(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년02월05일
(11) 등록번호 10-1358037
(24) 등록일자 2014년01월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 9/06 (2006.01) *G06F 9/38* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0136287
(22) 출원일자 2012년11월28일
심사청구일자 2012년11월28일
(56) 선행기술조사문헌
논문1:IPDPS '03, IEEE, 2003.04.22

(73) 특허권자
한국과학기술정보연구원
대전광역시 유성구 대학로 245 (어은동)
(72) 발명자
김민아
대전 유성구 어은로 57, 137동 604호 (어은동, 한빛아파트)
이세훈
대전광역시 유성구 어은로42번길 22, 205호 한빛빌라
이중연
대전광역시 서구 청사로 65 황실타운아파트 108동 1205호
(74) 대리인
특허법인화우

전체 청구항 수 : 총 38 항 심사관 : 고재용

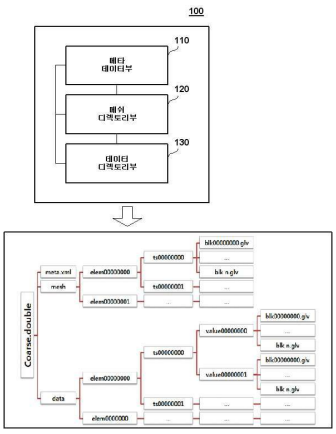
(54) 발명의 명칭 **대용량 C F D 병렬 데이터의 가시화를 위한 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체 및 그 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법**

(57) 요 약

본 발명은 대용량의 CFD 데이터를 병렬로 처리하여 가시화 하는데 있어서 대용량 데이터를 구조 격자 또는 비구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조로 생성하여 저장하거나 기록하여 둘 수 있도록 하는, 대용량 C F D 병렬 데이터의 가시화를 위한 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체 및 그 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법에 관한 것이다.

본 발명에 따른 대용량 C F D 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자(Structured Grid)의 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체에 있어서, 상기 구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조는, 메쉬(mesh)와 데이터(data)에 대한 엘리먼트(element)의 수와 ID, 타임스텝(time step)의 수와 ID, 그리고 상기 데이터(data)의 밸류(value)의 수와 ID를 포함하는 전체 데이터에 대한 특성 정보를 기술하는 메타(meta) 데이터부; 상기 메쉬에 대해 엘리먼트(element) 단위의 디렉토리(directory)와 상기 엘리먼트 내에 타임스텝(time step)별 디렉토리가 격자 구조로 구조화 된 메쉬 디렉토리부; 및 상기 데이터에 대해 엘리먼트(element) 단위의 디렉토리(directory)와 상기 엘리먼트 내에 타임스텝(time step)별 디렉토리가 격자 구조로 구조화되고, 상기 타임스텝별 디렉토리마다 하나 이상의 밸류(value)별 디렉토리(directory)가 구조화 된 데이터 디렉토리부를 포함한다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자(Structured Grid)의 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체에 있어서,

상기 구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조는,

메쉬(mesh)와 데이터(data)에 대한 엘리먼트(element)의 수와 ID, 타임스텝(time step)의 수와 ID, 그리고 상기 데이터(data)의 밸류(value)의 수와 ID를 포함하는 전체 데이터에 대한 특성 정보를 기술하는 메타(meta) 데이터부;

상기 메쉬에 대해 엘리먼트(element) 단위의 디렉토리(directory)와 상기 엘리먼트 내에 타임스텝(time step)별 디렉토리가 격자 구조로 구조화 된 메쉬 디렉토리부; 및

상기 데이터에 대해 엘리먼트(element) 단위의 디렉토리(directory)와 상기 엘리먼트 내에 타임스텝(time step)별 디렉토리가 격자 구조로 구조화되고, 상기 타임스텝별 디렉토리마다 하나 이상의 밸류(value)별 디렉토리(directory)가 구조화 된 데이터 디렉토리부;

를 포함하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 메타 데이터부는, CFD를 통해 계산된 밸류(value)의 리스트와, 상기 밸류(value)들이 존재하는 위치에 해당되는 메쉬(mesh)를 포함하는 것을 특징으로 하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 메쉬 디렉토리부의 각 타임스텝별 디렉토리마다 하나 이상의 블럭(block) 데이터가 파일로 저장되고, 상기 데이터 디렉토리부의 각 밸류별 디렉토리마다 하나 이상의 블럭(block) 데이터가 파일로 저장된 것을 특징으로 하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 메쉬 디렉토리부는, 상기 엘리먼트의 리스트로 재정의되고, 상기 메쉬의 각 포인트는 x,y,z의 순서로 표현되며, 상기 엘리먼트는 고유의 ID와 value, dimension의 항목을 가지며, 상기 ID는 하나의 데이터 셋에서 엘리먼트를 구분하는 유일한 ID이고, 상기 value는 상기 엘리먼트가 가지는 물성치의 리스트인 것을 특징으로 하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

하나의 상기 엘리먼트는 여러 개의 블럭(block)으로 구성되고, 상기 블럭이 가진 메쉬의 dimension은 하나의 엘리먼트 내에 여러 개가 존재하며, dimensions는 엘리먼트 내에 존재하는 서로 다른 dimension들을 기술하며, 상기 dimension은 고유의 ID와 dimension size 및 동일한 dimension을 가지는 블럭의 리스트로 구성된 것을 특징으로 하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체.

청구항 6

대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자(Unstructured Grid)의 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체에 있어서,

상기 비구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조는,

메쉬(mesh)와 셀 정보(cellinfo) 및 데이터(data)에 대한 엘리먼트(element)의 수와 ID, 타임스텝(time step)의 수와 ID, 그리고 상기 데이터(data)의 밸류(value)의 수와 ID를 포함하는 전체 데이터에 대한 특성 정보를 기술하는 메타(meta) 데이터부;

상기 메쉬에 대해 엘리먼트(element) 단위의 디렉토리(directory)와 상기 엘리먼트 내에 타임스텝(time step)별 디렉토리가 격자 구조로 구조화 된 메쉬 디렉토리부;

상기 메쉬 내에 저장된 블럭(block)별 포인트가 구성하는 셀 정보를 저장하며, 상기 셀 정보에 대해 엘리먼트(element) 단위의 디렉토리(directory)와 상기 엘리먼트 내에 타임스텝(time step)별 디렉토리가 격자 구조로 구조화 된 셀정보 디렉토리부; 및

상기 데이터에 대해 엘리먼트(element) 단위의 디렉토리(directory)와 상기 엘리먼트 내에 타임스텝(time step)별 디렉토리가 격자 구조로 구조화되고, 상기 타임스텝별 디렉토리마다 하나 이상의 밸류(value)별 디렉토리(directory)가 구조화 된 데이터 디렉토리부;

를 포함하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 메타 데이터부는, 구조 격자(Unstructured Grid), 타임스텝(time step)의 수, 밸류 리스트(value list)에 관한 밸류 정보(values)와, 엘리먼트의 수와 ID, 블럭의 수, 메쉬의 dimension 수, 포인트 위치에 관한 엘리먼트 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 셀정보 디렉토리부는, 상기 엘리먼트의 리스트로 재정의되고, 상기 메쉬의 각 포인트는 x,y,z의 순서로 표현되며, 상기 엘리먼트는 고유의 ID와 value, dimension의 항목을 가지며, 상기 ID는 하나의 데이터 셋에서 엘리먼트를 구분하는 유일한 ID이고, 상기 value는 상기 엘리먼트가 가지는 물성치의 리스트인 것을 특징으로 하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

하나의 상기 엘리먼트는 여러 개의 블럭(block)으로 구성되고, 상기 블럭이 가진 메쉬의 dimension은 하나의 엘리먼트 내에 여러 개가 존재하며, dimensions는 엘리먼트 내에 존재하는 서로 다른 dimension들을 기술하며, 상기 dimension은 고유의 ID와 dimension size 및 동일한 dimension을 가지는 블럭의 리스트로 구성된 것을 특징으로 하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체.

청구항 10

대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자(Structured Grid)의 바이너리(Binary) 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체에 있어서,

상기 구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조는,

dimension에 해당하는 i,j,k의 값으로 블럭의 크기를 결정하는 메쉬(mesh)와, 상기 메쉬의 포인트에서 가지는 밸류의 값에 관한 밸류(value)를 포함하는 전체 데이터에 대한 특성 정보를 기술하는 메타(meta) 데이터부;

상기 메쉬에 대해 상기 메쉬의 격자점 좌표를 기술하되, 상기 dimension에 해당하는 i,j,k 값의 수만큼 좌표를 기술하며, 상기 메타 데이터부에 기술된 각 블럭의 크기만큼의 바이너리 데이터 형식으로 저장하는 메쉬 블럭부; 및

상기 메쉬의 포인트에서 가질 수 있는 물성치를 기술하는 밸류 블럭부;

를 포함하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 메쉬 블럭부는, 상기 dimension에 기술된 i,j,k의 값이 다른 메쉬에 대해 파일도 분리하여 저장하는 것을 특징으로 하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체.

청구항 12

제 10 항에 있어서,

상기 메쉬 블럭부는, 해당 블럭이 속한 포인트 수(mesh dimension size)와, 포인트에 대한 좌표를 메쉬의 타입(mesh type)으로 기술하며, 상기 메쉬의 포인트에 대한 좌표계를 메쉬 차원(mesh dimension)으로 기술하는 것을 특징으로 하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체.

청구항 13

제 10 항에 있어서,

상기 밸류 블럭부는, 해당 블럭이 속한 포인트의 수(mesh dimension size)와, 밸류의 데이터 타입(data type)을 기술하는 것을 특징으로 하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체.

청구항 14

대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자(Unstructured Grid)의 바이너리(Binary) 데이터 파일

포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체에 있어서,

상기 비구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조는,

메쉬 포인트(mesh point)의 좌표를 기술하는 메쉬(Mesh) 파일부;

포인트로 구성된 셀 정보를 기술하는 셀정보(Cellinfo) 파일부; 및

각 메쉬에 대해 계산된 값들을 표현하는 밸류(Value) 파일부;

를 포함하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 메쉬 파일부는, 상기 메쉬의 점들에 대해 상기 메쉬를 구성하는 포인트의 수와, 상기 점들이 구성하는 셀들의 수, 상기 점들로 구성된 다양한 셀 중 가장 많은 점으로 구성된 셀의 점의 수가 기술된 것을 특징으로 하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체.

청구항 16

제 14 항에 있어서,

상기 셀정보 파일부는, 메쉬 블럭 하나에 해당하는 셀 정보를 셀정보 리스트(cell Info List)와, 셀타입 어레이(Cell types Array) 및 셀위치 어레이(Cell Location Array)를 포함하는 형태로 저장하는 것을 특징으로 하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 셀정보 리스트는 메쉬 블럭당 하나씩 저장되며 셀에 대한 정보를 저장하는 파일이고, 상기 셀타입 어레이는 셀의 타입을 셀의 수만큼 저장하며 셀 타입에 따라 하나의 셀을 구성하는 포인트의 수가 결정되며, 상기 셀위치 어레이는 상기 셀정보 리스트 상에 셀 정보가 위치한 오프셋(offset)을 저장한 것을 특징으로 하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체.

청구항 18

제 14 항에 있어서,

상기 밸류 파일부는, 데이터가 엘리먼트 디렉토리와 타임스텝 디렉토리 및 밸류 디렉토리에 저장되고, 물성치에 해당하는 실제 값이 저장된 것을 특징으로 하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 밸류 파일부는, 상기 엘리먼트 디렉토리 내에 존재하는 값이 cell centered이면 cell의 수만큼 데이터를

저장하고, 상기 엘리먼트 디렉토리 내에 존재하는 값이 point이면 point의 수만큼 데이터를 저장하며, 밸류는 스칼라(scalar)의 경우 nDim은 1이고, 2차원 벡터(Ventor)일 경우 nDim은 2이며, 3차원일 경우 nDim은 3인 것을 특징으로 하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체.

청구항 20

대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자(Structured Grid)의 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법에 있어서,

(a) 메쉬(mesh)와 데이터(data)에 대한 엘리먼트(element)의 수와 ID, 타임스텝(time step)의 수와 ID, 그리고 상기 데이터(data)의 밸류(value)의 수와 ID를 포함하는 전체 데이터에 대한 특성 정보를 기술하는 메타(meta) 데이터를 생성하는 단계;

(b) 상기 메쉬에 대해 엘리먼트(element) 단위의 디렉토리(directory)와 상기 엘리먼트 내에 타임스텝(time step)별 디렉토리가 격자 구조로 구조화 된 메쉬 디렉토리를 생성하는 단계; 및

(c) 상기 데이터에 대해 엘리먼트(element) 단위의 디렉토리(directory)와 상기 엘리먼트 내에 타임스텝(time step)별 디렉토리가 격자 구조로 구조화되고, 상기 타임스텝별 디렉토리마다 하나 이상의 밸류(value)별 디렉토리(directory)가 구조화 된 데이터 디렉토리를 생성하는 단계;

를 포함하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법.

청구항 21

제 20 항에 있어서,

상기 (a) 단계는, 상기 메타 데이터에 CFD를 통해 계산된 밸류(value)의 리스트와, 상기 밸류(value)들이 존재하는 위치에 해당되는 메쉬(mesh)를 포함하는 것을 특징으로 하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법.

청구항 22

제 20 항에 있어서,

상기 (b) 단계는, 상기 메쉬 디렉토리의 각 타임스텝별 디렉토리마다 하나 이상의 블럭(block) 데이터가 파일로 저장되고, 상기 데이터 디렉토리의 각 밸류별 디렉토리마다 하나 이상의 블럭(block) 데이터가 파일로 저장된 것을 특징으로 하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법.

청구항 23

제 20 항에 있어서,

상기 (b) 단계에서 상기 메쉬 디렉토리부는, 상기 엘리먼트의 리스트로 재정의되고, 상기 메쉬의 각 포인트가 x,y,z의 순서로 표현되며, 상기 엘리먼트가 고유의 ID와 value, dimension의 항목을 가지며, 상기 ID는 하나의 데이터 셋에서 엘리먼트를 구분하는 유일한 ID이고, 상기 value는 상기 엘리먼트가 가지는 물성치의 리스트인 것을 특징으로 하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법.

