를 불리언 합 연산을 이용하여 합치는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0024] 그리고 상기 볼륨 분할(volume split) 연산을 적용하여 형상을 분해하는 단계는, 형상(S)의 오목한 내부 루프(concave inner loop)를 찾는 단계와, 오목한 내부 루프를 가진 면의 복사본(F)을 생성하는 단계와, 복사본(F)에서 내부 루프를 제거하고, 형상(S)과 복사본(F)의 비정규화된 불리언 합(non-regularized Boolean union)을 구하고 형상을 두 개의 셀로 구분하는 단계와, 각각의 셀을 볼륨으로 분리하여 형상을 분해하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0025] 그리고 상기 셀 기반 분해(cell-based decomposition)방법을 사용하여 형상의 모든 오목한 모서리를 찾고, 이를 공유하는 면들을 찾아 확장하여 형상을 셀(cell)로 분해하고 조합하는 단계에서, 셀들의 조합은 최대 볼륨 조건을 만족할 때까지 진행하고, 최대 볼륨 조건은 볼륨(V)가 다음 조건을 만족할 때, ① $V \subseteq S$, ② V는 오목한 모서리(concave edge)를 가지지 않는다. ③ V의 모든 반공간(halfspace)은 S의 반공간(halfspace)이다. ④ 위의 조건을 만족하는 다른 볼륨 B에 대해 $B \not\subset V$ 인 경우에, V를 솔리드(S)의 최대 볼륨으로 판단하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0026] 이와 같은 본 발명에 따른 단계적 볼륨 분해를 이용한 CAD 모델 수정 시스템 및 방법은 다음과 같은 효과를 갖는다.

[0027] 첫째, 경계표현법(boundary representation, b-rep)으로 표현된 형상 또는 CAD 모델을 볼륨 분해를 이용하여 효율적으로 수정할 수 있다.

[0028] 둘째, 단계적 볼륨 분해를 이용해 경계표현법으로 표현된 형상을 수정할 경우에 적용하여 절차적 모델 정보가 없어도 형상 수정이 용이하다.

[0029] 셋째, 랩어라운드 연산과 볼륨 분할 연산을 적용하여 오목한 모서리 수를 크게 줄일 수 있어 전체적인 볼륨 분해 시간이 줄어드는 효과를 얻을 수 있다.

- [0030] 넷째, 볼륨 분해 방법으로 분해속도가 빠르고, 컨벡스 분해가 처리할 수 없는 2차곡면까지 처리할 수 있으며, 가산적 형태와 감산적 형태를 갖는 볼륨을 생성할 수 있다.
- [0031] 다섯째, 경계표현법(boundary representation, b-rep)으로 표현된 형상 또는 CAD 모델의 형상을 빠르게 수정할 수 있고, 형상 수정시에 오류가 적고 형상의 위상 변화 염려가 없다.

도면의 간단한 설명

- [0032] 도 1은 본 발명에 따른 단계적 볼륨 분해를 이용한 CAD 모델 수정 시스템의 구성도
- 도 2는 본 발명에 따른 단계적 볼륨 분해부의 상세 구성도
- 도 3은 필렛/라운드/모따기 제거부에 따른 형상의 분해 구성도
- 도 4는 본 발명에 따른 단계적 볼륨 분해를 이용한 CAD 모델 수정 방법을 나타낸 플로우 차트
- 도 5a는 랩어라운드 연산부에서의 연산에 따른 형상 분해 구성도
- 도 5b는 랩어라운드 연산부에서의 연산에 따른 형상 분해 순서를 나타낸 플로우 차트
- 도 5c는 랩어라운드 연산에 따른 형상 분해 구성도
- 도 6a는 볼륨 분해부의 볼륨 분할 연산에 따른 형상 분해 구성도
- 도 6b는 볼륨 분해부의 볼륨 분할 연산에 따른 형상 분해 순서를 나타낸 플로우 차트
- 도 7은 셀 기반 분해를 이용한 볼륨 분해 과정을 나타낸 구성도
- 도 8은 본 발명의 일 예에 따른 단계적 볼륨 분해를 이용한 CAD 모델 수정 과정을 나타낸 구성도
- 도 9는 단계적 볼륨 분해를 이용한 CAD 모델 수정으로 형상을 수정한 일 예를 나타낸 구성도

