

자동 요소망 생성을 위한 격자구성기법 적용

이준성*(경기대 기계시스템디자인공학부), 박영재(성균관대 대학원 기계공학과),
장윤석, 최재봉, 김영진(성균관대 기계공학부)

Application of Grid-based Approach for Auto Mesh Generation of Vacuum Chamber

J. S. Lee(Division of Mechanical System Design Eng. KGU), Y. J. Park(Dept. of Mechanical Eng., SKKU),
Y. S. Chang, J. B. Choi and Y. J. Kim(School of Mechanical Eng., SKKU)

ABSTRACT

A seamless analysis of complex geometry is one of greatly interesting topic. However, there are still gaps between the industrial applications and fundamental academic studies owing to time consuming modeling process. To resolve this problem, an auto mesh generation program based on grid-based approach has been developed for IT-product in the present study. At first, base mesh and skin mesh are generated using the information of entities which extracted from IGES file. Secondly the provisional core mesh with rugged boundary geometry is constructed by superimposing the skin mesh as well as the base mesh generated from the CAD model. Finally, the positions of boundary nodes are adjusted to make a qualified mesh by adapting node modification and smoothing techniques. Also, for the sake of verification of mesh quality, the hexahedral auto mesh constructed by the program is compared with the corresponding tetrahedral free mesh and hexahedral mapped mesh through static finite element analyses. Thereby, it is anticipated that the grid-based approach can be used as a promising pre-processor for integrity evaluation of various IT-products.

Key Words : Auto Mesh Generation (자동 요소망 생성), Grid Mesh (격자 요소망), Grid-based Approach (격자 구성 기법), Skin Mesh (표면 요소망), Vacuum Chamber (진공챔버)

1. 서론

IT 관련 제품의 대부분은 형상이 복잡하고 두께가 얇은 부품들의 조합으로 이루어져 있다. 최근 이러한 IT 관련 제품의 설계시 각 부품들의 정확한 재료거동해석은 많은 공학자들이 관심을 가지고 있는 연구 분야이다. 최근 전산기술의 발전과 더불어 대규모해석 능력 및 다양한 해석 기법을 이용하여 복잡한 공학적 문제들이 유한요소해석을 통해 해석이 가능하게 되었다[1-3]. 그러나 아직까지 동시공학적 인 제품설계와 생산을 구현하기 위해서는 더욱 심도있는 학문적인 연구가 필요하다. 대부분의 산업현장에서는 요소망 생성 전문가가 많은 시간과 노력을 들여 한 모델에 대한 양질의 요소망을 생성하고 있다. 따라서 제품 설계시 다양한 설계변수를 고려하기 위한 유한요소해석은 요소망 생성을 위해

너무 많은 시간이 소요되고 있는 실정이다. 이러한 수동 요소망 생성은 전체 설계과정의 병목구간으로 문제가 되고 있다[4-8]. 이러한 문제를 해결하기 위해서 본 논문에서는 격자 구성 기법[9-12]을 적용하여 육면체 자동 요소망 생성 프로그램을 개발하였다. 3D CAD 모델로부터 추출한 IGES 파일의 형상 정보를 바탕으로 격자 요소망과 표면 요소망을 생성한다. 생성된 격자 요소망과 표면 요소망을 중첩시켜 격자 요소중에서 표면 요소망 안에 존재하는 격자 요소를 중심으로 예비 요소망을 생성한다. 마지막으로 예비 요소망의 경계 주변의 절점 정보를 수정하여 양질의 요소망을 빠른 시간에 얻을 수 있다. 본 논문에서 개발한 프로그램을 이용해 생성한 요소의 품질을 검증하기 위해 사면체 자동 요소망과 수동으로 구성한 육면체 요소망의 요소 품질 및 정해석 결과와 비교하였다. 본 연구를 통해 제시한

격자 구성 기법을 이용한 자동 요소망 생성 프로그램은 다양한 IT 관련 제품의 효율적인 건전성 평가를 하는데 큰 역할을 할 것으로 기대된다.

2. 격자 구성 기법을 이용한 자동 요소망 생성 프로그램 개발

2.1 개요

본 논문의 연구 대상인 진공챔버는 얇고 넓은 LCD 패널을 고정하고 집어 올리는 역할을 하는 기기로, 5 세대 LCD 제작부터 적용된 ODF (On Drop Filling) 공정의 주요 장비이다. 따라서 정밀공정이 요구되는 LCD 제작시 진공챔버의 미세한 거동을 예측할 필요가 있다. 이러한 진공챔버의 거동을 예측하기 위해서 유한요소해석을 수행하며, 이를 위해서는 숙련된 요소망 생성 전문가가 직접 상용 CAD 프로그램을 이용하여 요소망을 작성해야 한다. 사면체 요소를 사용하여 요소망을 작성할 경우, 대부분의 상용 CAD 프로그램에서 자동으로 쉽게 요소망을 생성할 수 있다. 하지만, 해석결과의 정확성을 얻기 위해서 가능한 육면체 요소를 이용하여 수동으로 요소망을 작성하기 때문에 많은 시간과 노력을 필요로 한다[4-8].