청구항 24

제 23 항에 있어서,

하나의 상기 엘리먼트는 여러 개의 블럭(block)으로 구성되고, 상기 블럭이 가진 메쉬의 dimension은 하나의 엘리먼트 내에 여러 개가 존재하며, dimensions는 엘리먼트 내에 존재하는 서로 다른 dimension들을 기술하며, 상기 dimension은 고유의 ID와 dimension size 및 동일한 dimension을 가지는 블럭의 리스트로 구성된 것을 특징으로 하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법.

청구항 25

대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자(Unstructured Grid)의 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법에 있어서,

(a) 메쉬(mesh)와 셀 정보(cellinfo) 및 데이터(data)에 대한 엘리먼트(element)의 수와 ID, 타임스텝(time step)의 수와 ID, 그리고 상기 데이터(data)의 밸류(value)의 수와 ID를 포함하는 전체 데이터에 대한 특성 정보를 기술하는 메타(meta) 데이터를 생성하는 단계;

(b) 상기 메쉬에 대해 엘리먼트(element) 단위의 디렉토리(directory)와 상기 엘리먼트 내에 타임스텝(time step)별 디렉토리가 격자 구조로 구조화 된 메쉬 디렉토리를 생성하는 단계;

(c) 상기 메쉬 내에 저장된 블럭(block)별 포인트가 구성하는 셀 정보를 저장하며, 상기 셀 정보에 대해 엘리먼트(element) 단위의 디렉토리(directory)와 상기 엘리먼트 내에 타임스텝(time step)별 디렉토리가 격자 구조로 구조화 된 셀정보 디렉토리를 생성하는 단계; 및

(d) 상기 데이터에 대해 엘리먼트(element) 단위의 디렉토리(directory)와 상기 엘리먼트 내에 타임스텝(time step)별 디렉토리가 격자 구조로 구조화되고, 상기 타임스텝별 디렉토리마다 하나 이상의 밸류(value)별 디렉토리(directory)가 구조화 된 데이터 디렉토리를 생성하는 단계;

를 포함하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법.

청구항 26

제 25 항에 있어서,

상기 (a) 단계는 상기 메타 데이터부에 구조 격자(Unstructured Grid), 타임스텝(time step)의 수, 밸류 리스트(value list)에 관한 밸류 정보(values)와, 엘리먼트의 수와 ID, 블럭의 수, 메쉬의 dimension 수, 포인트 위치에 관한 엘리먼트 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법.

청구항 27

제 26 항에 있어서,

상기 (c) 단계에서 상기 셀정보 디렉토리부는, 상기 엘리먼트의 리스트로 재정의되고, 상기 메쉬의 각 포인트가 x,y,z의 순서로 표현되며, 상기 엘리먼트가 고유의 ID와 value, dimension의 항목을 가지며, 상기 ID는 하나의 데이터 셋에서 엘리먼트를 구분하는 유일한 ID이고, 상기 value는 상기 엘리먼트가 가지는 물성치의 리스트인 것을 특징으로 하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법.

청구항 28

제 27 항에 있어서,

하나의 상기 엘리먼트는 여러 개의 블럭(block)으로 구성되고, 상기 블럭이 가진 메쉬의 dimension은 하나의 엘리먼트 내에 여러 개가 존재하며, dimensions는 엘리먼트 내에 존재하는 서로 다른 dimension들을 기술하며, 상

기 dimension은 고유의 ID와 dimension size 및 동일한 dimension을 가지는 블럭의 리스트로 구성된 것을 특징으로 하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법.

청구항 29

대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자(Structured Grid)의 바이너리(Binary) 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법에 있어서,

(a) dimension에 해당하는 i,j,k의 값으로 블럭의 크기를 결정하는 메쉬(mesh)와, 상기 메쉬의 포인트에서 가지는 밸류의 값에 관한 밸류(value)를 포함하는 전체 데이터에 대한 특성 정보를 기술하는 메타(meta) 데이터를 생성하는 단계;

(b) 상기 메쉬에 대해 상기 메쉬의 격자점 좌표를 기술하되, 상기 dimension에 해당하는 i,j,k 값의 수만큼 좌표를 기술하며, 상기 메타 데이터부에 기술된 각 블럭의 크기만큼의 바이너리 데이터 형식으로 저장하는 메쉬 블럭부를 생성하는 단계; 및

(c) 상기 메쉬의 포인트에서 가질 수 있는 물성치를 기술하는 밸류 블럭부를 생성하는 단계;

를 포함하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법.

청구항 30

제 29 항에 있어서,

상기 (b) 단계는 상기 메쉬 블럭부가 상기 dimension에 기술된 i,j,k의 값이 다른 메쉬에 대해 파일도 분리하여 저장하는 것을 특징으로 하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법.

청구항 31

제 29 항에 있어서,

상기 (b) 단계는 상기 메쉬 블럭부가 해당 블럭이 속한 포인트 수(mesh dimension size)와, 포인트에 대한 좌표를 메쉬의 타입(mesh type)으로 기술하며, 상기 메쉬의 포인트에 대한 좌표계를 메쉬 차원(mesh dimension)으로 기술하는 것을 특징으로 하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법.

청구항 32

제 29 항에 있어서,

상기 (c) 단계는 상기 밸류 블럭부가 해당 블럭이 속한 포인트의 수(mesh dimension size)와 밸류의 데이터 타입(data type)을 기술하는 것을 특징으로 하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법.

청구항 33

대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자(Unstructured Grid)의 바이너리(Binary) 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법에 있어서,

(a) 메쉬 포인트(mesh point)의 좌표를 기술하는 메쉬(Mesh) 파일을 생성하는 단계;

(b) 포인트로 구성된 셀 정보를 기술하는 셀정보(Cellinfo) 파일을 생성하는 단계; 및

(c) 각 메쉬에 대해 계산된 값들을 표현하는 밸류(Value) 파일을 생성하는 단계;

를 포함하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법.

청구항 34

제 33 항에 있어서,

상기 (a) 단계는, 상기 메쉬 파일에, 상기 메쉬의 점들에 대해 상기 메쉬를 구성하는 포인트의 수와, 상기 점들이 구성하는 셀들의 수, 상기 점들로 구성된 다양한 셀 중 가장 많은 점으로 구성된 셀의 점의 수가 기술된 것을 특징으로 하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법.

청구항 35

제 33 항에 있어서,

상기 (b) 단계는, 상기 셀정보 파일에, 메쉬 블럭 하나에 해당하는 셀 정보를 셀정보 리스트(cell Info List)와, 셀타입 어레이(Cell types Array) 및 셀위치 어레이(Cell Location Array)가 저장된 것을 특징으로 하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법.

청구항 36

제 35 항에 있어서,

상기 셀정보 리스트는 메쉬 블럭당 하나씩 저장되며 셀에 대한 정보를 저장하는 파일이고, 상기 셀타입 어레이는 셀의 타입을 셀의 수만큼 저장하며 셀 타입에 따라 하나의 셀을 구성하는 포인트의 수가 결정되며, 상기 셀위치 어레이에는 상기 셀정보 리스트 상에 셀 정보가 위치한 오프셋(offset)이 저장된 것을 특징으로 하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법.

청구항 37

제 33 항에 있어서,

상기 (c) 단계에서 상기 밸류 파일은, 데이터가 엘리먼트 디렉토리와 타임스텝 디렉토리 및 밸류 디렉토리에 저장되고, pressure와 density, vorticity에 해당하는 실제 값이 저장된 것을 특징으로 하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법.

청구항 38

제 37 항에 있어서,

상기 밸류 파일은, 상기 엘리먼트 디렉토리 내에 존재하는 값이 cell centered이면 cell의 수만큼 데이터를 저장하고, 상기 엘리먼트 디렉토리 내에 존재하는 값이 point이면 point의 수만큼 데이터를 저장하며, 밸류는 스칼라(scalar)의 경우 nDim은 1이고, 2차원 벡터(Ventor)일 경우 nDim은 2이며, 3차원일 경우 nDim은 3인 것을 특징으로 하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 대용량의 CFD(Computational Fuid Dynamics) 데이터를 병렬로 처리하여 가시화 하는데 있어서 그 처리 속도를 빠르게 할 수 있는 데이터 파일 포맷 구조로 데이터를 생성하고, 이렇게 생성된 데이터 파일 포맷 구조의 대용량 데이터를 저장하거나 기록하여 둠으로써, 대용량의 데이터를 빠른 시간 내에 처리하여 가시화 할 수 있도록 하는, 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록매체 및 그 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] CFD(Computational Fuid Dynamics)는 컴퓨터 상에서 유동해석을 모사하여 수행하는 분야이다. CFD 분야에서 후처리인 가시화는 해석의 결과를 좀 더 직관적으로 이해할 수 있도록 데이터를 그림으로 표현하는 것을 의미한다. CFD를 수행하는 상용 도구로는 Fluent, CFD++ 등이 있고, OpenFOAM과 같이 다양한 Open Soure로 구현된 해석도구도 존재한다.

[0003] 이러한 도구들은 각각의 도구에서 후처리를 위한 가시화를 수행할 수 있으나, 해석도구에서 제공하는 가시화의 수준이 매우 낮으므로 일반적으로 후처리는 별도의 가시화 도구를 활용하여 가시화를 수행한다.

[0004] 해석의 결과에 대한 가시화만을 수행하기 위한 목적으로 사용되는 도구로는 tecplot, ensight과 같은 상용 도구와 Open Source로 제공되는 Paraview 등이 있다. 이들은 각각 그들 고유의 데이터 포맷을 가진다.

[0005] 전술한 해석 도구들은 이러한 가시화 도구들이 사용하는 데이터 포맷으로 데이터를 생성할 수 있다. 따라서, 가시화 도구들은 해석도구가 각 가시화 도구를 위해 생성하는 데이터를 사용하여 가시화를 수행한다.

[0006] 기존의 유동해석 도구가 생성하는 데이터는 대용량 데이터의 병렬 처리를 고려하지 않은 데이터 포맷을 가진다. 데이터가 클 경우 데이터를 읽는 시간이 차지하는 비중은 매우 크다. 이러한 데이터의 reading 시간을 줄이기 위해 병렬 I/O(Input/Output)를 수행해야 하지만, 기존의 데이터 포맷들은 이를 구현하기가 용이하지 않은 구조이다. 병렬 I/O의 효율을 높이기 위해서는 동일한 파일에 대한 접근이 가능 적어야 한다. 병렬 처리를 위해 다수의 프로세스가 하나의 파일에 접근한다면, 그 파일에 대한 접근 자체가 병목이 되기 때문이다. 또한, 동일한 파일에 접근해야 할 경우 그 파일의 사이즈는 가능한 한 작아야 유리하다. 파일의 사이즈가 작아야 병목이 빠른 순간에 해소될 수 있기 때문이다.

[0007] Tecplot 포맷의 경우, 대용량 데이터를 하나의 파일로 저장하여 가시화 도구가 데이터를 읽을 때 병렬 I/O가 불가능하며, 시변환 데이터의 경우 time step별 데이터를 기술할 별도의 메타(meta) 정보가 필요하지만 이를 지원하지 않고 있다.

[0008] Ensight의 경우, 병렬 I/O를 위한 데이터 포맷을 지원하는 포맷이 존재하지만, 데이터 파일을 value별로 하나로 저장하여 mesh가 큰 대용량 데이터인 경우 이를 위한 decomposing은 고려되지 않고 있다.

[0009] Paraview의 경우, paraview가 사용하는 가시화 툴킷인 vtk를 위한 다양한 데이터 포맷을 지원하지만, vtk 파일 포맷은 일반적인 가시화를 위한 데이터 포맷으로 CFD와 같은 시변환 데이터의 특성을 기술할 수 있는 메타 데이터를 기술할 방법이 존재하지 않는 단점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0010] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제952,470호(등록일: 2010년 4월 5일)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 전술한 단점들을 해결하기 위한 본 발명의 목적은, 대용량의 CFD 데이터를 병렬로 처리하여 가시화 하는데 있어서 그 처리 속도를 빠르게 할 수 있는 데이터 파일 포맷 구조로 데이터를 생성하고, 이렇게 생성된 데이터 파일 포맷 구조의 대용량 데이터를 저장하거나 기록하여 둠으로써, 별도의 해석도구 없이도 대용량의 데이터를 빠른 시간 내에 처리하여 가시화 할 수 있도록 하는, 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체 및 그 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법을 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

[0012] 전술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 측면에 따르면, 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자(Structured Grid)의 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체에 있어서, 상기 구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조는, 메쉬(mesh)와 데이터(data)에 대한 엘리먼트(element)의 수와 ID, 타임스텝(time step)의 수와 ID, 그리고 상기 데이터(data)의 밸류(value)의 수와 ID를 포함하는 전체 데이터에 대한 특성 정보를 기술하는 메타(meta) 데이터부; 상기 메쉬에 대해 엘리먼트(element) 단위의 디렉토리(directory)와 상기 엘리먼트 내에 타임스텝(time step)별 디렉토리가 격자 구조로 구조화 된 메쉬 디렉토리부; 및 상기 데이터에 대해 엘리먼트(element) 단위의 디렉토리(directory)와 상기 엘리먼트 내에 타임스텝(time step)별 디렉토리가 격자 구조로 구조화되고, 상기 타임스텝별 디렉토리마다 하나 이상의 밸류(value)별 디렉토리(directory)가 구조화 된 데이터 디렉토리부를 포함하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체를 제공한다.

[0013] 또한, 상기 메타 데이터부는, CFD를 통해 계산된 밸류(value)의 리스트와, 상기 밸류(value)들이 존재하는 위치에 해당되는 메쉬(mesh)를 포함할 수 있다.

[0014] 또한, 상기 메쉬 디렉토리부의 각 타임스텝별 디렉토리마다 하나 이상의 블럭(block) 데이터가 파일로 저장되고, 상기 데이터 디렉토리부의 각 밸류별 디렉토리마다 하나 이상의 블럭(block) 데이터가 파일로 저장될 수 있다.