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0033] 이하, 본 발명에 따른 단계적 볼륨 분해를 이용한 CAD 모델 수정 시스템 및 방법의 바람직한 실시 예에 관하여 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [0034] 본 발명에 따른 단계적 볼륨 분해를 이용한 CAD 모델 수정 시스템 및 방법의 특징 및 이점들은 이하에서의 각 실시 예에 대한 상세한 설명을 통해 명백해질 것이다.
- [0035] 도 1은 본 발명에 따른 단계적 볼륨 분해를 이용한 CAD 모델 수정 시스템의 구성도이다.
- [0036] 그리고 도 2는 본 발명에 따른 단계적 볼륨 분해부의 상세 구성도이다.
- [0037] 본 발명은 단계적 볼륨 분해를 이용해 경계표현법으로 표현된 형상을 수정할 경우에 적용할 수 있고, 절차적 모델 정보가 없어도 형상 수정이 용이하도록 한 것이다.
- [0038] 본 발명은 경계표현법으로 표현된 형상 또는 CAD 모델을 수정하기 위하여, 도 1에서와 같이, 경계표현 모델로 표현된 원본 형상을 작은 단순 볼륨으로 분해하는 단계적 볼륨 분해부(10)와, 사용자는 분해된 볼륨 중 수정을 원하는 볼륨을 이동, 회전, 확대/축소 변환을 이용해 변경하거나 삭제 및 복사하는 볼륨 수정부(20)와, 변경이 완료된 분해된 볼륨들을 불리언 합(Boolean union) 연산을 이용해 다시 재결합하는 볼륨 재결합부(30)를 포함한다.
- [0039] 여기서, 단계적 볼륨 분해부(10)는 도 2에서와 같이, 경계표현 모델로 표현된 원본 형상에 있는 필렛(fillet), 라운드(round) 및 모따기 형상을 제거하는 필렛/라운드/모따기 제거부(11)와, 랩어라운드 연산을 적용하여 형상을 분해하는 랩어라운드(wrap-around) 연산부(12)와, 볼륨 분할(volume split) 연산을 적용하여 형상을 분해하는 볼륨 분할부(13)와, 셀 기반 분해(cell-based decomposition)방법을 사용하여 형상의 모든 오목한 모서리를 찾고, 이를 공유하는 면들을 찾아 확장하여 형상을 셀(cell)로 분해하고 조합하는 볼륨 분해부(14)를 포함한다.
- [0040] 상기 필렛/라운드/모따기 제거부(11)는 형상에 있는 필렛, 라운드 및 모따기 형상을 제거하는 것으로, 이는 기 공지된 기술(Zhu H. 외)을 이용하여 수행한다.

