

클러스터 시스템을 이용한 3차원 강소성 유한요소법

최영*(인제대 기계자동차공학부), 서용위(인제대 기계자동차공학부)

주제어 : 클러스터 시스템, 강소성 유한요소법, 병렬계산, PCG법, 블록업세팅

최근 컴퓨터 산업의 비약적인 발전을 바탕으로 다양한 3 차원 성형문제에 대한 유한요소해석 및 설계기술이 개발되고 산업현장에서 이용되어지고 있다. 본 연구에서는 방대한 연산이 필요로 하는 3 차원 3차원 단조문제인 블록 업세팅(Block Upsetting)의 해석을 개발된 클러스터 시스템(Cluster System)과 병렬코드(Parallel Code)를 이용하여 해석하고자한다.

클러스터 시스템의 구성은 개인용 컴퓨터 15 대를 네트워크 연결을 이용하여 구축하였다. 마스트 노드(Master Node)는 AMD 애슬론 2400+, DDR 2700 1G 로 구성되며, 다른 14 노드(Node)들은 AMD 애슬론 1800+, DDR 2700 256M 의 사양이며, 각 노드에 채널 본딩(Channel Bonding)을 이용한 100M, full duplex mode 의 NIC 2 개를 이용하였으며, 100M, full duplex mode 16 포트 스위치(switch) 2 개로 네트워크(Network)이 구축되어 있다. 또한 각 노드에 하드디스크를 설치하여 노드간 통신 량을 줄였다. OS 는 리눅스(Kernel 2.4.20)를 이용하였고 i686 CPU 에 최적화하여 성능향상을 도모하였다. 클러스터의 노드간 통신함수로 MPICH 1.2.5 를 이용하였다.

개발된 15 node 클러스터 시스템, Simforge Cluster 를 Fig.1 에 나타낸다. 이러한 소규모 클러스터 시스템은 개인 혹은 중·소규모 연구 집단에서 사용하는 데 적합할 것으로 판단되며, 저렴한 비용으로 구축하는 것이 가능하다. 본 연구에서의 개발한 Simforge 클러스터 시스템의 하드웨어 구입비용은 약 850 만원 정도로 연산능력에 대비 성능이 우수한 장점이 있다. 또한 개인용 컴퓨터를 이용한 클러스터 시스템은 유지보수 및 시스템 업그레이드 비용이 저렴한 것이 장점이다. 현재의 Simforge 시스템의 실제 메모리인 4.5G 를 8G 로 업그레이드하는 비용은 약 70 만원정도로 저렴한 장점이 있다.

강소성 유한요소법에서 해를 구해야하는 비선형 연립방정식을 뉴턴랩슨법을 이용하여 선형화하고 이를 PCG(Preconditioned Conjugate Gradient)법으로 해를 구하는 반복과정을 병렬화 하였다. PCG 법은 행렬-벡터의 곱과 벡터-벡터의 내적을 이용하여 선형화된 연립방정식의 해를 구함으로 병렬화에 유리한 방법이다. 본 연구에서는 강성행렬(Stiffness Matrix)을 행압축 저장(row compressed storage) 방법으로 각 node 에 요소군에 분산저장하여 효율성을 높였다. 이러한 병렬화 개념을 Fig.2 에 나타낸다.

본 논문에서는 개발된 클러스터 시스템과 병렬 강소성 유한요소 코드를 간단한 3 차원 단조문제인 블록 업세팅에 적용하여 시스템 성능을 살펴본다. 병렬연산(Parallel Computation)에 사용된 프로세서 수와 블록업세팅의 요소수를 변화시켜 계산시간과 결과를 비교한다.

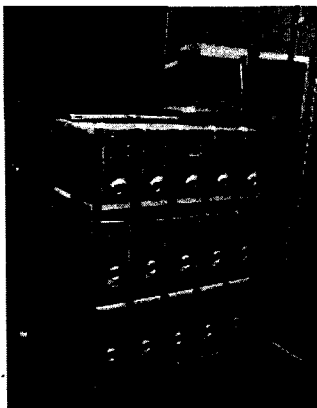


Fig. 1 Simforge Cluster System

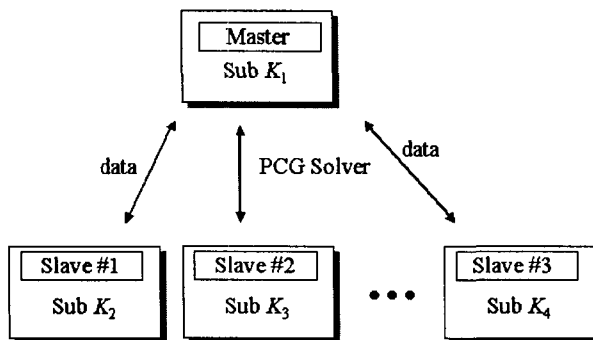


Fig. 2 The Storage of Stiffness matrix