

의사 솔리드 모델의 절단 및 불리안 작업 개발

장진우*(국민대 자동차 공학 대학원), 이상현(국민대 자동차 공학 대학원 교수),
이강수(한밭대 기계공학과 교수), 박상근, 허영무(생산기술연구원), 양진석(생산기술연구원)

Development the Boolean and Sectioning Operations on Pseudo-Solid Model

J. W. Jang(Kookmin University), S. H. Lee(Kookmin University), K. S. Lee(Hanbat National University)
Sang Keun Park, Young Moo Huh(KITECH), Jin Seok Yang(KITECH)

ABSTRACT

This paper describes the Boolean and sectioning operations on pseudo-solid models. A pseudo-solid model is defined as a sheet body that looks like a solid model but cannot comprise a solid model due to tolerance. Most of CAD models imported from the other CAD system are pseudo-solid models and have to be repaired for further solid modeling operations. However, healing a pseudo-solid model is a very tedious and cumbersome process. To solve this problem, we devised and implemented the Boolean and sectioning operations on pseudo-solid models. Using these operations, mold and die design can be performed more efficiently, as healing work is reduced greatly.

1. 서론

현재 각 업체 및 설계부서에서는 각기 사용하는 CAD 시스템 종류가 다양하기 때문에 제품 모델이 들어오면 업체에서 사용하는 시스템에 맞게 파일 변환을 시켜줘야 한다. 제품 모델을 변환하면 원래 솔리드 모델이었던 형상 데이터가 깨져버리게 된다. 즉, 모델상의 면간의 인접한 모서리들이 서로 만나지 않아서 틈(gap)이 생기는 경우, 또는 면이 찢어지는 경우가 종종 발생한다. 이러한 경우 제품 모델을 다시 수정해서 솔리드 모델로 만드는 작업이 필요하다. 하지만 이러한 작업은 시간이 많이 걸리는 단점이 있어서 제품 개발 기간에 상당한 영향을 끼친다. 최근 주요 CAD 시스템들은 대부분 솔리드 기반 시스템으로서 외부로부터 읽어들이는 모델이 솔리드 모델이 아닌 경우 불리안 작업과 같은 솔리드 모델링 작업을 적용할 수 없게 된다. 읽어들이는 모델에 대하여 약간의 수정만을 가하여 이용하고자 하는 경우조차도 본 작업에 들어가기 전에 시간이 많이 소요되는 모델 수정 작업을 수행해야만 하는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 의사 솔리드 모델(pseudo-solid model)에 대한 절단 및 불리안 작업을 개발하였다. 여기서 의사 솔리드 모델이란 겉보기에는 솔리드 모델로 보이나 실제로는 불합 작업이 성공리에 수행되

지 못하여 열려있는 박판 모델로 존재하는 모델을 뜻한다. 그러면 이제부터 이들 작업에 대하여 설명하도록 하겠다.

2. 작업 수행을 위한 절차

의사 솔리드 모델간의 불리안 작업 및 절단 작업을 구현한 과정은 크게 3 단계로 구성되어 있다.

- (1 단계) 두 개의 모델 인식 및 분할(split).
- (2 단계) Ray test 를 통한 박판 형상 분류.
- (3 단계) 경우에 따른 sewing 작업.

본 논문에서는 이 알고리즘을 상용 CAD 시스템인 Unigraphics 의 UG/Open API^[1] 를 사용하여 구현하였다. 이 과정은 솔리드 모델간의 불리안 작업^[2] 과 많은 유사성을 가지고 있으나, 본 연구에서는 Unigraphics 에서 제공하는 split 나 sewing 과 같은 상위 레벨의 모델링 기능을 사용하여 구현하였다. 그러면 이들 각 단계에 대하여 보다 상세히 설명하도록 하겠다.

2.1 두 개의 모델 인식 및 분할과정

의사 모델의 절단 및 불리안 작업을 위한 물체

는 의사솔리드 모델로서 Fig. 1 에서와 같이 target 을 A, tool 을 B 라 하도록 하겠다. Unigraphics 의 특성상 어느 한쪽이 완전한 솔리드 모델이면 이를 박판 모델로 변환 시킨다. 즉, 만약 물체 A 가 솔리드 모델 이라면 물체상의 한 면을 경계조건(boundary face) 으로 하고 그 면과 만나지 않는 면을 seed face 로 해서 extract region 함수를 사용하여 물체상의 모든 면을 추출하여 하나의 박판 모델로 만든다. Fig.1 는 두 개의 닫혀 있는 모델을 나타낸 것이다.