- [0041] 도 3은 필렛/라운드/모따기 제거부에 따른 형상의 분해 구성도이다.
- [0042] 필렛과 라운드가 제거되기 전의 원본 형상을 S라고 하고, 필렛과 라운드가 제거된 후의 형상을 T라 하면, 필렛이 가지는 볼륨 F는 $F = S - {}^*T$ 로, 라운드가 가지는 볼륨 R은 $R = T - {}^*S$ 로 계산한다.
- [0043] 여기서 $-^*$ 는 정규화된 불리언 차(regularized Boolean subtract) 연산자이다. 이를 이용하면 원본 형상 S는 도 3에서와 같이 분해된다.
- [0044] 이와 같은 본 발명에 따른 단계적 볼륨 분해를 이용한 CAD 모델 수정 시스템에서의 경계표현법으로 표현된 형상 또는 CAD 모델을 수정하는 방법은 다음과 같다.
- [0045] 도 4는 본 발명에 따른 단계적 볼륨 분해를 이용한 CAD 모델 수정 방법을 나타낸 플로우 차트이다.
- [0046] 먼저, 단계적 볼륨 분해부(10)로 경계표현 모델로 표현된 원본 형상이 입력되면(S401), 필렛/라운드/모따기 제거부(11)는 형상에 있는 필렛, 라운드 및 모따기 형상을 제거한다.(S402)
- [0047] 이어, 랩어라운드 연산부(12)에서 랩어라운드(wrap-around) 연산을 적용하여 형상을 분해한다.(S403)
- [0048] 그리고 볼륨 분할부(13)에서 볼륨 분할(volume split) 연산을 적용하여 형상을 분해한다.(S404)
- [0049] 이어, 볼륨 분해부(14)에서 셀 기반 분해(cell-based decomposition)방법을 사용하여 형상의 모든 오목한 모서리를 찾고, 이를 공유하는 면들을 찾아 확장하여 형상을 셀(cell)로 분해하고 조합한다.(S405)
- [0050] 그리고 볼륨 수정부(20)에서 분해된 볼륨 중 수정을 원하는 볼륨을 이동, 회전, 확대/축소 변환을 이용해 변경, 삭제 및 복사하여 수정을 한다.(S406)
- [0051] 이어, 볼륨 재결합부(30)에서 변경이 완료되어 분해된 볼륨들을 불리언 합(Boolean union) 연산을 이용해 다시 재결합한다.(S407)
- [0052] 이와 같은 본 발명에 따른 단계적 볼륨 분해를 이용한 CAD 모델 수정 시스템 및 방법의 각 단계에서의 구체적인 처리 과정을 설명하면 다음과 같다.
- [0053] 먼저, 랩어라운드(wrap-around) 연산부에서 랩어라운드 연산을 적용하여 형상을 분해하는 과정은 다음과 같다.
- [0054] 도 5a는 랩어라운드 연산부에서의 연산에 따른 형상 분해 구성도이고, 도 5b는 랩어라운드 연산부에서의 연산에 따른 형상 분해 순서를 나타낸 플로우 차트이다.
- [0055] 그리고 도 5c는 랩어라운드 연산에 따른 형상 분해 구성도이다.
- [0056] 랩어라운드(wrap-around) 연산부에서 랩어라운드 연산을 적용하여 형상을 분해하는 과정은 먼저, 도 5a의 (a)에서와 같이, 원본 형상에서 볼록한 내부 루프(convex inner loop)를 찾아 마킹한다.(S501)
- [0057] 이어, 도 5a의 (b)에서와 같이, 원본 형상의 모든 면을 분리시킨다.(S502)
- [0058] 그리고 도 5a의 (c)에서와 같이, 분리된 면에서 마킹된 내부 루프를 찾아 제거한다.(S503)
- [0059] 이어, 도 5a의 (d)에서와 같이, 모든 면들을 다시 재결합시킨다.(S504) 이때 솔리드를 구성하지 못하는 면이 생기게 된다.
- [0060] 그리고 도 5a의 (e)에서와 같이, 솔리드를 구성하지 못하는 면들을 제거한다.(S505)
- [0061] 이어, 도 5a의 (f)에서와 같이, 재결합한 솔리드와 원본 솔리드를 불리언 합 연산을 이용하여 합친다.(S506)
- [0062] 이와 같이 랩어라운드 연산을 적용하면 형상이 도 5c에서와 같이 분해된다.
- [0063] 그리고 볼륨 분할부에서의 볼륨 분할(volume split) 연산을 적용하여 형상을 분해하는 과정은 다음과 같다.
- [0064] 도 6a는 볼륨 분해부의 볼륨 분할 연산에 따른 형상 분해 구성도이고, 도 6b는 볼륨 분해부의 볼륨 분할 연산에 따른 형상 분해 순서를 나타낸 플로우 차트이다.
- [0065] 먼저, 도 6a의 (a)에서와 같이, 형상 S의 오목한 내부 루프(concave inner loop)를 찾는다.(S601)
- [0066] 이어, 도 6a의 (b)에서와 같이, 오목한 내부 루프를 가진 면의 복사본 F를 생성한다.(S602)
- [0067] 그리고 도 6a의 (c)에서와 같이, F에서 내부 루프를 제거하고, S와 F의 비정규화된 불리언 합(non-regularized