[0015] 또한, 상기 메쉬 디렉토리부는, 상기 엘리먼트의 리스트로 재정의되고, 상기 메쉬의 각 포인트는 x,y,z의 순서로 표현되며, 상기 엘리먼트는 고유의 ID와 value, dimension의 항목을 가지며, 상기 ID는 하나의 데이터 셋에서 엘리먼트를 구분하는 유일한 ID이고, 상기 value는 상기 엘리먼트가 가지는 물성치의 리스트일 수 있다.

[0016] 그리고, 하나의 상기 엘리먼트는 여러 개의 블럭(block)으로 구성되고, 상기 블럭이 가진 메쉬의 dimension은 하나의 엘리먼트 내에 여러 개가 존재하며, dimensions는 엘리먼트 내에 존재하는 서로 다른 dimension들을 기술하며, 상기 dimension은 고유의 ID와 dimension size 및 동일한 dimension을 가지는 블럭의 리스트로 구성될 수 있다.

[0017] 한편, 전술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 측면에 따르면, 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자(Unstructured Grid)의 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체에 있어서, 상기 비구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조는, 메쉬(mesh)와 셀 정보(cellinfo) 및 데이터(data)에 대한 엘리먼트(element)의 수와 ID, 타임스텝(time step)의 수와 ID, 그리고 상기 데이터(data)의 밸류(value)의 수와 ID를 포함하는 전체 데이터에 대한 특성 정보를 기술하는 메타(meta) 데이터부; 상기 메쉬에 대해 엘리먼트(element) 단위의 디렉토리(directory)와 상기 엘리먼트 내에 타임스텝(time step)별 디렉토리가 격자 구조로 구조화 된 메쉬 디렉토리부; 상기 메쉬 내에 저장된 블럭(block)별 포인트가 구성하는 셀 정보를 저장하며, 상기 셀 정보에 대해 엘리먼트(element) 단위의 디렉토리(directory)와 상기 엘리먼트 내에 타임스텝(time step)별 디렉토리가 격자 구조로 구조화 된 셀정보 디렉토리부; 및 상기 데이터에 대해 엘리먼트(element) 단위의 디렉토리(directory)와 상기 엘리먼트 내에 타임스텝(time step)별 디렉토리가 격자 구조로 구조화되고, 상기 타임스텝별 디렉토리마다 하나 이상의 밸류(value)별 디렉토리(directory)가 구조화 된 데이터 디렉토리부를 포함하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체를 제공한다.

[0018] 또한, 상기 메타 데이터부는, 구조 격자(Unstructured Grid), 타임스텝(time step)의 수, 밸류 리스트(value

list)에 관한 밸류 정보(values)와, 엘리먼트의 수와 ID, 블럭의 수, 메쉬의 dimension 수, 포인트 위치에 관한 엘리먼트 정보를 포함할 수 있다.

[0019] 또한, 상기 셀정보 디렉토리부는, 상기 엘리먼트의 리스트로 재정의되고, 상기 메쉬의 각 포인트는 x,y,z의 순서로 표현되며, 상기 엘리먼트는 고유의 ID와 value, dimension의 항목을 가지며, 상기 ID는 하나의 데이터 셋에서 엘리먼트를 구분하는 유일한 ID이고, 상기 value는 상기 엘리먼트가 가지는 물성치의 리스트일 수 있다.

[0020] 그리고, 하나의 상기 엘리먼트는 여러 개의 블럭(block)으로 구성되고, 상기 블럭이 가진 메쉬의 dimension은 하나의 엘리먼트 내에 여러 개가 존재하며, dimensions는 엘리먼트 내에 존재하는 서로 다른 dimension들을 기술하며, 상기 dimension은 고유의 ID와 dimension size 및 동일한 dimension을 가지는 블럭의 리스트로 구성될 수 있다.

[0021] 한편, 전술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자(Structured Grid)의 바이너리(Binary) 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체에 있어서, 상기 구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조는, dimension에 해당하는 i,j,k의 값으로 블럭의 크기를 결정하는 메쉬(mesh)와, 상기 메쉬의 포인트에서 가지는 밸류의 값에 관한 밸류(value)를 포함하는 전체 데이터에 대한 특성 정보를 기술하는 메타(meta) 데이터부; 상기 메쉬에 대해 상기 메쉬의 격자점 좌표를 기술하되, 상기 dimension에 해당하는 i,j,k 값의 수만큼 좌표를 기술하며, 상기 메타 데이터부에 기술된 각 블럭의 크기만큼의 바이너리 데이터 형식으로 저장하는 메쉬 블럭부; 및 상기 메쉬의 포인트에서 가질 수 있는 물성치를 기술하는 밸류 블럭부를 포함하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체를 제공한다.

[0022] 또한, 상기 메쉬 블럭부는, 상기 dimension에 기술된 i,j,k의 값이 다른 메쉬에 대해 파일도 분리하여 저장할 수 있다.

[0023] 또한, 상기 메쉬 블럭부는, 해당 블럭이 속한 포인트 수(mesh dimension size)와, 포인트에 대한 좌표를 메쉬의 타입(mesh type)으로 기술하며, 상기 메쉬의 포인트에 대한 좌표계를 메쉬 차원(mesh dimension)으로 기술할 수 있다.

[0024] 그리고, 상기 밸류 블럭부는, 해당 블럭이 속한 포인트의 수(mesh dimension size)와, 밸류의 데이터 타입(data type)을 기술할 수 있다.

[0025] 한편, 전술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자(Unstructured Grid)의 바이너리(Binary) 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체에 있어서, 상기 비구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조는, 메쉬 포인트(mesh point)의 좌표를 기술하는 메쉬(Mesh) 파일부; 포인트로 구성된 셀 정보를 기술하는 셀정보(Cellinfo) 파일부; 및 각 메쉬에 대해 계산된 값들을 표현하는 밸류(Value) 파일부를 포함하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체를 제공한다.

[0026] 또한, 상기 메쉬 파일부는, 상기 메쉬의 점들에 대해 상기 메쉬를 구성하는 포인트의 수와, 상기 점들이 구성하는 셀들의 수, 상기 점들로 구성된 다양한 셀 중 가장 많은 점으로 구성된 셀의 점의 수가 기술될 수 있다.

[0027] 또한, 상기 셀정보 파일부는, 메쉬 블럭 하나에 해당하는 셀 정보를 셀정보 리스트(cell Info List)와, 셀타입 어레이(Cell types Array) 및 셀위치 어레이(Cell Location Array)를 포함하는 형태로 저장할 수 있다.

[0028] 또한, 상기 셀정보 리스트는 메쉬 블럭당 하나씩 저장되며 셀에 대한 정보를 저장하는 파일이고, 상기 셀타입 어레이는 셀의 타입을 셀의 수만큼 저장하며 셀 타입에 따라 하나의 셀을 구성하는 포인트의 수가 결정되며, 상기 셀위치 어레이는 상기 셀정보 리스트 상에 셀 정보가 위치한 오프셋(offset)을 저장할 수 있다.

[0029] 또한, 상기 밸류 파일부는, 데이터가 엘리먼트 디렉토리와 타임스텝 디렉토리 및 밸류 디렉토리에 저장되고, pressure와 density, vorticity에 해당하는 실제 값이 저장될 수 있다.

[0030] 그리고, 상기 밸류 파일부는, 상기 엘리먼트 디렉토리 내에 존재하는 값이 cell centered이면 cell의 수만큼 데이터를 저장하고, 상기 엘리먼트 디렉토리 내에 존재하는 값이 point이면 point의 수만큼 데이터를 저장하며, 밸류는 스칼라(scalar)의 경우 nDim은 1이고, 2차원 벡터(Ventor)일 경우 nDim은 2이며, 3차원일 경우 nDim은

3일 수 있다.

[0031] 한편, 전술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자(Structured Grid)의 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법에 있어서, (a) 메쉬(mesh)와 데이터(data)에 대한 엘리먼트(element)의 수와 ID, 타임스텝(time step)의 수와 ID, 그리고 상기 데이터(data)의 밸류(value)의 수와 ID를 포함하는 전체 데이터에 대한 특성 정보를 기술하는 메타(meta) 데이터를 생성하는 단계; (b) 상기 메쉬에 대해 엘리먼트(element) 단위의 디렉토리(directory)와 상기 엘리먼트 내에 타임스텝(time step)별 디렉토리가 격자 구조로 구조화 된 메쉬 디렉토리를 생성하는 단계; 및 (c) 상기 데이터에 대해 엘리먼트(element) 단위의 디렉토리(directory)와 상기 엘리먼트 내에 타임스텝(time step)별 디렉토리가 격자 구조로 구조화되고, 상기 타임스텝별 디렉토리마다 하나 이상의 밸류(value)별 디렉토리(directory)가 구조화 된 데이터 디렉토리를 생성하는 단계를 포함하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법을 제공한다.

[0032] 또한, 상기 (a) 단계는, 상기 메타 데이터에 CFD를 통해 계산된 밸류(value)의 리스트와, 상기 밸류(value)들이 존재하는 위치에 해당되는 메쉬(mesh)를 포함할 수 있다.

[0033] 또한, 상기 (b) 단계는, 상기 메쉬 디렉토리의 각 타임스텝별 디렉토리마다 하나 이상의 블럭(block) 데이터가 파일로 저장되고, 상기 데이터 디렉토리의 각 밸류별 디렉토리마다 하나 이상의 블럭(block) 데이터가 파일로 저장될 수 있다.

[0034] 또한, 상기 (b) 단계에서 상기 메쉬 디렉토리부는, 상기 엘리먼트의 리스트로 재정의되고, 상기 메쉬의 각 포인트가 x,y,z의 순서로 표현되며, 상기 엘리먼트가 고유의 ID와 value, dimension의 항목을 가지며, 상기 ID는 하나의 데이터 셋에서 엘리먼트를 구분하는 유일한 ID이고, 상기 value는 상기 엘리먼트가 가지는 물성치의 리스트일 수 있다.

[0035] 그리고, 하나의 상기 엘리먼트는 여러 개의 블럭(block)으로 구성되고, 상기 블럭이 가진 메쉬의 dimension은 하나의 엘리먼트 내에 여러 개가 존재하며, dimensions는 엘리먼트 내에 존재하는 서로 다른 dimension들을 기술하며, 상기 dimension은 고유의 ID와 dimension size 및 동일한 dimension을 가지는 블럭의 리스트로 구성될 수 있다.

[0036] 한편, 전술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자(Unstructured Grid)의 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법에 있어서, (a) 메쉬(mesh)와 셀 정보(cellinfo) 및 데이터(data)에 대한 엘리먼트(element)의 수와 ID, 타임스텝(time step)의 수와 ID, 그리고 상기 데이터(data)의 밸류(value)의 수와 ID를 포함하는 전체 데이터에 대한 특성 정보를 기술하는 메타(meta) 데이터를 생성하는 단계; (b) 상기 메쉬에 대해 엘리먼트(element) 단위의 디렉토리(directory)와 상기 엘리먼트 내에 타임스텝(time step)별 디렉토리가 격자 구조로 구조화 된 메쉬 디렉토리를 생성하는 단계; (c) 상기 메쉬 내에 저장된 블럭(block)별 포인트가 구성하는 셀 정보를 저장하며, 상기 셀 정보에 대해 엘리먼트(element) 단위의 디렉토리(directory)와 상기 엘리먼트 내에 타임스텝(time step)별 디렉토리가 격자 구조로 구조화 된 셀 정보 디렉토리를 생성하는 단계; 및 (d) 상기 데이터에 대해 엘리먼트(element) 단위의 디렉토리(directory)와 상기 엘리먼트 내에 타임스텝(time step)별 디렉토리가 격자 구조로 구조화되고, 상기 타임스텝별 디렉토리마다 하나 이상의 밸류(value)별 디렉토리(directory)가 구조화 된 데이터 디렉토리를 생성하는 단계를 포함하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법을 제공한다.

[0037] 또한, 상기 (a) 단계는 상기 메타 데이터부에 구조 격자(Unstructured Grid), 타임스텝(time step)의 수, 밸류 리스트(value list)에 관한 밸류 정보(values)와, 엘리먼트의 수와 ID, 블럭의 수, 메쉬의 dimension 수, 포인트 위치에 관한 엘리먼트 정보를 포함할 수 있다.

[0038] 또한, 상기 (c) 단계에서 상기 셀정보 디렉토리부는, 상기 엘리먼트의 리스트로 재정의되고, 상기 메쉬의 각 포인트가 x,y,z의 순서로 표현되며, 상기 엘리먼트가 고유의 ID와 value, dimension의 항목을 가지며, 상기 ID는 하나의 데이터 셋에서 엘리먼트를 구분하는 유일한 ID이고, 상기 value는 상기 엘리먼트가 가지는 물성치의 리스트일 수 있다.

[0039] 그리고, 하나의 상기 엘리먼트는 여러 개의 블럭(block)으로 구성되고, 상기 블럭이 가진 메쉬의 dimension은

하나의 엘리먼트 내에 여러 개가 존재하며, dimensions는 엘리먼트 내에 존재하는 서로 다른 dimension들을 기술하며, 상기 dimension은 고유의 ID와 dimension size 및 동일한 dimension을 가지는 블럭의 리스트로 구성될 수 있다.

[0040] 한편, 전술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자(Structured Grid)의 바이너리(Binary) 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법에 있어서, (a) dimension에 해당하는 i,j,k의 값으로 블럭의 크기를 결정하는 메쉬(mesh)와, 상기 메쉬의 포인트에서 가지는 밸류의 값에 관한 밸류(value)를 포함하는 전체 데이터에 대한 특성 정보를 기술하는 메타(meta) 데이터를 생성하는 단계; (b) 상기 메쉬에 대해 상기 메쉬의 격자점 좌표를 기술하되, 상기 dimension에 해당하는 i,j,k 값의 수만큼 좌표를 기술하며, 상기 메타 데이터부에 기술된 각 블럭의 크기만큼의 바이너리 데이터 형식으로 저장하는 메쉬 블럭부를 생성하는 단계; 및 (c) 상기 메쉬의 포인트에서 가질 수 있는 물성치를 기술하는 밸류 블럭부를 생성하는 단계를 포함하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법을 제공한다.