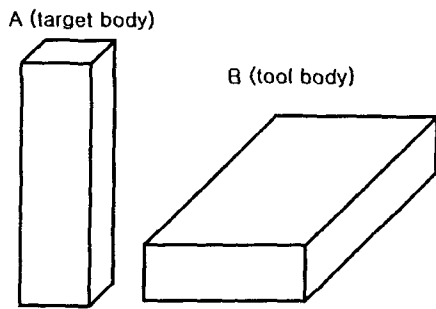


Fig. 1 Target and tool bodies for the Boolean operations

우선 입력 받은 두 개의 박판 모델을 서로 분할 (split) 한다. 즉 물체 A 를 B 로, 물체 B 를 A 로 분할한다. Fig. 2 는 서로 분할된 결과를 나타낸 것이다.

Fig. 2 에서와 같이 서로 분할된 모델들은 각각 m, n 개의 박판 모델들로 이루어진다. Fig. 2 에서 S_i 는 박판 모델을, F_i 는 면을 각각 나타낸다.

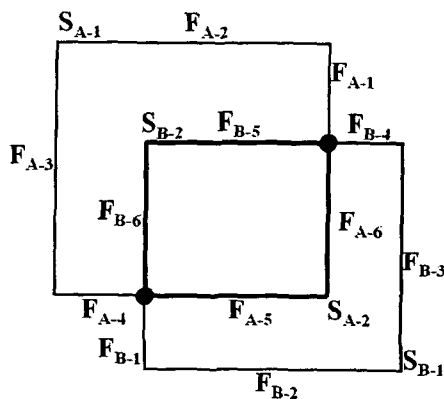


Fig. 2 Split pseudo-solid models

2.2 Ray Test 를 통한 박판 모델 분류

절단 및 불리안 작업을 하기 위해서는 분할된 각각의 박판 모델 들의 상대적인 위치를 알아야 한다. 상대적으로 위치를 알기 위해서는 각각의 박판 모델 상의 모서리의 양 끝점 혹은 중간 점이 상대 면에 대해서 내부, 외부에 있는지, 아니면 그 면의 경계에 있는지를 판별하는 작업(ray test)이 필요하다.

Ray test 는 서로 분할된 각 박판 모델 상의 임의의 모서리의 양 끝점 혹은 중간 점에서 ray 를 임의 방향으로 쏘서 상대 면과 교차되는 개수를 이용한다. 만약 ray 의 시작점이 상대 물체의 면 상에 있는지 비교를 해서 접하게 된다면 모서리의 중간점 혹은 다른 모서리의 양 끝점으로 시작점을 변경하게 된다. 또한 ray 의 방향이 상대 물체상의 모서리나 모서리의 양 끝점을 향하게 되는 경우 그 방향을 피하도록 방향을 설정한다.

Fig. 3 은 ray 방향을 수정해야 되는 경우를 나타낸다. 처음의 방향은 상대 면의 모서리를 향하고 있기 때문에 다른 방향으로 설정해야 한다.

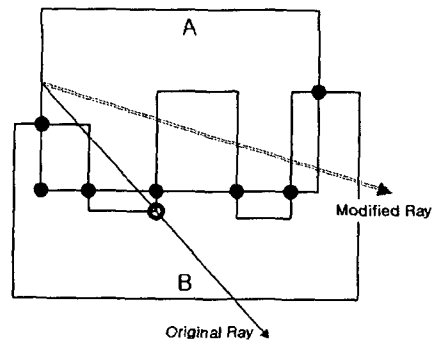


Fig. 3 Modify the ray direction

Fig. 4 는 분할된 물체 A 의 박판 모델(S_{A-1}) 상의 면(F_{A-2})의 한 경계 모서리 중간 점에서 ray test 를 하는 것을 나타낸다. 그 결과 상대 면(F_{B-2})과 교차되는 개수가 짝수개임을 볼 수 있다. 교차 개수가 짝수개이면 상대적인 위치가 외부에 있고 홀수개이면 내부에 있는 것을 알 수 있다.

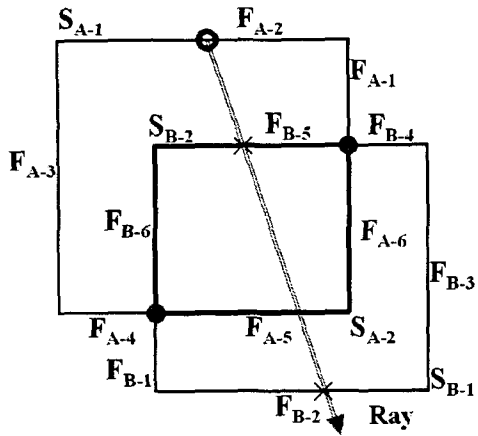


Fig. 4 Ray test

Table 1 은 Fig. 2 의 두 물체에 대해 ray test 결과를 나타낸다.