Boolean union)을 구하고 형상은 두 개의 셀로 구분한다.(S603)

[0068] 이어, 도 6a의 (d)에서와 같이, 각각의 셀을 볼륨으로 분리하여 도 6a의 (e)와 같이 형상을 분해한다.(S604)

[0069] 그리고 볼륨 분해부에서의 볼륨 분해는 Sakurai H.가 제안한 셀 기반 분해(cell-based decomposition)방법을 사용한다.

[0070] 도 7은 셀 기반 분해를 이용한 볼륨 분해 과정을 나타낸 구성도이다.

[0071] 도 7의 (a)에서와 같이, 셀 기반 분해에서 형상을 분해하기 위해서는 형상의 모든 오목한 모서리를 찾고, (b)에서와 같이, 이를 공유하는 면들을 찾아 확장하여 형상을 셀(cell)로 분해한다. 그리고 (c)(d)에서와 같이, 셀들을 최대 볼륨 조건을 만족할 때까지 조합한다.

[0072] 최대 볼륨 조건은 다음과 같다.

[0073] 볼륨 V가 다음 조건을 만족할 때, V를 솔리드 S의 최대 볼륨이라고 한다.

[0074] ① $V \subseteq S$

[0075] ② V는 오목한 모서리(concave edge)를 가지지 않는다.

[0076] ③ V의 모든 반공간(halfspace)은 S의 반공간(halfspace)이다.

[0077] ④ 위의 조건을 만족하는 다른 볼륨 B에 대해 $B \not\subset V$

[0078] 도 7은 셀 기반 분해를 이용한 볼륨 분해를 나타낸 것이다.

[0079] 이와 같은 단계적 볼륨 분해가 끝나면, 원본 형상은 단순한 볼륨들로 분해된다.

[0080] 사용자는 볼륨 수정부를 통하여 분해된 볼륨 중 수정을 원하는 볼륨을 이동, 회전, 확대/축소 변환을 이용해 변경하거나 삭제 및 복사하고, 변경이 완료되면 볼륨 재결합부를 통하여 분해된 볼륨들을 불리언 합(Boolean union) 연산을 이용해 다시 재결합한다.

[0081] 도 8은 본 발명의 일 예에 따른 단계적 볼륨 분해를 이용한 CAD 모델 수정 과정을 나타낸 구성도이고, 도 9는 단계적 볼륨 분해를 이용한 CAD 모델 수정으로 형상을 수정한 일 예를 나타낸 구성도이다.

[0082] 본 발명은 형상을 단계적 볼륨 분해를 이용해 단순한 형상으로 분해하고, 분해된 형상을 수정한 후, 다시 재결합시킨다.

[0083] 도 8은 본 발명에 따른 단계적 볼륨 분해를 이용한 CAD 모델 수정 시스템 및 방법을 적용한 예제 형상의 단계적 볼륨 분해를 나타낸 것이다.

[0084] 도 9는 단계적 볼륨 분해를 적용한 다음, 형상을 수정한 예를 나타낸 것이다.

[0085] 도 9(a)는 원본 형상이고, (b)는 윗면의 구멍 일부를 제거한 예이다. (c)는 옆면의 포켓(pocket) 두 개를 이동한 예를 나타낸 것이다.

[0086] 이와 같은 본 발명에 따른 단계적 볼륨 분해를 이용한 CAD 모델 수정 시스템 및 방법은 랩어라운드 연산과 볼륨 분할 연산을 적용하여 오목한 모서리 수를 크게 줄일 수 있어 전체적인 볼륨 분해 시간을 줄이고, 볼륨 분해 방법으로 분해속도가 빠르고, 컨벡스 분해가 처리할 수 없는 2차 곡면까지 처리할 수 있으며, 가산적 형태와 감산적 형태를 갖는 볼륨을 생성할 수 있도록 한 것이다.