[0041] 또한, 상기 (b) 단계는 상기 메쉬 블럭부가 상기 dimension에 기술된 i,j,k의 값이 다른 메쉬에 대해 파일도 분리하여 저장할 수 있다.

[0042] 또한, 상기 (b) 단계는 상기 메쉬 블럭부가 해당 블럭이 속한 포인트 수(mesh dimension size)와, 포인트에 대한 좌표를 메쉬의 타입(mesh type)으로 기술하며, 상기 메쉬의 포인트에 대한 좌표계를 메쉬 차원(mesh dimension)으로 기술할 수 있다.

[0043] 그리고, 상기 (c) 단계는 상기 밸류 블럭부가 해당 블럭이 속한 포인트의 수(mesh dimension size)와 밸류의 데이터 타입(data type)을 기술할 수 있다.

[0044] 한편, 전술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자(Unstructured Grid)의 바이너리(Binary) 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법에 있어서, (a) 메쉬 포인트(mesh point)의 좌표를 기술하는 메쉬(Mesh) 파일을 생성하는 단계; (b) 포인트로 구성된 셀 정보를 기술하는 셀정보(Cellinfo) 파일을 생성하는 단계; 및 (c) 각 메쉬에 대해 계산된 값들을 표현하는 밸류(Value) 파일을 생성하는 단계를 포함하는 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법을 제공한다.

[0045] 또한, 상기 (a) 단계는, 상기 메쉬 파일에, 상기 메쉬의 점들에 대해 상기 메쉬를 구성하는 포인트의 수와, 상기 점들이 구성하는 셀들의 수, 상기 점들로 구성된 다양한 셀 중 가장 많은 점으로 구성된 셀의 점의 수가 기술될 수 있다.

[0046] 또한, 상기 (b) 단계는, 상기 셀정보 파일에, 메쉬 블럭 하나에 해당하는 셀 정보를 셀정보 리스트(cell Info List)와, 셀타입 어레이(Cell types Array) 및 셀위치 어레이(Cell Location Array)가 저장될 수 있다.

[0047] 또한, 상기 셀정보 리스트는 메쉬 블럭당 하나씩 저장되며 셀에 대한 정보를 저장하는 파일이고, 상기 셀타입 어레이는 셀의 타입을 셀의 수만큼 저장하며 셀 타입에 따라 하나의 셀을 구성하는 포인트의 수가 결정되며, 상기 셀위치 어레이에는 상기 셀정보 리스트 상에 셀 정보가 위치한 오프셋(offset)이 저장될 수 있다.

[0048] 또한, 상기 (c) 단계에서 상기 밸류 파일은, 데이터가 엘리먼트 디렉토리와 타임스텝 디렉토리 및 밸류 디렉토리에 저장되고, pressure와 density, vorticity에 해당하는 실제 값이 저장될 수 있다.

[0049] 그리고, 상기 밸류 파일은, 상기 엘리먼트 디렉토리 내에 존재하는 값이 cell centered이면 cell의 수만큼 데이터를 저장하고, 상기 엘리먼트 디렉토리 내에 존재하는 값이 point이면 point의 수만큼 데이터를 저장하며, 밸류는 스칼라(scalar)의 경우 nDim은 1이고, 2차원 벡터(Ventor)일 경우 nDim은 2이며, 3차원일 경우 nDim은 3일 수 있다.

발명의 효과

[0050] 본 발명에 의하면, 기존이 CFD 계산 도구들이 생성하는 메타 데이터 포맷은 계산의 결과를 후처리하기 위해 가

시화하는데 필요한 정보뿐만 아니라 계산에 사용한 모든 정보를 기술하거나 계산에 사용하였고, 가시화에도 사용되는 정보를 누락하거나 결과 파일에 대한 정보만을 기술한 것에 비해, 본 발명에 따른 메타 데이터는 구조(Structured)와 비구조(Unstructured)의 특성에 따라 전체 데이터 셋에서 공통으로 기술할 수 있는 정보만을 추출하여 제시함으로써 전체 데이터 셋을 한눈에 파악할 수 있다.

[0051] 또한, 대용량 데이터의 처리는 보통 클러스터 노트와 파일공유 시스템을 사용하여 각 노드에서 개별적으로 데이터를 읽어서 병렬 I/O를 구현하게 됨에 따라 병렬 I/O를 위해서는 클러스터 노드들이 데이터를 독립적으로 읽을 수 있는 구조가 요구되는데, 본 발명에 따른 데이터 구조는 병렬 I/O를 위해 클러스터 노드들이 접근하기 쉬운 구조와 원칙으로 디렉토리를 구성하여 노드별 부하 분배가 용이하며, 기존의 파일들 element나 타임스텝, 밸류의 구분 없이 파일 하나에 모든 정보를 표현한 것에 비해, 이러한 정보를 디렉토리 구조로 표현하여 디렉토리 정보 자체가 데이터 구성 정보를 보여 줄 수 있으며, 병렬 처리 시 노드별, CPU별로 정보를 분리하여 읽을 수 있도록 하여 병렬 I/O의 효율을 높일 수 있다.

[0052] 그리고, 본 발명에 따른 데이터의 표현 형식은 기존 바이너리 데이터 파일 포맷과 다르지 않으나 공통된 정보를 메타 데이터로 표현하고, 필요한 가장 순수한 데이터 영역만을 한 노드가 처리할 수 있는 블럭별로 하나의 파일로 저장함으로써 입출력(I/O)의 효율을 높일 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0053] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 대용량 CFD 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체의 한 예를 나타낸 도면이다.

도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 대용량 CFD 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체의 한 예를 나타낸 도면이다.

도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 대용량 CFD 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체의 한 예를 나타낸 도면이다.

도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 대용량 CFD 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체의 한 예를 나타낸 도면이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 대용량 CFD 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자(Structured Grid)의 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법을 설명하기 위한 동작 흐름도를 나타낸 도면이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 메타 데이터의 한 예를 나타낸 도면이다.

도 7은 본 발명의 실시예에 따른 구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조에서 메쉬 디렉토리의 엘리먼트의 한 예를 나타낸 도면이다.

도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 대용량 CFD 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자(Unstructured Grid)의 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법을 설명하기 위한 동작 흐름도를 나타낸 도면이다.

도 9는 본 발명의 실시예에 따른 비구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조에서 values와 elements로 구성된 메타 데이터의 한 예를 나타낸 도면이다.

도 10은 본 발명의 다른 실시예에 따른 대용량 CFD 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자(Structured Grid)의 바이너리(Binary) 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법을 설명하기 위한 동작 흐름도를 나타낸 도면이다.

도 11은 본 발명의 실시예에 따른 구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조에서 mesh dimension이 3인 경우를 나타낸 도면이다.

도 12는 본 발명의 실시예에 따른 구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조에서 value가 제로(0)인 경우를 나타낸 도면이다.

도 13은 본 발명의 다른 실시예에 따른 비구조 격자(Unstructured Grid)의 바이너리(Binary) 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법을 설명하기 위한 동작 흐름도를 나타낸 도면이다.

도 14는 본 발명의 다른 실시예에 따른 비구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조에서 메쉬 파일의 구조를 나타낸 도면이다.

도 15는 본 발명의 다른 실시예에 따른 비구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조에서 셀 정보 파일의 구조를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0054] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 특정한 실시형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0055] 본 발명에 따른 대용량 CFD 병렬 데이터의 가시화를 위한 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체 및 그 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법의 실시예를 첨부도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다. 첨부도면을 참조하여 설명함에 있어 동일하거나 대응하는 구성 요소는 동일한 도면번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0056] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 대용량 CFD 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체의 한 예를 나타낸 도면이다.

[0057] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 대용량 CFD 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자(Structured Grid)의 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체(100)는 메타(meta) 데이터부(110)와 메쉬(mesh) 디렉토리부(120) 및 데이터 디렉토리부(130) 등을 포함한다.

[0058] 메타 데이터부(110)는 메쉬(mesh)와 데이터(data)에 대한 엘리먼트(element)의 수와 ID, 타임스텝(time step)의 수와 ID, 그리고 데이터(data)의 밸류(value)의 수와 ID를 포함하는 전체 데이터에 대한 특성 정보를 기술한다. 예를 들면, meta.xml 형태로 구현할 수 있으며, 이 meta.xml에 기술된 메타 정보로 하나의 데이터 셋을 구성하는 데이터의 디렉토리 구조를 파악할 수 있다.

[0059] 또한, 메타 데이터부(110)는, CFD를 통해 계산된 밸류(value)의 리스트와, 이 밸류(value)들이 존재하는 위치에 해당되는 메쉬(mesh)를 포함할 수 있다.

[0060] 그리고, 병렬 I/O를 위해서 데이터는 구조를 해치지 않으면서 최대한 나누어 저장되어야 한다. 병렬 I/O를 위한 디렉토리의 구조는 도 1과 같고, 데이터 디렉토리의 최상단에는 전체 데이터에 대한 정보를 기술하는 meta.xml이 존재하며, 디렉토리의 구조는 meta.xml에 기술된 element의 수와 id, time step의 수와 id, value의 수와 id를 기준으로 나뉜다.

[0061] 메쉬 디렉토리부(120)는 메쉬에 대해 엘리먼트(element) 단위의 디렉토리(directory)와 엘리먼트 내에 타임스텝(time step)별 디렉토리가 격자 구조로 구조화 되어 있다. 즉, CFD의 계산에 사용한 격자 구조를 저장한다. 격자는 사용자가 구성한 엘리먼트 단위로 디렉토리가 구조화 되며, 엘리먼트 내에서는 시변환 데이터를 고려하여 time step별 디렉토리가 구성된다. 각 time step별로 병렬처리를 위해 나누어진 mesh가 저장된다. mesh는 CFD 계산의 종류에 따라 시간별로 변할 수도 있고 그렇지 않을 수도 있다. time step별로 mesh가 변하는 경우 메쉬 디렉토리에 존재하는 time step의 수는 meta.xml에 기술된 time step의 수와 같지만, mesh type이 static일 경우 time step 디렉토리는 ts00000000 하나만 존재한다.

[0062] 또한, 메쉬 디렉토리부(120)의 각 타임스텝별 디렉토리마다 하나 이상의 블럭(block) 데이터가 파일로 저장되고, 데이터 디렉토리부(110)의 각 밸류별 디렉토리마다 하나 이상의 블럭(block) 데이터가 파일로 저장될 수 있다.

[0063] 또한, 메쉬 디렉토리부(120)는, 엘리먼트의 리스트로 재정의되고, 메쉬의 각 포인트는 x,y,z의 순서로 표현되며, 엘리먼트는 고유의 ID와 value, dimension의 항목을 가지며, ID는 하나의 데이터 셋에서 엘리먼트를 구분하는 유일한 ID이고, value는 엘리먼트가 가지는 물성치의 리스트일 수 있다. 즉, mesh는 dimension에 해당하는 i, j, k 값의 수만큼 좌표가 존재하며, 메쉬의 크기는 i, k, k 값이고, 파일에 저장될 때 x, y, z 값의 순서대로 저장된다.

[0064] 또한, 하나의 엘리먼트는 여러 개의 블럭(block)으로 구성되고, 이 블럭이 가진 메쉬의 dimension은 하나의 엘리먼트 내에 여러 개가 존재하며, dimensions는 엘리먼트 내에 존재하는 서로 다른 dimension들을 기술하며, dimension은 고유의 ID와 dimension size 및 동일한 dimension을 가지는 블럭의 리스트로 구성될 수 있다.

[0065] 그리고, 데이터 디렉토리부(130)는 데이터에 대해 엘리먼트(element) 단위의 디렉토리(directory)와 엘리먼트 내에 타임스텝(time step)별 디렉토리가 격자 구조로 구조화되고, 타임스텝별 디렉토리마다 하나 이상의 밸류

(value)별 디렉토리(directory)가 구조화 되어 있다.

[0066] 또한, 데이터 디렉토리부(130)의 구조는 element와 time step까지 메쉬 디렉토리부(120)와 같다. data는 여러 개의 value를 구분하여 저장함으로써 병렬 I/O의 효율을 높인다. 각 time step 디렉토리 마다 value 별 디렉토리로 구성되며, value 디렉토리에는 병렬 처리를 고려해 나누어진 block별 데이터가 blk********.glv 파일로 저장된다. 이러한 구조는 대용량 데이터를 효율적으로 처리하기 위한 파일 공유 시스템에서 병렬 효율을 극대화 할 수 있다. 파일 공유 시스템에서 클러스터 노드들이 병렬 I/O를 효율적으로 수행하기 위해 CFD 결과 파일이 최대한 나누어져 있어야 한다. 도 1과 같은 구조로 데이터를 나누고 조직화 할 경우, 클러스터의 각 노드들은 meta.xml에 기술된 정보만으로 디렉토리 구조를 파악하고 노드마다 할당된 파일을 읽을 수 있다.

[0067] 도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 대용량 CFD 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체의 한 예를 나타낸 도면이다.

[0068] 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 다른 실시예에 따른 대용량 CFD 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자(Unstructured Grid)의 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체(200)는, 메타(meta) 데이터부(210)와 메쉬(mesh) 디렉토리부(220), 셀정보(Cellinfo) 디렉토리부(230) 및 데이터 디렉토리부(240) 등을 포함한다.

[0069] 메타 데이터부(210)는 메쉬(mesh)와 셀 정보(cellinfo) 및 데이터(data)에 대한 엘리먼트(element)의 수와 ID, 타임스텝(time step)의 수와 ID, 그리고 데이터(data)의 밸류(value)의 수와 ID를 포함하는 전체 데이터에 대한 특성 정보를 기술한다.

[0070] 또한, 메타 데이터부(210)는, 구조 격자(Unstructured Grid), 타임스텝(time step)의 수, 밸류 리스트(value list)에 관한 밸류 정보(values)와, 엘리먼트의 수와 ID, 블럭의 수, 메쉬의 dimension 수, 포인트 위치에 관한 엘리먼트 정보를 포함할 수 있다.

