

매핑 알고리즘을 이용한 2.5 차원 입체에 대한 육면체 요소망 자동 생성

최철현*(고려대 대학원 기계공학과), 채수원(고려대 기계공학과),
권기연(한국과학기술원 기계공학과), 이병채(한국과학기술원 기계공학과)

2.5 Dimensional Hexahedral Mesh Generation by Mapping Algorithm

C. H. Choi(Mech. Eng. Dept. KU), S. W. Chae(Mechanical Eng. Dept., KU),
K. Y. Kwon(Mech. Eng. Dept. KAIST), B.C.Lee(Mech. Eng. Dept. KAIST)

ABSTRACT

This paper proposes a hexahedral mesh generation scheme based on mapping approach and improves the drawback of sweeping algorithm. In order to improve the drawback, the algorithm in this paper generates hexahedral meshes by three dimensional element mapping first. Then hexahedral meshes are equivalent to geometry of the volume by mapping and smoothing. Sample meshes are constructed to demonstrate the mesh generating capability of the proposed algorithm.

Key Words : Hexahedron (육면체), Mapping (매핑), Mesh generation (요소망 생성)

1. 서론

대부분의 상용 CAD 프로그램들은 스위핑(sweeping), 끌기(extrude)등 마주보는 한 쌍의 곡면과 두 곡면을 연결하는 곡선 또는 곡면으로 이루어진 2.5 차원의 볼륨을 생성하는 방법을 제공하며, 설계 시 많은 부분에 적용되고 있다(Fig. 1). 2.5 차원 볼륨에 대한 육면체 요소망 생성 방법으로 스위핑 알고리즘⁽¹⁻³⁾은 지난 몇 년간 많은 연구가 이루어졌으며 다음과 같은 방법으로 이루어진다.

- 근원곡면(source surface)에 사각형 요소망을 생성한다.
- 연결곡면(connect surface)에 매핑(mapping)에 의해 사각형 요소망을 생성한다.
- 입체 내부에 절점을 생성한다.
- 육면체 요소를 생성한다.

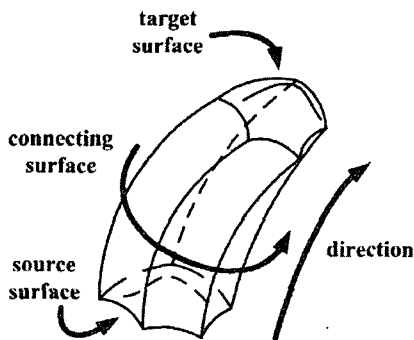


Fig. 1 Example of 2.5 dimensional volume

스위핑 알고리즘에 대한 많은 연구는 위의 네 단계 중 세번째 단계에 대하여 이루어졌다⁽¹⁻³⁾. 그러나 스위핑 알고리즘을 비드(bead)가 적용된 입체 또는 복곡면의 입체에 적용할 경우, 입체 내부의 절점이 연결곡면의 절점을 이용하여 생성된다. 그러므로 입체의 내부절점 생성 위치가 해당 층의 연결곡면의 절점을 많이 벗어난 경우 올바른 위치에 생성되지 못하여 전체 육면체 요소망이 입체의 기하형상과 일치하지 못하게 된다. 이러한 단점을 개선하기 위해서 본 논문에서는 매핑을 이용한 새로운 알고리즘을 제안한다.

2. 본론

본 논문에서 제안하는 알고리즘은 다음과 같은 방법으로 이루어진다.

- 근원 곡면에 사각형 요소망을 생성하고 대상 곡면에 매핑한 후 평활화한다.
- 근원곡면과 대상곡면(target surface)의 요소망을 기준으로 3 차원 선형 드래그(linear drag)하여 육면체 요소망을 생성한다
- 생성된 육면체 요소망의 외부 절점을 연결곡면에 매핑한 후 평활화한다. 육면체 요소망 내부 절점을 평활화하여 입체의 기하형상과 일치시킨다.

2.1 근원곡면과 대상곡면에 사각형 요소망 생성

모두 육면체 요소를 생성하기 위해서는 근원곡면

에 사각형 요소만을 생성하는 작업이 필요하며 사각형 요소의 품질은 육면체 요소의 품질에 미치는 영향이 크므로 높은 품질의 사각형 요소를 생성해야 한다. 이를 위하여 간접접근법을 이용하였으며 변환평면으로 근사 전개평면을 사용하였다. 평면영역에서의 요소망 생성을 위해서는 영역 분할법을 사용하였다. 높은 품질의 육면체 요소망 생성을 위해 대상곡면과 근원곡면의 사각형 요소망이 같은 형상의 사각형 요소망을 생성하여야 한다. 근원곡면의 경계곡선 위의 절점과 같은 수의 절점을 대상곡면의 경계곡선 위에 생성하고, 생성된 경계절점을 이용하여 근원곡면의 내부 절점을 대상곡면에 매핑한다. 근원곡면의 사각형 요소의 절점 정보를 이용하여 대상곡면의 사각형 요소를 생성한다.