따라서 본 논문에서는 전체 해석과정에서 병목 구간인 요소망 작성을 효율적으로 수행하기 위해서 격자 구성 기법을 기반으로 한 자동 요소망 생성 프로그램을 개발하였다.

2.2 격자 구성 기법의 적용

격자 구성 기법을 기반으로 한 요소망 생성을 위해서는 먼저 관심 대상을 포함하는 일정한 육면체로 구성된 격자 요소망을 작성하고, 관심대상의 영역을 정의하기 위해 삼각형 셀(shell) 요소를 이용하여 표면 요소망을 작성한다. 3D CAD 모델로부터 IGES 파일의 형상 정보를 입력받아 자동으로 격자 요소망을 생성하는 모듈을 개발하였으며, 표면 요소망은 상용 CAD 프로그램에서 자동으로 쉽게 생성할 수 있다. 생성된 격자 요소망과 표면 요소망은 예비 요소망 생성 모듈을 통해 격자 요소망에서 표면 요소망의 영역안에 존재하는 격자 요소를 중심으로 예비 요소망을 생성한다. 마지막으로 결점 수정 모듈은 표면 요소망과 격자 요소망의 교점을 포함한 예비 요소망의 경계 주변의 결점 정보를 수정하여 최종 요소망을 생성한다. Fig. 1은 본 논문에서 개발한 격자 구성 기법을 기반으로 한 자동 요소망 생성 프로그램의 일반적인 개요를 보여준다.

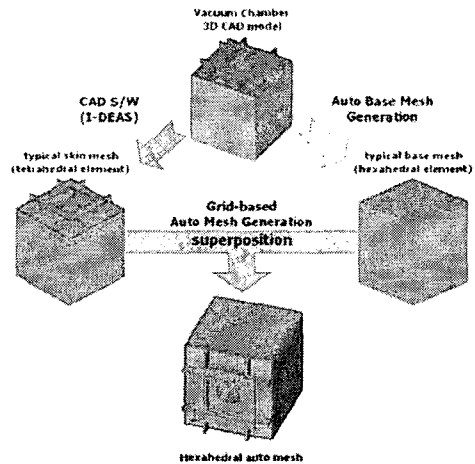


Fig. 1 Typical process of proposed grid-based auto mesh generation

3. 자동 요소망 생성 프로그램을 이용한 진공챔버의 유한요소해석

3.1 유한요소해석

본 논문에서 개발한 자동 요소망 생성 프로그램을 이용해 생성한 요소의 품질을 검증하기 위해서 유한요소해석을 수행하였다. 본 논문에서 생성한 육면체 자동 요소망과 사면체 자동 요소망 그리고 수동으로 구성된 육면체 요소망의 요소 품질을 비교하였고, 동일한 하중 및 경계조건하에서 정해석을 수행하여 결과를 비교 검증하였다. 하중조건은 Fig. 2 와 같이 LCD 패널의 자중에 의한 영향을 고려하기 위해 진공챔버의 상단에 300kg 의 외부 하중을 주었고, 진공챔버의 내부에 102,320Pa 의 내압으로 진공상태를 모사하였다. 또한 진공챔버의 밑부분을 구속하여 실제 경계조건을 적용하였다. 탄성계수와 포와송 비는 각각 194GPa 과 0.28 을 주어서 해석하였다.

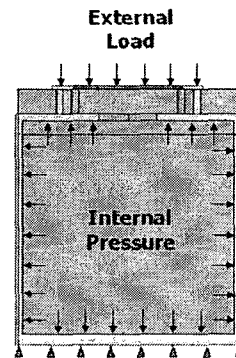


Fig. 2 Loading and boundary conditions

3.2 결과 및 토의

3 가지 요소망으로 수행한 해석결과는 응력집중이 예상되는 관심부위 4 곳을 Fig. 3 과 같이 선정하여 변위와 응력을 비교하였다.