[0071] 메쉬 디렉토리부(220)는 메쉬에 대해 엘리먼트(element) 단위의 디렉토리(directory)와 엘리먼트 내에 타임스텝(time step)별 디렉토리가 격자 구조로 구조화 된다.

[0072] 셀정보 디렉토리부(230)는 메쉬 내에 저장된 블럭(block)별 포인트가 구성하는 셀 정보를 저장하며, 이 셀 정보에 대해 엘리먼트(element) 단위의 디렉토리(directory)와 엘리먼트 내에 타임스텝(time step)별 디렉토리가 격자 구조로 구조화 되어 있다.

[0073] 또한, 셀정보 디렉토리부(230)는 mesh와 함께 unstructured grid의 mesh를 표현하는 정보이므로 디렉토리 구조와 파일의 수는 mesh와 같다. 단 각 개별 파일인 blk*******.glv 파일의 형식과 저장되는 정보만 다르다. Unstructured grid의 경우 mesh가 클 때, cell 정보도 기하 급수적으로 늘어나므로 cell 정보를 분리해서 저장할 경우 병렬 I/O의 효율을 더 높일 수 있다.

[0074] 또한, 셀정보 디렉토리부(230)는, 엘리먼트의 리스트로 재정의되고, 메쉬의 각 포인트는 i,j,k의 순서로 표현되며, 엘리먼트는 고유의 ID와 value, dimension의 항목을 가지며, ID는 하나의 데이터 셋에서 엘리먼트를 구분하는 유일한 ID이고, value는 엘리먼트가 가지는 물성치의 리스트일 수 있다. 즉, mesh는 dimension에 해당하는 i, j, k 값의 수만큼 좌표가 존재하며, 메쉬의 크기는 i, k, k 값이고, 파일에 저장될 때 x, y, z 값의 순서대로 저장된다.

[0075] 이때, 하나의 엘리먼트는 여러 개의 블럭(block)으로 구성되고, 이 블럭이 가진 메쉬의 dimension은 하나의 엘리먼트 내에 여러 개가 존재하며, dimensions는 엘리먼트 내에 존재하는 서로 다른 dimension들을 기술하며, dimension은 고유의 ID와 dimension size 및 동일한 dimension을 가지는 블럭의 리스트로 구성될 수 있다.

[0076] 그리고, 데이터 디렉토리부(240)는 데이터에 대해 엘리먼트(element) 단위의 디렉토리(directory)와 엘리먼트 내에 타임스텝(time step)별 디렉토리가 격자 구조로 구조화되고, 타임스텝별 디렉토리마다 하나 이상의 밸류(value)별 디렉토리(directory)가 구조화 되어 있다.

[0077] 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 대용량 CFD 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체의 한 예를 나타낸 도면이다.

[0078] 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명의 다른 실시예에 따른 대용량 CFD 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자(Structured Grid)의 바이너리(Binary) 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체(300)는, 메타 데이터부(310), 메쉬 블럭부(320) 및 밸류 블럭부(330) 등을 포함한다.

[0079] 메타 데이터부(310)는 dimension에 해당하는 i,j,k의 값으로 블럭의 크기를 결정하는 메쉬(mesh)와, 메쉬의 포인트에서 가지는 밸류의 값에 관한 밸류(value)를 포함하는 전체 데이터에 대한 특성 정보를 기술한다.

[0080] 메쉬 블럭부(320)는 메쉬에 대해 메쉬의 격자점 좌표를 기술하되, dimension에 해당하는 i,j,k 값의 수만큼 좌표를 기술하며, 메타 데이터부에 기술된 각 블럭의 크기만큼의 바이너리 데이터 형식으로 저장한다.

[0081] 또한, 메쉬 블럭부(320)는, dimension에 기술된 i,j,k의 값이 다른 메쉬에 대해 파일도 분리하여 x, y, z 순서로 저장할 수 있다.

[0082] 또한, 메쉬 블럭부(320)는, 해당 블럭이 속한 포인트 수(mesh dimension size)와, 포인트에 대한 좌표를 메쉬의 타입(mesh type)으로 기술하며, 메쉬의 포인트에 대한 좌표계를 메쉬 차원(mesh dimension)으로 기술할 수 있다.

[0083] 밸류 블럭부(330)는 메쉬의 포인트에서 가질 수 있는 물성치를 기술한다.

[0084] 그리고, 밸류 블럭부(330)는, 해당 블럭이 속한 포인트의 수(mesh dimension size)와, 밸류의 데이터 타입(data type)을 기술할 수 있다.

[0085] 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 대용량 CFD 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체의 한 예를 나타낸 도면이다.

[0086] 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명의 다른 실시예에 따른 대용량 CFD 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자(Unstructured Grid)의 바이너리(Binary) 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체(400)는, 메쉬(mesh) 파일부(410)와 셀정보(Cellinfo) 파일부(420) 및 밸류 파일부(430) 등을 포함한다.

[0087] 메쉬 파일부(410)는 메쉬 포인트(mesh point)의 좌표를 기술한다. 즉, 메쉬 파일부(410)는, 메쉬의 점들에 대해 상기 메쉬를 구성하는 포인트의 수와, 이 점들이 구성하는 셀들의 수, 이 점들로 구성된 다양한 셀 중 가장 많은 점으로 구성된 셀의 점의 수를 기술할 수 있다.

[0088] 셀정보 파일부(420)는 포인트로 구성된 셀 정보를 기술한다. 즉, 셀정보 파일부(420)는, 메쉬 블럭 하나에 해당하는 셀 정보를 셀정보 리스트(cell Info List)와, 셀타입 어레이(Cell types Array) 및 셀위치 어레이(Cell Location Array)를 포함하는 형태로 저장할 수 있다.

[0089] 그리고, 셀정보 리스트는 메쉬 블럭당 하나씩 저장되며 셀에 대한 정보를 저장하는 파일이고, 셀타입 어레이는 셀의 타입을 셀의 수만큼 저장하며 셀 타입에 따라 하나의 셀을 구성하는 포인트의 수가 결정되며, 셀위치 어레이는 셀정보 리스트 상에 셀 정보가 위치한 오프셋(offset)을 저장할 수 있다.

[0090] 밸류 파일부(430)는 각 메쉬에 대해 계산된 값들을 표현한다. 즉, 밸류 파일부(430)는, 데이터가 엘리먼트 디렉토리와 타임스텝 디렉토리 및 밸류 디렉토리에 저장되고, pressure와 density, vorticity에 해당하는 실제 값이 저장될 수 있다.

[0091] 그리고, 밸류 파일부(430)는, 엘리먼트 디렉토리 내에 존재하는 값이 cell centered이면 cell의 수만큼 데이터를 저장하고, 엘리먼트 디렉토리 내에 존재하는 값이 point이면 point의 수만큼 데이터를 저장하며, 밸류는 스칼라(scalar)의 경우 nDim은 1이고, 2차원 벡터(Ventor)일 경우 nDim은 2이며, 3차원일 경우 nDim은 3일 수 있다.

[0092] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 대용량 CFD 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자(Structured Grid)의 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법을 설명하기 위한 동작 흐름도를 나타낸 도면이다.

[0093] 본 발명의 실시예 또는 다른 실시예는 마이크로프로세서와 같은 제어수단이 데이터를 CFD 병렬 데이터의 가시화를 위한 데이터 파일 포맷 구조로 생성하여 기록매체(100, 200, 300, 400) 등에 저장하게 된다.

[0094] 먼저, 제어수단은 메쉬(mesh)와 데이터(data)에 대한 엘리먼트(element)의 수와 ID, 타임스텝(time step)의 수

와 ID, 그리고 데이터(data)의 밸류(value)의 수와 ID를 포함하는 전체 데이터에 대한 특성 정보를 기술하는 메타(meta) 데이터를 생성한다(S510).

[0095] 즉, 제어수단은 도 6에 도시된 바와 같은 프로그램에 따라, 메타 데이터에 CFD를 통해 계산된 밸류(value)의 리스트와, 밸류(value)들이 존재하는 위치에 해당되는 메쉬(mesh)에 관한 정보를 기술한다. 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 메타 데이터의 한 예를 나타낸 도면이다. 도 6에 도시된 바와 같이, 제어수단은 메타 데이터에 대해, 구조 격자(Structured Grid)의 경우 time step의 수와 전체 블럭의 수, value list 등을 기술하고, CFD 계산을 통해 계산된 값들의 리스트의 경우 value의 고유 id, value description, scalar일 경우 1, vector일 경우 2 or 3, value에 해당하는 data type 등을 기술하고 있다. 제어수단은 생성한 메타 데이터를 메타 데이터부(110)에 저장한다.

[0096] 이어, 제어수단은 메쉬에 대해 엘리먼트(element) 단위의 디렉토리(directory)와 엘리먼트 내에 타임스텝(time step)별 디렉토리가 격자 구조로 구조화 된 메쉬 디렉토리를 생성한다(S520).

[0097] 이때, 메쉬 디렉토리의 각 타임스텝별 디렉토리마다 하나 이상의 블럭(block) 데이터가 파일로 저장되고, 데이터 디렉토리의 각 밸류별 디렉토리마다 하나 이상의 블럭(block) 데이터가 파일로 저장될 수 있다. 제어수단은 생성한 메쉬 디렉토리를 메쉬 디렉토리부(120)에 저장한다.

[0098] 또한, 메쉬 디렉토리부(120)는 엘리먼트의 리스트로 재정의 되는데, 메쉬의 각 포인트는 i,j,k의 순서로 표현되며, 엘리먼트는 도 7에 도시된 바와 같이 고유의 ID와 value, dimension의 항목을 가지며, ID는 하나의 데이터 셋에서 엘리먼트를 구분하는 유일한 ID이고, value는 상기 엘리먼트가 가지는 물성치의 리스트일 수 있다. 하나의 엘리먼트는 여러 개의 블럭(block)으로 구성되고, 블럭이 가진 메쉬의 dimension은 하나의 엘리먼트 내에 여러 개가 존재하며, dimensions는 엘리먼트 내에 존재하는 서로 다른 dimension들을 기술하며, dimension은 고유의 ID와 dimension size 및 동일한 dimension을 가지는 블럭의 리스트로 구성될 수 있다. 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조에서 메쉬 디렉토리의 엘리먼트의 한 예를 나타낸 도면이다. 도 7에 도시된 바와 같이 제어수단은 엘리먼트에 대해, 고유한 엘리먼트의 id, element description, element mesh 정보, element mesh가 time에 따라 변하는지 여부, element mesh의 dimension, mesh point data의 type, element value 정보, element value의 수, element value의 id, element를 구성하는 서로 다른 i,j,k 리스트 정보, element mesh dimension의 수, dimension 정보, 해당 dimension으로 구성되는 block 정보, block의 수, block id list 등을 기술할 수 있다. 이때, mesh의 크기는 i, k, k 값이고, 파일에 저장될 때 x, y, z 값의 순서대로 저장된다

[0099] 이어, 제어수단은 데이터에 대해 엘리먼트(element) 단위의 디렉토리(directory)와 엘리먼트 내에 타임스텝(time step)별 디렉토리가 격자 구조로 구조화되고, 타임스텝별 디렉토리마다 하나 이상의 밸류(value)별 디렉토리(directory)가 구조화 된 데이터 디렉토리를 생성한다(S530).

[0100] 도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 대용량 CFD 병렬 데이터의 가시화를 위한 비구조 격자(Unstructured Grid)의 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법을 설명하기 위한 동작 흐름도를 나타낸 도면이다.

[0101] 도 8에 도시된 바와 같이, 제어수단은 메쉬(mesh)와 셀 정보(cellinfo) 및 데이터(data)에 대한 엘리먼트(element)의 수와 ID, 타임스텝(time step)의 수와 ID, 그리고 데이터(data)의 밸류(value)의 수와 ID를 포함하는 전체 데이터에 대한 특성 정보를 기술하는 메타(meta) 데이터를 생성한다(S810).

[0102] 여기서, 제어수단은 생성한 메타 데이터를 메타 데이터부(210)에 저장하고, 도 9에 도시된 바와 같이 메타 데이터에 구조 격자(Unstructured Grid), 타임스텝(time step)의 수, 밸류 리스트(value list)에 관한 밸류 정보(values)와, 엘리먼트의 수와 ID, 블럭의 수, 메쉬의 dimension 수, 포인트 위치에 관한 엘리먼트 정보를 포함하여 기술할 수 있다. 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 비구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조에서 values와 elements로 구성된 메타 데이터의 한 예를 나타낸 도면이다. 도 9에 도시된 바와 같이 메타 데이터의 전체적인 구조는 구조 격자(Structured Grid)와 마찬가지로 values와 elements로 구성된다. 그러나, 비구조 격자는 데이터 구조상 dimension에 따라 point의 수가 결정되지 않으므로 element에서 dimension에 대한 정보는 포함하지 않는다. 비구조 격자 데이터의 경우 각 value가 point에 존재하느냐 cell에 존재하느냐에 따라 value별 데이터의 수가 달라지므로 value의 position 정보가 추가된다.

[0103] 이어, 제어수단은 메쉬에 대해 도 2의 하단에 도시된 바와 같이 엘리먼트(element) 단위의 디렉토리(directory)와 엘리먼트 내에 타임스텝(time step)별 디렉토리가 격자 구조로 구조화 된 메쉬 디렉토리를 생성한다

(S820).

[0104] 이어, 제어수단은 메쉬 내에 저장된 블럭(block)별 포인트가 구성하는 셀 정보를 셀정보 디렉토리부(230)에 저장하며, 이 셀 정보에 대해 엘리먼트(element) 단위의 디렉토리(directory)와 이 엘리먼트 내에 타임스텝(time step)별 디렉토리가 격자 구조로 구조화 된 셀정보 디렉토리를 생성한다(S830).

[0105] 이때, 셀정보 디렉토리는, 엘리먼트의 리스트로 재정의 되는데, 메쉬의 각 포인트는 i,j,k의 순서로 표현되며, 엘리먼트는 고유의 ID와 value, dimension의 항목을 가지며, ID는 하나의 데이터 셋에서 엘리먼트를 구분하는 유일한 ID이고, value는 엘리먼트가 가지는 물성치의 리스트일 수 있다.