Table 1 Ray test results

		Hit Number	Result
물체 A (Target)	S _{A-1}	2 EA	OUT
	S _{A-2}	1 EA	IN
물체 B (Tool)	S _{B-1}	2 EA	OUT
	S _{B-2}	1 EA	IN

2.3 Grouping 및 Sewing

서로 분할된 Body 들은 m, n 개의 박판 모델들을 갖는다고 했다. 그 물체 들을 각각 ray test 해서 나온 결과를 각기 4 개의 박판 모델들의 리스트로 그룹 짓는다. Fig. 5 는 그룹화된 박판 모델 들을 나타낸다.

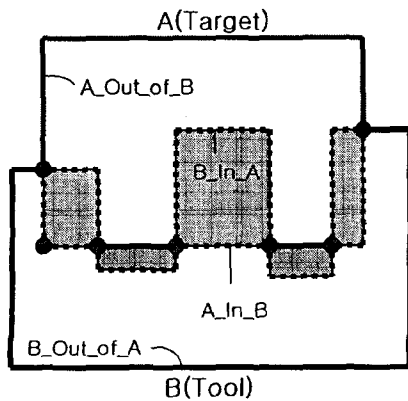


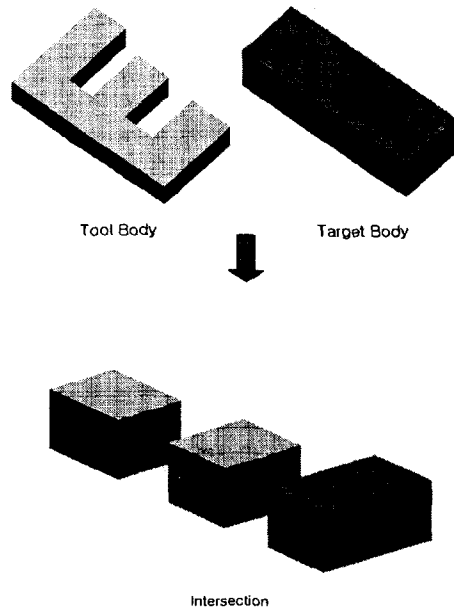
Fig. 5 Grouping sheet bodies

그룹화된 4 개의 박판 모델 리스트를 선별해서 절단 및 불리안 작업을 수행할 수 있다. Table 2 는 Fig. 5 에 대한 각 작업에 따른 입력 리스트들을 나열한 것이다.

Table 2 Input list as operations

	List 1	List 2
합집합	A_Out_of_B	B_Out_of_A
교집합	A_In_of_B	B_In_of_A
차집합	A_Out_of_B	B_In_of_A
	B_Out_of_A	A_In_of_B
절단	A_Out_of_B	B_In_of_A

Table 2 에서 보는 바와 같이 각 작업을 수행하기 위해서는 ray test 를 통해 분류된 두 개(차집합은 2 개씩 두 번)의 리스트가 필요한데, 두 개의 리스트에 있는 m, n 개의 박판 모델들 중에 각각의 모서리에서의 geometry 비교를 통해 인접하는 모델들을 취사해서 sewing 작업을 한다. Sewing 작업의 결과는 박판 모델이다. Fig. 6 은 Fig. 5 와 유사한 형상으로 불리안 작업을 한 예이다.



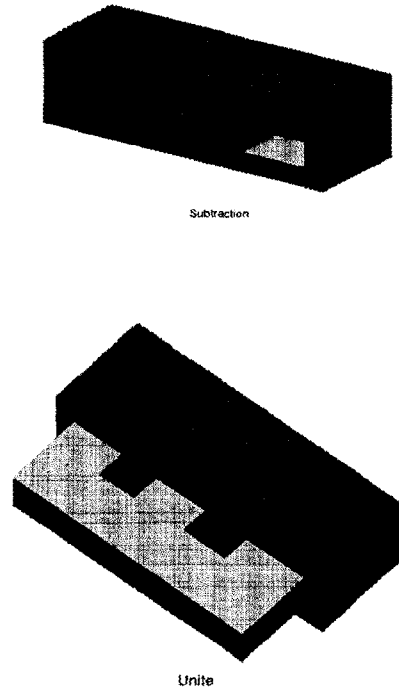


Fig. 5 Example the Boolean operations on pseudo-solid models

4. 결론

본 연구에서는 Unigraphics 의 API 인 UG/Open 을 사용하여 의사 솔리드 모델간의 불리안 작업을 개발하였다. 이러한 불리안 작업을 사출 금형 설계 과정 가운데 상코어, 하코어에 대하여 인서트 코어 설계, 언더컷 형상부의 설계에 적용한다면 금형 납기 기간 단축에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.^[3]

참고문헌

1. Electronic Data Systems Corporation, Unigraphics Division, UG/OPEN API Reference Version 18.0, 2002.
2. Lee, K., *Principles of CAD/CAM/CAE Systems*, Addison Wesley, Cambridge, U. K., 1999.
3. Fujitsu Ltd, MOLDWARE CAD user manual, 1997.