[0087] 이상에서의 설명에서와 같이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 본 발명이 구현되어 있음을 이해할 수 있을 것이다.

[0088] 그러므로 명시된 실시 예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 하고, 본 발명의 범위는 진술한 설명이 아니라 특허청구 범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

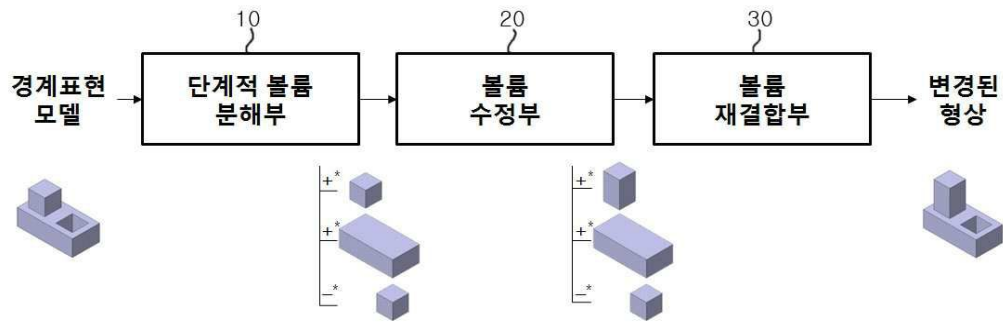
[0089] 10. 단계적 볼륨 분해부

20. 볼륨 수정부

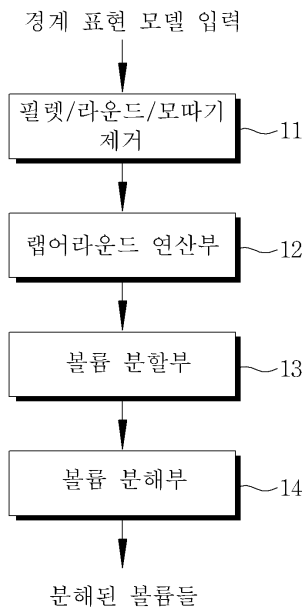
30. 볼륨 재결합부

도면

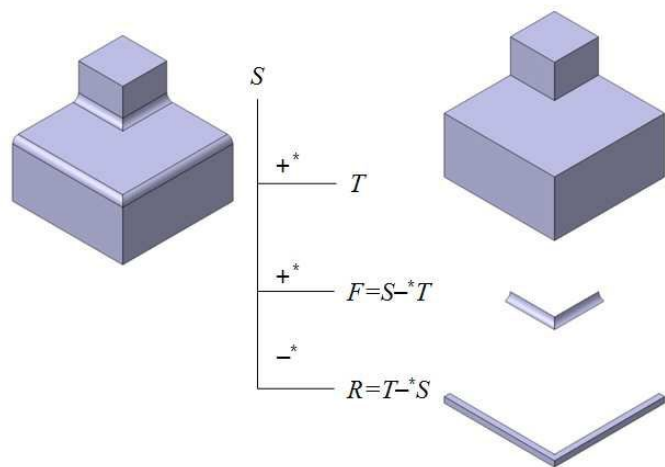