[0106] 또한, 하나의 엘리먼트는 여러 개의 블럭(block)으로 구성되고, 블럭이 가진 메쉬의 dimension은 하나의 엘리먼트 내에 여러 개가 존재하며, dimensions는 엘리먼트 내에 존재하는 서로 다른 dimension들을 기술하며, dimension은 고유의 ID와 dimension size 및 동일한 dimension을 가지는 블럭의 리스트로 구성될 수 있다.

[0107] 그리고, mesh와 함께 unstructured grid의 mesh를 표현하는 정보이므로 디렉토리 구조와 파일의 수는 mesh와 같다. 단 각 개별 파일인 blk*******.glv 파일의 형식과 저장되는 정보만 다르다. Unstructured grid의 경우 mesh가 클 때, cell 정보도 기하 급수적으로 늘어나므로 cell 정보를 분리해서 저장할 경우 병렬 I/O의 효율을 더 높일 수 있다.

[0108] 이어, 제어수단은 데이터에 대해 엘리먼트(element) 단위의 디렉토리(directory)와 엘리먼트 내에 타임스텝(time step)별 디렉토리가 격자 구조로 구조화되고, 타임스텝별 디렉토리마다 하나 이상의 밸류(value)별 디렉토리(directory)가 구조화 된 데이터 디렉토리를 생성한다(S840).

[0109] 도 10은 본 발명의 다른 실시예에 따른 대용량 CFD 병렬 데이터의 가시화를 위한 구조 격자(Structured Grid)의 바이너리(Binary) 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법을 설명하기 위한 동작 흐름도를 나타낸 도면이다.

[0110] 도 10에 도시된 바와 같이, 제어수단은 dimension에 해당하는 i,j,k의 값으로 블럭의 크기를 결정하는 메쉬(mesh)와, 메쉬의 포인트에서 가지는 밸류의 값에 관한 밸류(value)를 포함하는 전체 데이터에 대한 특성 정보를 기술하는 메타(meta) 데이터를 생성한다(S1010).

[0111] 이어, 제어수단은 메쉬에 대해 메쉬의 격자점 좌표를 기술하되, dimension에 해당하는 i,j,k 값의 수만큼 좌표를 기술하며, 메타 데이터부에 기술된 각 블럭의 크기만큼의 바이너리 데이터 형식으로 저장하는 메쉬 블럭부를 생성한다(S1020).

[0112] 즉, 제어수단은 mesh의 격자점 좌표를 기술하고, 각 mesh/elem********/ts********/blk*******.glv 파일로 저장한다. meta.xml의 mesh 항목에 dimension에 해당하는 i, j, k 값의 수만큼 좌표가 존재하며, 메쉬의 크기는 i, k, k 값이고, 파일에 저장될 때 x, y, z 값의 순서대로 저장된다. 이때, 메쉬 블럭부(320)는 dimension에 기술된 i,j,k의 값이 다른 메쉬에 대해 blk*******.glv 파일도 분리하여 저장할 수 있다.

[0113] 또한, 제어수단은 메쉬 블럭부(320)에 해당 블럭이 속한 포인트 수(mesh dimension size)와, 포인트에 대한 좌표를 메쉬의 타입(mesh type)으로 기술하며, 도 11에 도시된 바와 같이 메쉬의 포인트에 대한 좌표계를 메쉬 차원(mesh dimension)으로 기술할 수 있다. 도 11은 본 발명의 실시예에 따른 구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조에서 mesh dimension이 3인 경우를 나타낸 도면이다. 도 11에 도시된 바와 같이, 바이너리 데이터로 meta.xml의 각 블록에 기술된 크기만큼의 데이터 형식으로 저장된다. 도 11에서, 1일 경우 x만, 2일 경우 x, y만 존재한다. meta.xml 에 기술된 데이터를 기준으로 element 0의 timestep 1에 해당하는 mesh 중 block 1 에 대한 사이즈는 다음과 같이 결정할 수 있다.

[0114] block 1이 속한 mesh dimension size: 79*49*1 (포인트의 수)

[0115] mesh의 type: float (포인트에 대한 좌표를 기술하는 데이터 type은 float)

[0116] mesh dimension: 3 (포인트에 대한 좌표계는 x,y,z로 3차원)

[0117] block 1에 저장된 전체 mesh 사이즈: 79*49*1*size(float)*3

[0118] 따라서, Coarse.double/mesh/elem00000000/ts00000000/blk00000001.glv는 총 79*49*1*3 개의 float을 읽으면 된다.

[0119] 이어, 제어수단은 메쉬의 포인트에서 가질 수 있는 물성치를 기술하는 밸류 블럭부를 생성한다(S1030).

[0120] 이때, 제어수단은 도 12에 도시된 바와 같이 밸류 블럭부(330)에 해당 블럭이 속한 포인트의 수(mesh dimension size)와 밸류의 데이터 타입(data type)을 기술할 수 있다.

[0121] 즉, 밸류 블럭은 /data/elem********/ts********/blc********.glv 파일로 저장된다. 데이터의 수와 형태는 meta.xml에 기술된 형식을 따른다. 도 12는 본 발명의 실시예에 따른 구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조에서 value가 제로(0)인 경우를 나타낸 도면이다. meta.xml에 따르면 value 0는 pressure이고 해당 블록이 1일 경우 block 1인 속한 meta.xml의 정보를 참조하면 전체 데이터 사이즈는 다음과 같이 구할 수 있다.

[0122] block 1이 속한 mesh dimension size: 79*49*1 (포인트의 수)

[0123] value 0의 data type: float (포인트에 대한 좌표를 기술하는 데이터 type은 float)

[0124] 전체 data size = 79*49*1*sizeof(float)

[0125] 따라서, data/value00000000/ts0000000/value00000000/blk00000001.glv는 70*49*1개의 float을 읽어 처리하면 된다.

[0126] 도 13은 본 발명의 다른 실시예에 따른 비구조 격자(Unstructured Grid)의 바이너리(Binary) 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법을 설명하기 위한 동작 흐름도를 나타낸 도면이다.

[0127] 도 13에 도시된 바와 같이, 제어수단은 메쉬 포인트(mesh point)의 좌표를 기술하는 메쉬(Mesh) 파일을 생성한다(S1310).

[0128] 이때, 메쉬는 메쉬의 점들의 리스트로서, 제어수단은 메쉬 파일에, 도 14에 도시된 바와 같이 메쉬를 구성하는 포인트의 수와, 이 점들이 구성하는 셀들의 수, 이 점들로 구성된 다양한 셀 중 가장 많은 점으로 구성된 셀의 점의 수를 기술할 수 있다. 도 14는 본 발명의 다른 실시예에 따른 비구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조에서 메쉬 파일의 구조를 나타낸 도면이다. 도 14에서, NumberOfPoints는 mesh를 구성하는 point의 수이며, NumberOfCells는 그 점들이 구성하는 cell들의 수이다. MaxCellSize는 점들로 구성된 다양한 cell 중 가장 많은 점으로 구성된 cell의 점의 수이다. 이는 cell 정보를 구성할 때 메모리 크기를 예측하기 위해 필요한 정보들이다.

[0129] 이어, 제어수단은 포인트로 구성된 셀 정보를 기술하는 셀정보(Cellinfo) 파일을 생성한다(S1320).

[0130] 또한, 제어수단은 메쉬 블럭 하나에 해당하는 셀 정보를 도 15에 도시된 바와 같이 셀정보 리스트(cell Info List)와, 셀타입 어레이(Cell types Array) 및 셀위치 어레이(Cell Location Array) 등으로 셀정보 파일에 저장할 수 있다. 도 15는 본 발명의 다른 실시예에 따른 비구조 격자의 바이너리 데이터 파일 포맷 구조에서 셀 정보 파일의 구조를 나타낸 도면이다. 도 15에서, 셀정보 리스트는 메쉬 블럭당 하나씩 저장되며 셀에 대한 정보를 저장하는 파일이고, 셀타입 어레이는 셀의 타입을 셀의 수만큼 저장하며 셀 타입에 따라 하나의 셀을 구성하는 포인트의 수가 결정되며, 셀위치 어레이에는 셀정보 리스트 상에 셀 정보가 위치한 오프셋(offset)이 저장될 수 있다.

[0131] 즉, 셀정보 리스트는 셀을 구성하는 포인트의 정보(셀 구성하는 point의 수(n), p1, p2, ..., pn)*NumberOfCells*sizeof(int) bytes)를 저장하고, MaxCellSize를 참고하여 배열 사이즈를 할당((MaxCellSize+1)*NumberOfCells로 할당)하며, 실제 계산은 읽으면서 Int의 수를 계산하여 Cell에 대한 정보 생성 시 이용한다. 셀타입 어레이는 셀의 타입(NumberOfCells*sizeof(int) bytes)을 저장하는 배열이다. 셀위치 어레이는 Cell 정보가 위치한 offset(NumberOfCells*sizeof(int) bytes)을 저장하는 배열이다.

[0132] 이어, 제어수단은 각 메쉬에 대해 계산된 값들을 표현하는 밸류(Value) 파일을 생성한다(S1330).

[0133] 이때, 밸류 파일은, 데이터가 엘리먼트 디렉토리와 타임스텝 디렉토리 및 밸류 디렉토리에 저장되고, pressure와 density, vorticity에 해당하는 실제 값이 저장될 수 있다.

[0134] 그리고, 밸류 파일은, 엘리먼트 디렉토리 내에 존재하는 값이 cell centered이면 cell의 수만큼 데이터를 저장하고, 엘리먼트 디렉토리 내에 존재하는 값이 point이면 point의 수만큼 데이터를 저장하며, 밸류는 스칼라(scalar)의 경우 nDim은 1이고, 2차원 벡터(Ventor)일 경우 nDim은 2이며, 3차원일 경우 nDim은 3일 수 있다. 데이터 어레이는 NumberofTuples*nDim*sizeof(type)이고, nDim과 type은 meta.xml의 value list 중 id=0인

value의 dimension과 type을 반영한다.

[0135] 전술한 바와 같이 본 발명에 의하면, 대용량의 CFD 데이터를 병렬로 처리하여 가시화 하는데 있어서 그 처리 속도를 빠르게 할 수 있는 데이터 파일 포맷 구조로 데이터를 생성하고, 이렇게 생성된 데이터 파일 포맷 구조의 대용량 데이터를 저장하거나 기록하여 둠으로써, 별도의 해석도구 없이도 대용량의 데이터를 빠른 시간 내에 처리하여 가시화 할 수 있도록 하는, 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체 및 그 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법을 실현할 수 있다.

[0136] 본 발명이 속하는 기술분야의 당업자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있으므로, 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적인 것이 아닌 것으로서 이해해야만 한다. 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 등가개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

산업상 이용가능성

[0137] 본 발명은 대용량의 CFD 데이터를 병렬로 처리하여 가시화 하는데 있어서 대용량 데이터를 구조 격자 또는 비구조 격자의 데이터 파일 포맷 구조로 생성하여 저장하거나 기록하여 둠으로써, 별도의 해석도구 없이도 대용량의 데이터를 빠른 시간 내에 처리하여 가시화 할 수 있도록 하는, 대용량 ＣＦＤ 병렬 데이터의 가시화를 위한 데이터 파일 포맷 구조로 데이터가 기록된 기록 매체 및 그 데이터 파일 포맷 구조 생성 방법에 적용할 수 있다.

부호의 설명

[0138] 100 : Structured Grid의 데이터 파일 포맷 구조로 기록된 기록 매체

110 : 메타(meta) 데이터부(110)　　120 : 메쉬(mesh) 디렉토리부

130 : 데이터 디렉토리부

200 : Unstructured Grid의 데이터 파일 포맷 구조로 기록된 기록 매체

210 : 메타(meta) 데이터부　　220 : 메쉬(mesh) 디렉토리부

230 : 셀정보(Cellinfo) 디렉토리부　　240 : 데이터 디렉토리부

300 : Structured Grid의 Binary 데이터 파일 포맷 구조의 기록 매체

310 : 메타 데이터부　　320 : 메쉬 블럭부

330 : 밸류 블럭부

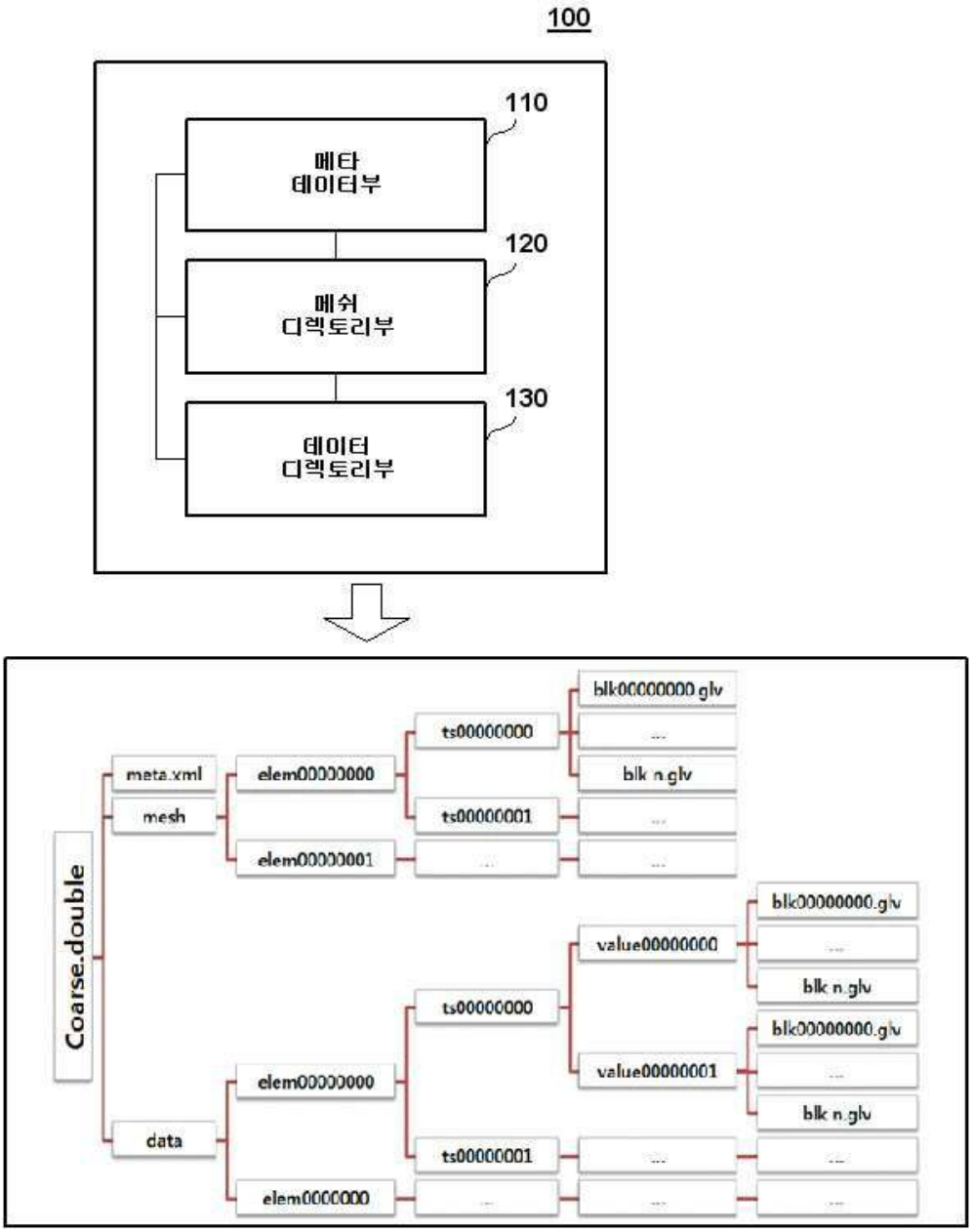
400 : Unstructured Grid의 Binary 데이터 파일 포맷 구조의 기록 매체