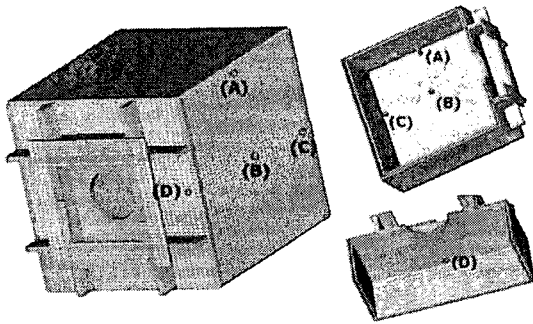


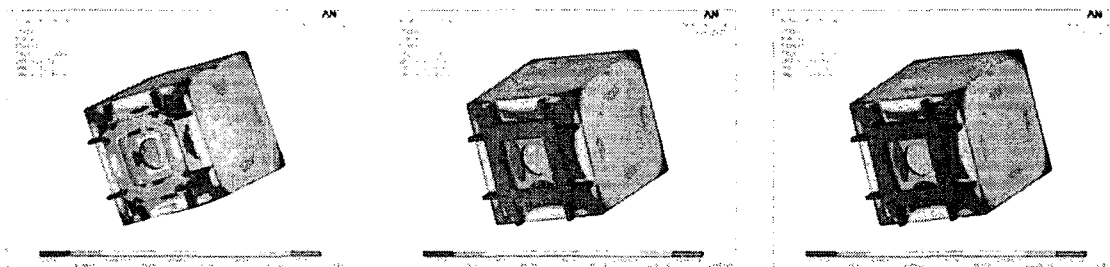
Fig. 3 Interesting locations of vacuum chamber

Fig. 4 와 5 는 유한요소해석으로부터 얻은 3 가지 요소망의 von-Mises 응력과 z 방향 변위 분포를 각각 나타낸다. 육면체 자동 요소망과 수동 육면체 요소망의 응력과 변위 분포가 잘 일치함을 알 수 있다. 반면에 사면체 자동 요소망은 응력과 변위의 분포가 조금 다른 경향을 보인다. 요소망 생성 방법에 따른 요소 품질 및 해석에 필요한 시간을 Table 1 에 좀더 자세히 정리하였다. 앞서 언급한 바

와 같이 육면체 자동 요소망은 육면체 수동 요소망과 비슷한 경향을 보인다. 그러나 육면체 자동 요소망의 절점수와 요소수가 수동 육면체 요소망에 비해 작음을 알 수 있다. 이로 인해 동일한 복잡한 형상을 구현하는데 있어서 aspect ratio 가 1.27 높아진 결과를 가져왔지만, Fig. 6 에서 보는 바와 같이 관심영역 4 곳의 응력과 변위의 차가 0.7%~9.1% 이내이고 변위는 0.00077mm 이내에서 잘 일치함을 검증하였다. 사면체 자동 요소망의 경우 요소망 생성이 가장 빠르지만, 해석 결과가 좋지 않았다.

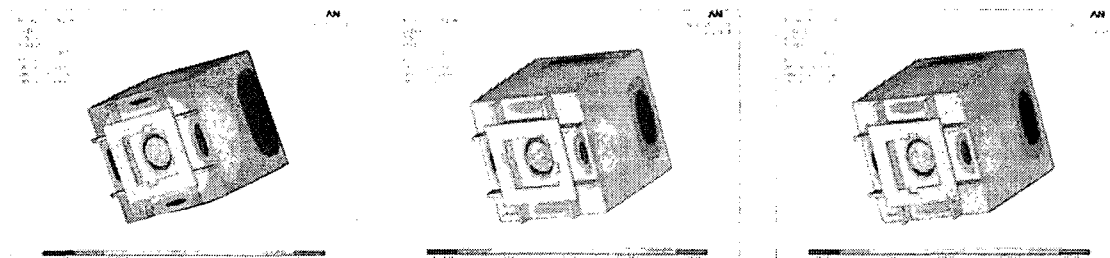
Table 1 Comparison of measured roughness data

Mesh type	Tetrahedral free mesh	Hexahedral mapped mesh	Hexahedral auto Mesh
Number of nodes	46,643	63,851	42,565
Number of elements	166,674	48,418	30,592
Maximum aspect ratio	3.00	4.47	5.90
Mesh gen. time [sec.]	25	18,000	960
FEA time [sec.]	309	210	98



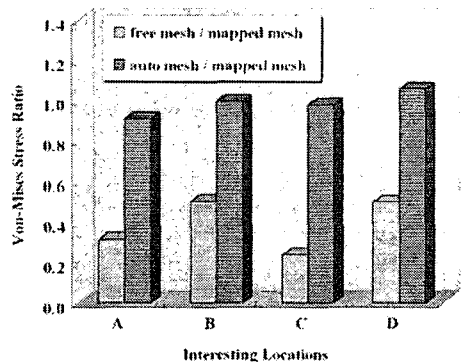
(a) Tetrahedral free mesh (b) Hexahedral mapped mesh (c) Hexahedral auto mesh