도면1



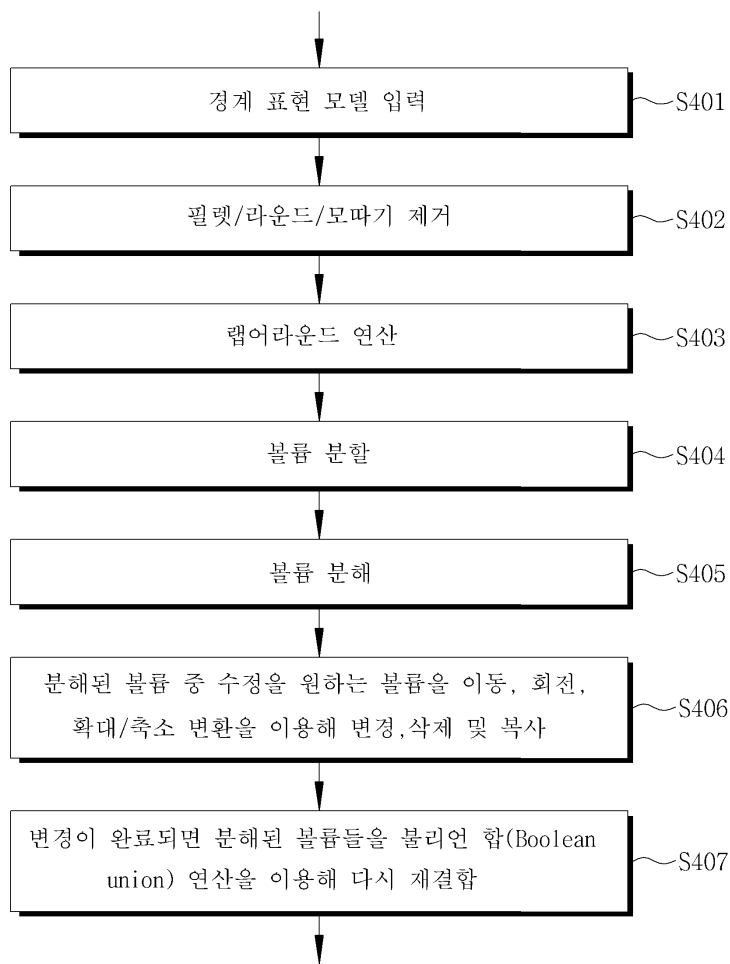
도면2



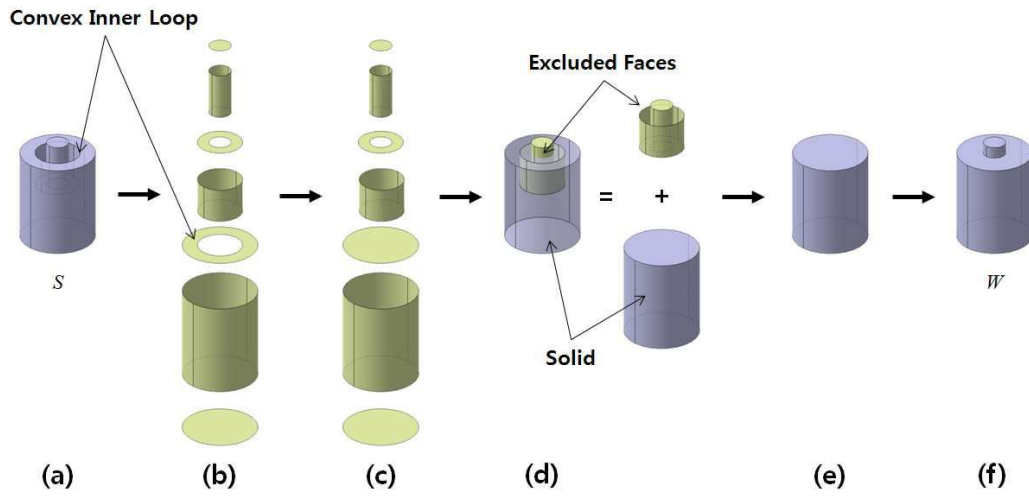
도면3



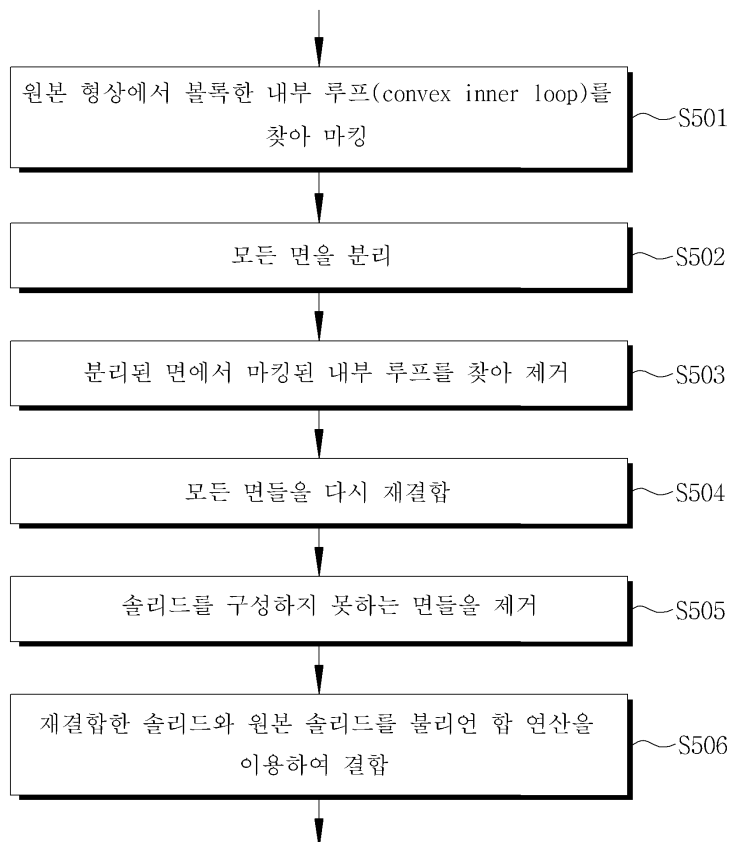
도면4



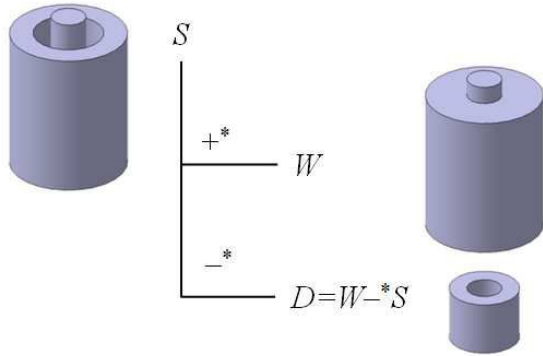
도면5a