410 : 메쉬(mesh) 파일부　　420 : 셀정보(Cellinfo) 파일부

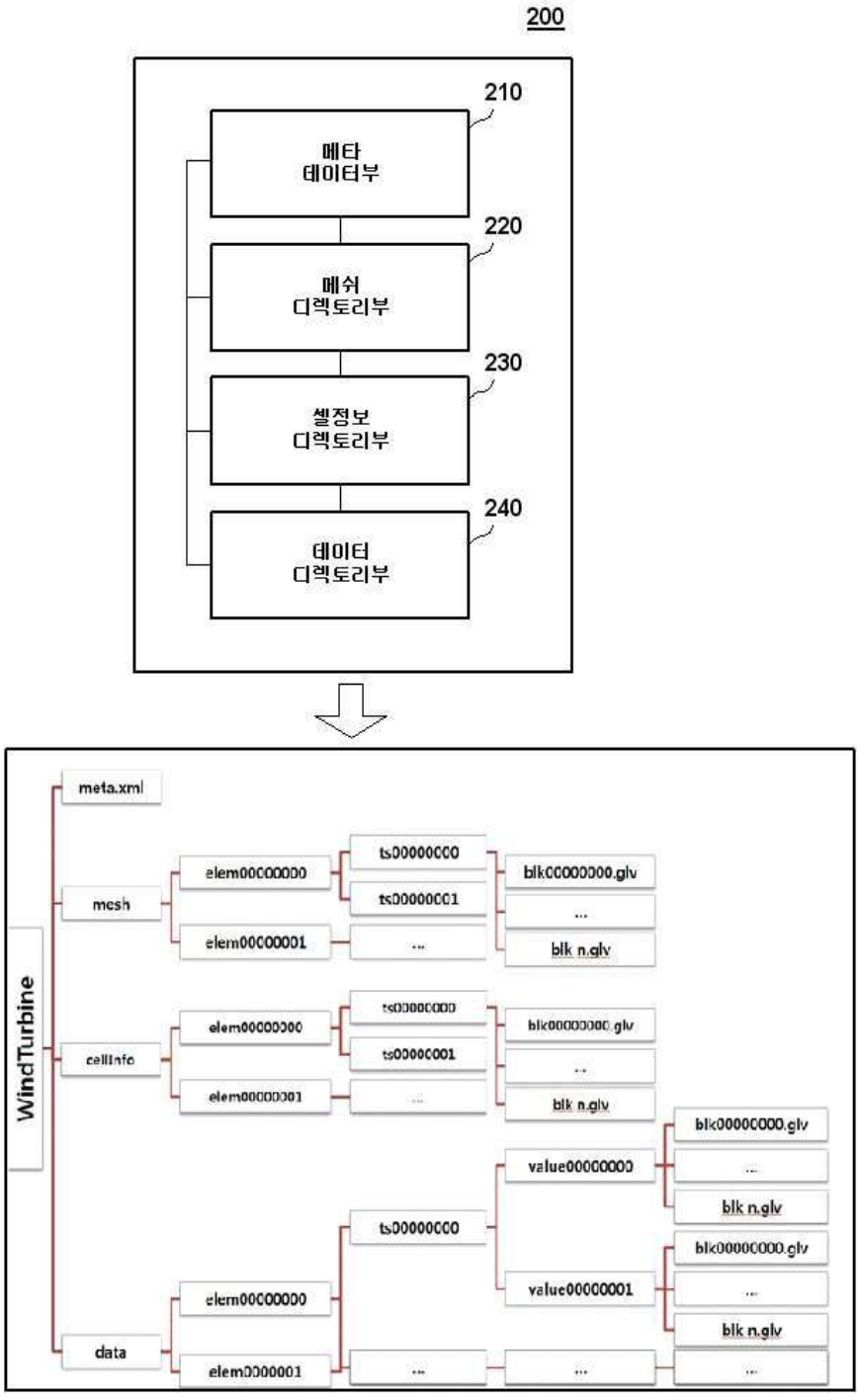
430 : 밸류 파일부

도면

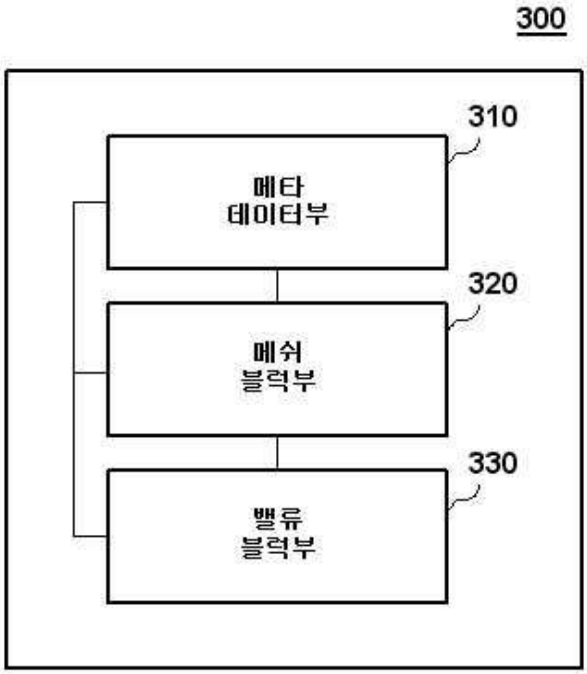
도면1


100
110
메타
데이터부
120
메쉬
디렉토리부
130
데이터
디렉토리부
Coarse.double
meta.xml
mesh
data
elem00000000
elem00000001
elem00000000
elem0000000
ts00000000
ts00000001
ts00000000
ts00000001
value00000000
value00000001
blk00000000.glv
blk n.glv
blk00000000.glv
blk n.glv
blk00000000.glv
blk n.glv

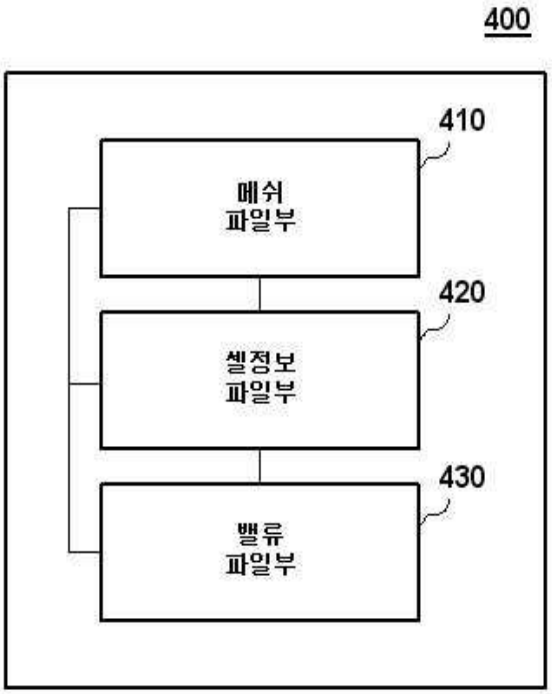
도면2


200
210
메타
데이터부
220
메쉬
디렉토리부
230
셀정보
디렉토리부
240
데이터
디렉토리부
WindTurbine
meta.xml
mesh
elem00C00000
elem00C00001
ts00000C00
ts00000C01
...
blk00000000.glv
...
blk n.glv
cellInfo
elem00000000
elem00000001
ts00000000
ts00000001
...
blk00000000.glv
...
blk n.glv
data
elem00C00000
elem00000001
ts00000C00
...
value00000000
value00000001
blk00000000.glv
...
blk n.glv
blk00000000.glv
...
blk n.glv
...
...
...

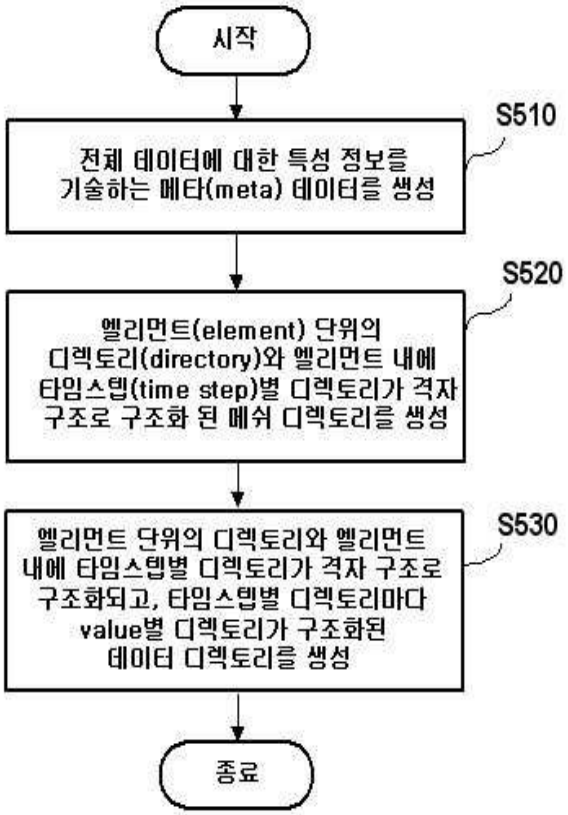
도면3


300
310
메타
데이터부
320
메쉬
블럭부
330
밸류
블럭부

도면4


400
410
메쉬
파일부
420
셀정보
파일부
430
밸류
파일부

도면5



도면6

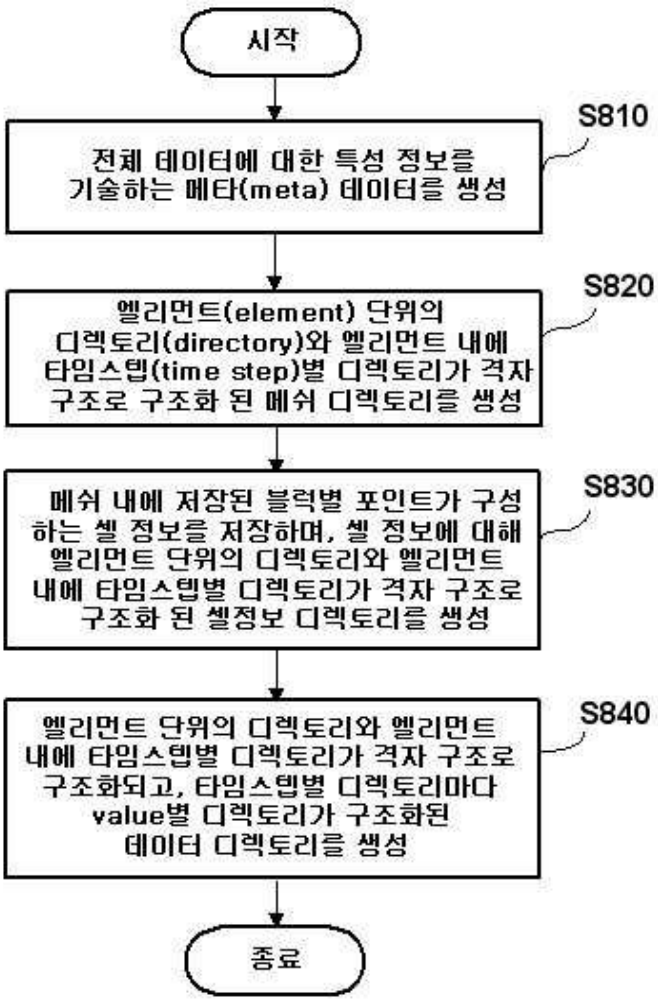
```
<?xml version="1.0"?>
<gdmMetaData>
<gridType>SG</gridType> <-------- Structured Grid
<timestep>5</timestep> <-------- time step의 수
<blockCount>200</blockCount> <-------- 전체 block의 수
<values> <-------- value list
.....
</values>
<elements>
```

```
<values> <---------- CFD 계산을 통해 계산된 값들의 list
<value>
<id>0</id> <---------- value의 고유 id
<name>Pressure</name> <---------- value description
<dimension>1</dimension> <---------- scalar일 경우 1, vector일 경우 2 or 3
<type>double</type> <---------- value에 해당하는 data type
</value>
```