Fig. 4 Von-Mises stress contour obtained from finite element analyses

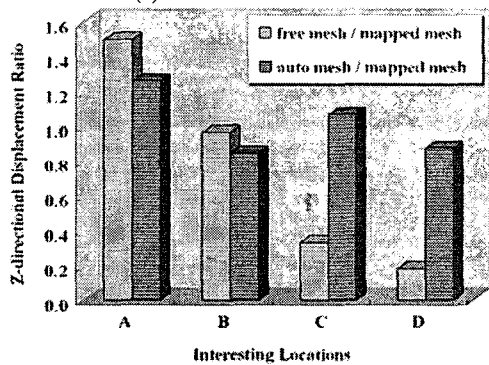


(a) Tetrahedral free mesh (b) Hexahedral mapped mesh (c) Hexahedral auto mesh

Fig. 5 Z-directional displacement contour obtained from finite element analyses



(a) Von-Mises stress ratio



(b) Z-directional displacement ratio

Fig. 6 Comparison of finite element analysis results

4. 결론

본 논문에서는 격자구성기법을 적용하여 자동 요소망 생성 프로그램을 개발하여 진공챔버 해석에 적용하였다. 이를 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

- (1) 진공챔버의 육면체 수동 요소망을 작성할 때 보다 절점과 요소수는 약 1/2로 줄었고, 요소망 생성시간과 유한요소해석 시간은 각각 20배와 2배로 빨라졌다.
- (2) 유한요소해석 결과를 수동 육면체 요소망과 비교했을 때, von-Mises 응력은 최대 9.1%, 변위는 1.3×10^{-3} mm 이내에서 잘 일치함을 보였다.
- (3) 본 논문에서 개발한 자동 요소망 생성 프로그램은 향후 다양한 IT 제품의 건전성 평가를 위한 전처리기로 활용될 것으로 기대된다.

후기

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(No. R01-2004-000-10469-0) 지원으로 수행되었음. 이에 관계자 여러분들께 감사드립니다.

참고문헌

1. Ho-Le, K., Infinite Element Mesh Generation Methods: a review and classification, Computer Aided Design, Vol. 20, pp. 27-38, 1998.
2. Shephard, M.S., Grice, K.R., Lo, J.A. and Schroeder, W.J., Trends in Automatic Three-dimension Mesh Generation, Computers and Structures, Vol. 30, pp. 421-429, 1988.
3. George, P.L., Automatic Mesh Generation, Wiley, New York, 1991.
4. Yagawa, G. and Furukawa, T., Recent Developments of free mesh method, International Journal for Numerical Methods in Engineering, Vol. 47, pp. 1419-1443, 2000.
5. Cendes, Z.J., Shenton, D., and Shahnasser, H., Magnetic Field Computation Using Delaunay Triangulation and Complementary Finite Element Method, IEEE Trans. Magazine, Vol. MAG-19, No. 6, 1983.
6. Shephard, M.S. and Georges, M.K., Automatic Three-dimensional Mesh Generation by the Finite Octree Technique, International Journal for Numerical Methods in Engineering, Vol. 32, pp. 709-749, 1991.
7. Shephard, M.S., Guerinoni, F., Flaherty, J.E., Ludwig, R.A. and Bachmann, P.L., Adaptive Solution of the Euler Equations Using Finite Quadtree and Octree grids, Computers and Structures, Vol. 30, pp. 327-336, 1988.
8. Frey, P.J. and George, P.L., Mesh Generation Application to Finite Elements, HERMES Science, UK, 2000.
9. Kopp, R., Karhausen, K. and Schneiders, R., Application of FEM to Prediction of Microstructure in Hot Forming of Metals, Proceedings of the 4th ICTP, pp. 1203-1211, 1993.
10. Taghavi, R., Automatic Mesh Generation from CAD on Vector-parallel and Massively Parallel Supercomputers, Cray Research Inc., 1994.
11. Tekkaya, A.E. and Kavakli, S., 3-D Simulation of Metal Forming Processes with Automatic Mesh Generation, Steel Research, Vol. 66, pp. 377-383, 1995.
12. J.H. Yoon and D.Y. Yang, Rigid-plastic Finite Element Analysis of Three-dimensional Forging by considering Friction on Continuous Curved Dies with Initial Guess Generation, International Journal of Mechanical Sciences, Vol. 30, pp. 887-898, 1988.