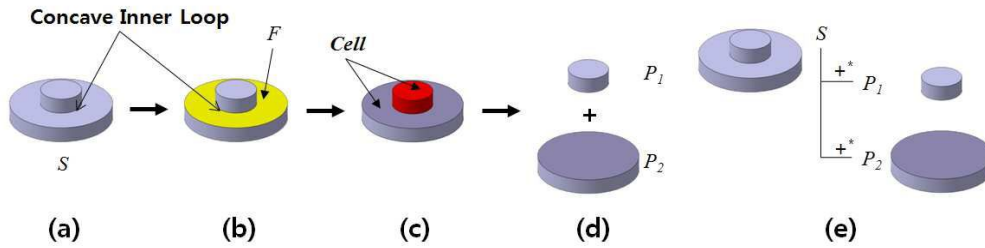
도면5b



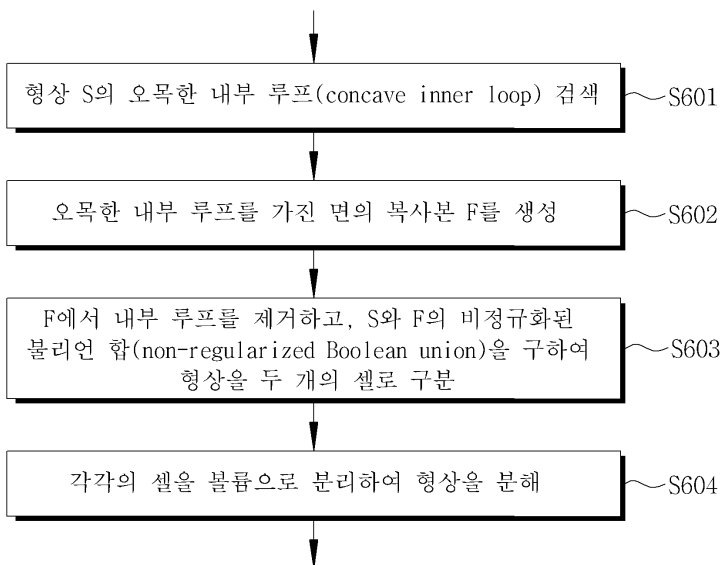
도면5c



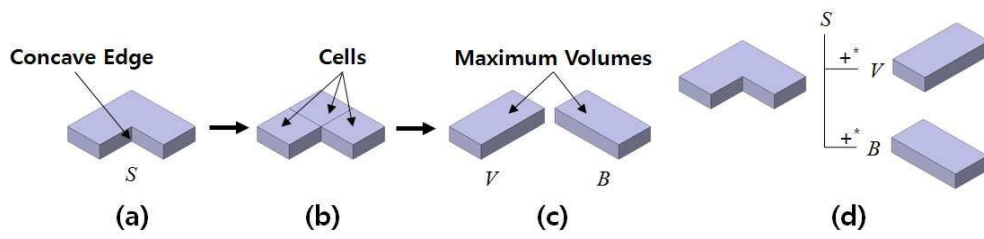
도면6a



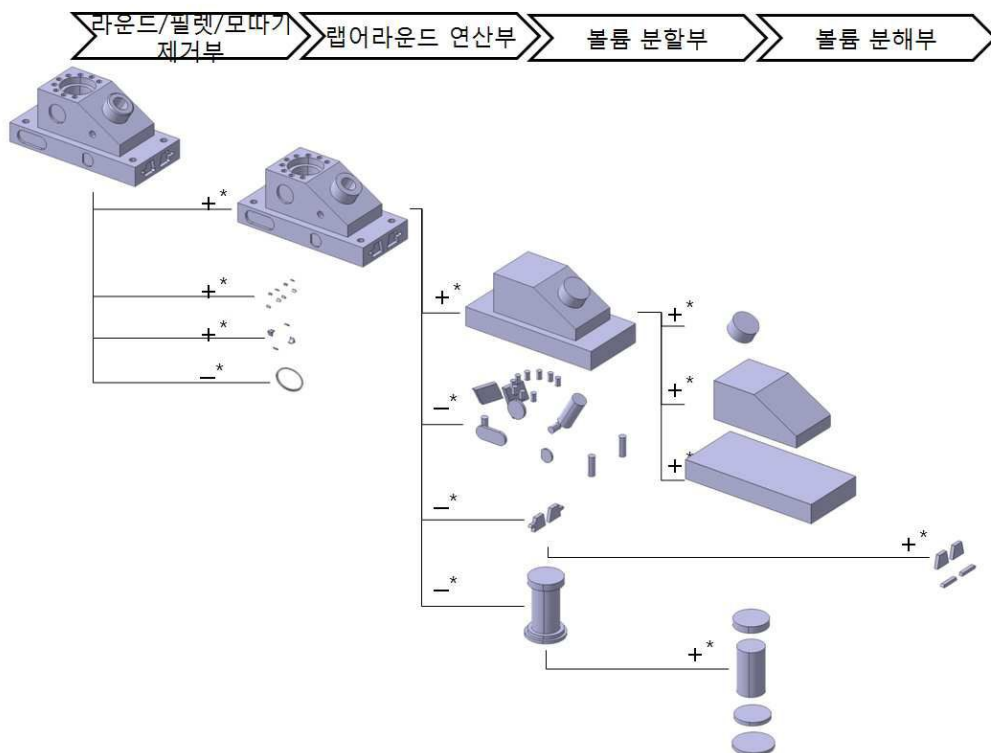
도면6b



도면7



도면8



도면9