도면7

```
<elements>
<elementCount>2</elementCount>
<element>
<id>0</id> <------- 고유한 element 의 id
<name>Blade</name> <------- element description
<mesh> <------- element mesh 정보
<dynamic>true</dynamic> <------- element mesh 가 time 에 따라 변하는가
<dimension>3</dimension> <------- element mesh 의 dimension
<type>float</type> <------- mesh point data 의 type
</mesh>
<blockCount>16</blockCount>
<values> <------- element value 정보
<num>2</num> <------- element value 의 수
<ids>0,1</ids> <------- element value 의 id
</values>
<dimensions> <------ element 를 구성하는 서로 다른 i,j,k 리스트 정보
<dimensionCount>2</dimensionCount> <------ element mesh dimension 의 수
<dimension> <------ dimension 정보
<id>1</id>
<size>
<i>79</i>
<j>49</j>
<k>1</k>
</size>
<block> <------- 해당 dimension 으로 구성되는 block 정보
<num>8</num> <------- block 의 수
```

도면8

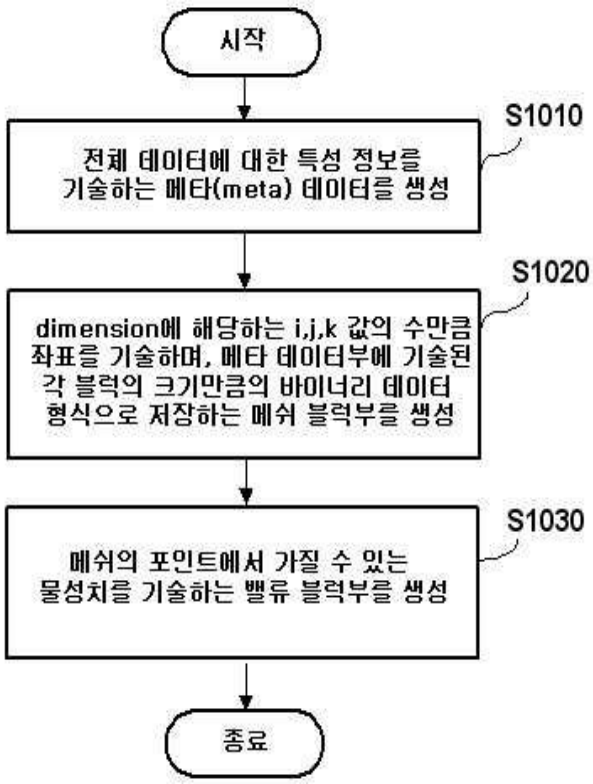

시작
S810
전체 데이터에 대한 특성 정보를 기술하는 메타(meta) 데이터를 생성
S820
엘리먼트(element) 단위의 디렉토리(directory)와 엘리먼트 내에 타임스텝(time step)별 디렉토리가 격자 구조로 구조화 된 메쉬 디렉토리를 생성
S830
메쉬 내에 저장된 블럭별 포인트가 구성하는 셀 정보를 저장하며, 셀 정보에 대해 엘리먼트 단위의 디렉토리와 엘리먼트 내에 타임스텝별 디렉토리가 격자 구조로 구조화 된 셀정보 디렉토리를 생성
S840
엘리먼트 단위의 디렉토리와 엘리먼트 내에 타임스텝별 디렉토리가 격자 구조로 구조화되고, 타임스텝별 디렉토리마다 value별 디렉토리가 구조화된 데이터 디렉토리를 생성
종료

도면9

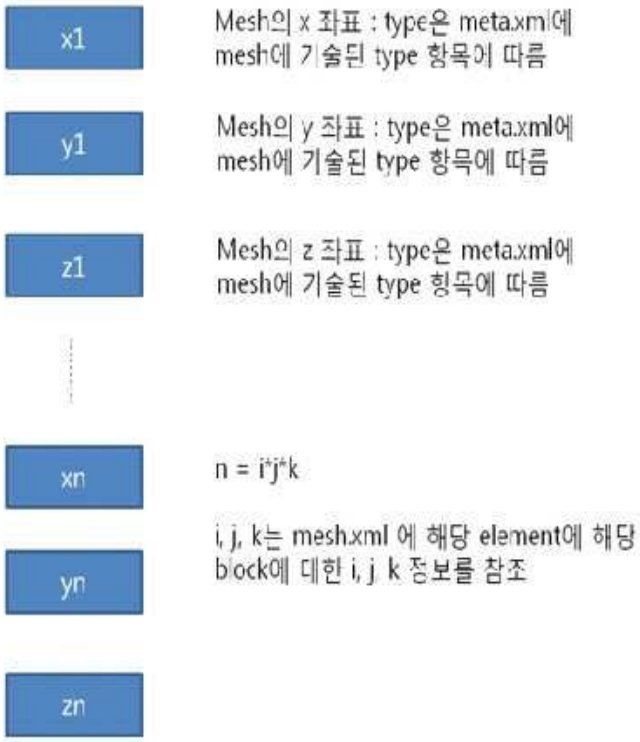
```
<?xml version="1.0"?>
<gdmMetaData>
<gridType>USG</gridType> <-------- Structured Grid
<timestep>5</timestep> <-------- time step의 수
<values> <-------- value list
.....
</values>
<elements>
```

```
<elements>
<elementCount>2</elementCount>
<element>
<element>
<id>0</id>
<name>fluid</name>
<blockCount>128</blockCount>
<mesh>
<dynamic>true</dynamic>
<dimension>3</dimension>
<type>float</type>
</mesh>
<value>
<size>3</size>
<position>point</position>
```

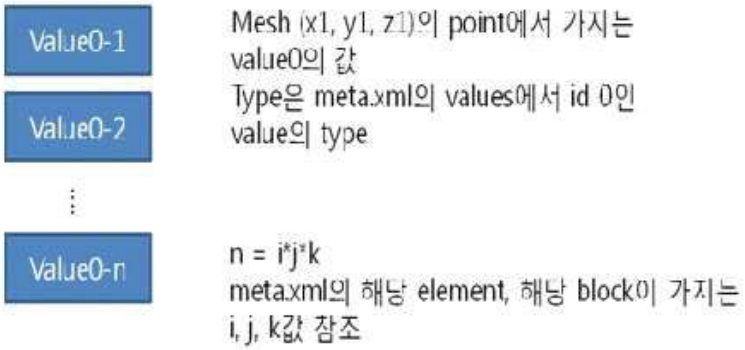
도면10



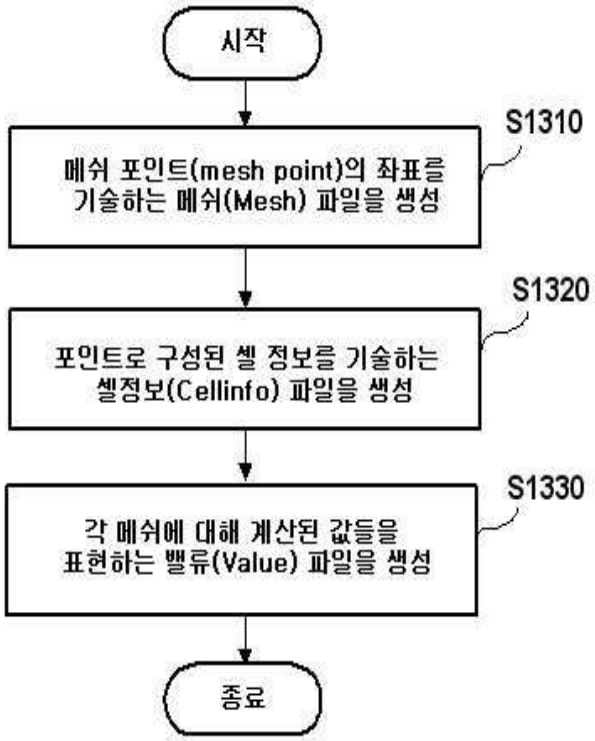
도면11


x1
Mesh의 x 좌표 : type은 meta.xml에
mesh에 기술된 type 항목에 따름
y1
Mesh의 y 좌표 : type은 meta.xml에
mesh에 기술된 type 항목에 따름
z1
Mesh의 z 좌표 : type은 meta.xml에
mesh에 기술된 type 항목에 따름
xn
n = i*j*k
yn
i, j, k는 mesh.xml 에 해당 element에 해당
block에 대한 i, j k 정보를 참조
zn

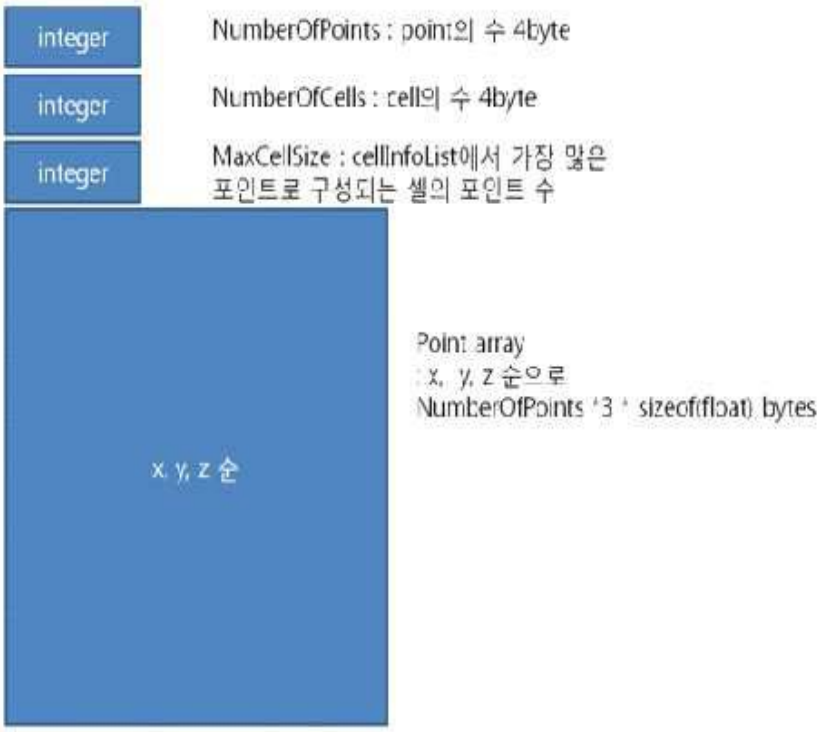
도면12


Value0-1
Value0-2
Value0-n
Mesh (x1, y1, z1)의 point에서 가지는
value0의 값
Type은 meta.xml의 values에서 id 0인
value의 type
n = i*j*k
meta.xml의 해당 element, 해당 block이 가지는
i, j, k값 참조

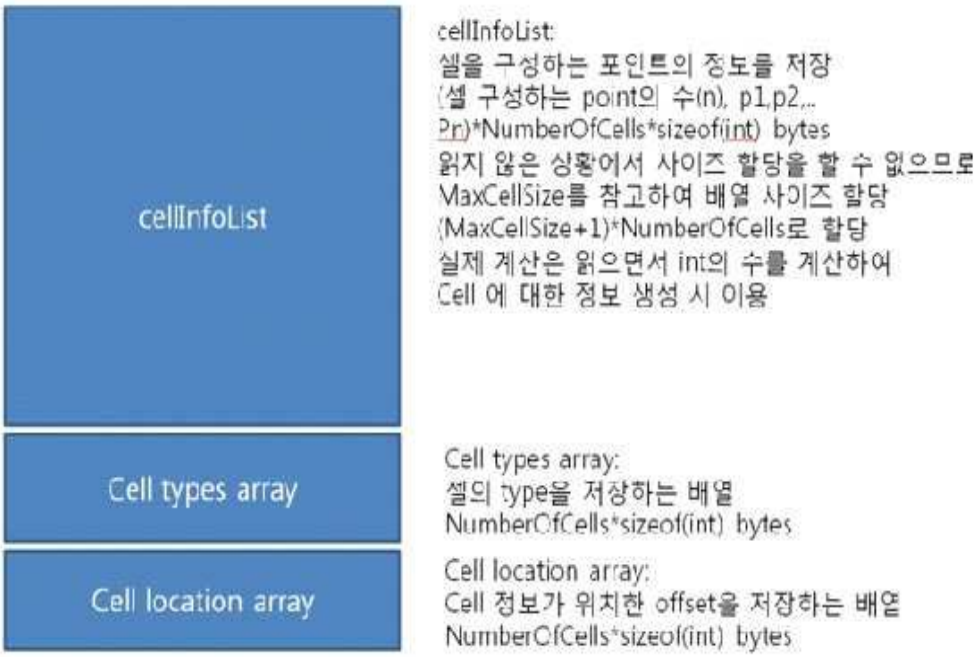
도면13


시작
S1310
메쉬 포인트(mesh point)의 좌표를 기술하는 메쉬(Mesh) 파일을 생성
S1320
포인트로 구성된 셀 정보를 기술하는 셀정보(Cellinfo) 파일을 생성
S1330
각 메쉬에 대해 계산된 값들을 표현하는 밸류(Value) 파일을 생성
종료

도면14


integer
NumberOfPoints : point의 수 4byte
integer
NumberOfCells : cell의 수 4byte
integer
MaxCellSize : cellInfoList에서 가장 많은 포인트로 구성되는 셀의 포인트 수
x, y, z 순
Point array
: x, y, z 순으로
NumberOfPoints * 3 * sizeof(float) bytes

도면15


cellInfoList
cellInfoList:
셀을 구성하는 포인트의 정보를 저장
(셀 구성하는 point의 수(n), p1,p2,...
Pn)*NumberOfCells*sizeof(int) bytes
읽지 않은 상황에서 사이즈 할당을 할 수 없으므로
MaxCellSize를 참고하여 배열 사이즈 할당
(MaxCellSize+1)*NumberOfCells로 할당
실제 계산은 읽으면서 int의 수를 계산하여
Cell 에 대한 정보 생성 시 이용
Cell types array
Cell types array:
셀의 type을 저장하는 배열
NumberOfCells*sizeof(int) bytes
Cell location array
Cell location array:
Cell 정보가 위치한 offset을 저장하는 배열
NumberOfCells*sizeof(int) bytes