2.2 요소 매핑으로 육면체 생성

대상곡면에 근원곡면과 같은 사각형 요소망을 생성한 후 근원곡면과 대상곡면의 사각형 요소망의 연결성을 고려하여 선형 드래그로 육면체 요소망을 생성한다. 이때 생성된 육면체 요소망은 연결곡면의 기하형상과 일치하지 않는다.

2.3 육면체 요소망의 외부 절점 매핑

연결곡면의 기하형상과 일치하지 않는 육면체 요소망의 외부 절점을 대응되는 연결곡면 위에 매핑한다. 대응되는 연결곡면은 근원곡면의 경계곡선과 연결곡면의 경계곡선의 정보를 이용하여 찾는다. 연결곡면의 형상에 따라 매핑 작업 시 올바른 위치로 매핑되지 않을 수 있으므로 요소를 평활화한다.

입체의 각 곡면에 매핑된 절점들을 기준으로 생성된 육면체 요소망의 내부 절점을 평활화하여 입체의 기하형상과 일치하는 육면체 요소망을 생성한다.

3. 적용 예

본 논문에서 제안한 알고리즘을 적용하여 여러 가지 2.5 차원 입체에 대하여 8 절점 육면체 요소망을 생성하였다. Fig 5(a)는 큰 곡률을 가진 한 쌍의 곡면으로 이루어진 입체에 요소망을 생성하였다. Fig 5(b)는 여러가지 곡률을 가진 자동차의 구성 부품 모델에 요소망을 생성하였다. Fig 6은 부재의 강성을 높이기 위하여 내부 비드를 적용한 형상에 요소망을 생성하였다. Fig 5(b), Fig 6의 경우, 길이방향의 마주보는 두 곡면의 형상과 면적이 다르기 때문에 두께 방향으로 요소망을 생성한 경우 높은 품질의 요소망을 생성할 수 있었다. 스위핑 알고리즘을 적용할 경우 생성된 요소망은 곡률이 큰 부분의 기하형상을 표현하지 못하였다.

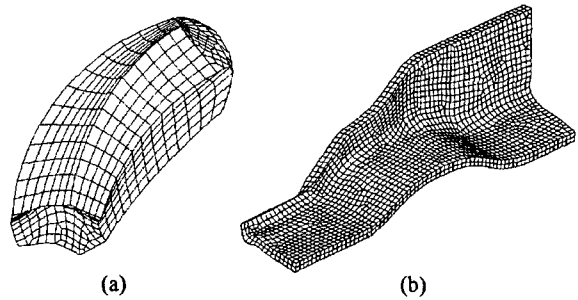


Fig 5 Example of 2.5 dimensional volume model. (a) A volume model with curved source and target surfaces(1521 hexahedral elements); (b) A shell structure model(3052 hexahedral elements)

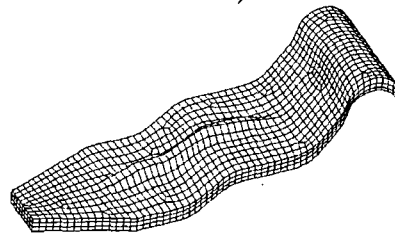


Fig 7 A shell structure model with a bead(2496 hexahedral elements)

4. 결론

본 논문에서는 매핑 알고리즘을 이용하여 2.5 차원 입체에 육면체 요소망을 생성하는 방법을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 스위핑 알고리즘을 적용할 수 있는 형상에서 요소망 생성이 원활하였으며, 스위핑 알고리즘의 단점인 내부 절점 생성 위치가 해당 층의 경계 절점들을 많이 벗어날 경우 입체의 기하형상을 벗어나는 것을 개선하였다.

후 기

본 연구는 산업자원부 공학용 해석 소프트웨어 기술 개발 사업의 연구비 지원에 의해 수행된 것입니다.

참고문헌

1. Roca, Xevi, Josep Sarrate, Antonio Huerta, "Surface Mesh Projection for Hexahedral Mesh Generation by Sweeping," Proceedings, 13th International Meshing Roundtable, pp.169-180, 2004.
2. 권기연, 채수원 "스위핑과 접목 알고리즘을 이용한 육면체 요소망의 생성," 한국 CAD/CAM 학회 논문집, Vol.6, No.2, pp.125-133, 2001.6.
3. Staten, Matthew L., Scott A. Canann, S. J. Owen, "BMSWEEP: Locating Interior Nodes During Sweeping," 7th International Meshing Roundtable, pp.7-18, 1998.