



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2018년08월14일  
 (11) 등록번호 10-1888787  
 (24) 등록일자 2018년08월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
**G06F 17/50** (2006.01)

(52) CPC특허분류  
**G06F 17/5009** (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0034686

(22) 출원일자 2017년03월20일

심사청구일자 2017년03월20일

(56) 선행기술조사문헌

“무격자 해석기법을 이용한 2차원 압축성 유동 해석”, 한국전산유체공학회 학술대회논문집(pp. 375-382), 2013년 05월\*

“무격자법을 이용한 2차원 다중 물체주위의 점성 유동 해석”, 한국전산유체공학회 학술대회논문집(pp. 197-204), 2012년 05월

“이동하는 물체 주위의 비정상 압축성 유동 해석을 위한 무격자 해석기법”, 한국항공우주학회 학술논문발표회 논문집(pp. 50-51), 2016년 04월

“무격자 기법을 이용한 노즐 화염이 포함된 3차원 미사일 주위 유동 해석”, 한국전산유체공학회 학술논문발표회 논문집, 2015년 05월

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

**국방과학연구소**

대전광역시 유성구 북유성대로488번길 160 (수남동)

(72) 발명자

**정석영**

대전광역시 유성구 지족로 343

**허진영**

서울특별시 관악구 관악로 164

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

**한양특허법인**

전체 청구항 수 : 총 2 항

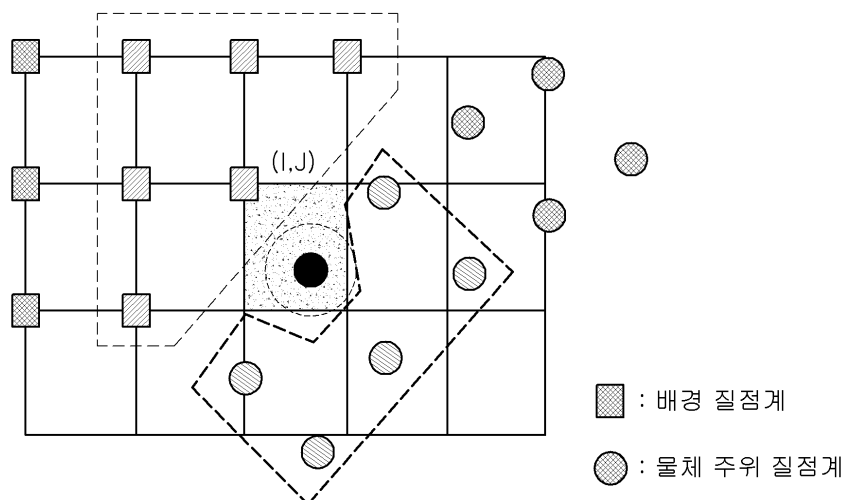
심사관 : 박승철

**(54) 발명의 명칭 무격자 해석 기법에서 움직이는 물체 주위의 계산 영역 처리 방법**

**(57) 요약**

본 발명은 무격자 질점계에서 움직이는 물체 주위의 재분포 대상 질점 후보군을 선정하여, 선정된 질점 후보군을 기준으로 클라우드(cloud)를 재구성하는 것을 특징으로 하는 무격자 해석 기법에서 움직이는 물체 주위의 계산 영역 처리 방법으로서, 본 발명에 의하면, 이동하는 물체 주위의 계산 영역의 생성에서 시간적인 효율성을 향상시킬 수 있다.

**대표도** - 도6



(72) 발명자

**이재상**

서울특별시 은평구 가좌로12길 20-5

**김규홍**

서울시 관악구 관악로30길 27

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

삭제

**청구항 2**

삭제

**청구항 3**

무격자 질점계에서 움직이는 물체 주위의 재분포 대상 질점 후보군을 선정하여, 선정된 질점 후보군의 주변 점들만을 대상으로 클라우드(cloud)를 재구성하는 것을 특징으로 하고,

상기 무격자 질점계를 물체주위 질점계와 배경 질점계로 구성하여, 물체주위 질점계와 겹친 상태의 배경 질점계는 OFF 상태로 설정함으로써 질점계를 재분포하는 것을 특징으로 하는,

무격자 해석 기법에서 움직이는 물체 주위의 계산 영역 처리 방법.

**청구항 4**

청구항 3에 있어서,

상기 클라우드를 재구성하는 것은,

상기 물체가 이동 전에 상기 물체주위 질점계의 최외각 질점과 상기 물체 이동 후에 ON 상태로 변한 질점을 대상으로 하는 것을 특징으로 하는,

무격자 해석 기법에서 움직이는 물체 주위의 계산 영역 처리 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 움직이는 물체를 무격자 해석 기법을 통해 해석함에 있어 그 물체 주위의 계산 영역을 처리하는 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 최근 컴퓨터 성능이 향상됨에 따라 아주 복잡한 3차원 형상의 주위의 유동해석에 대한 요구가 증가하고 있다.

[0003] 특히 3차원의 이동하는 비행체와 같은 굉장히 복잡한 형상 주위의 유동해석도 활발하게 수행되고 있다.

[0004] 하지만 기존의 유한체적법(Finite Volume Method) 기반의 기법들은 이러한 움직이는 물체 주위의 계산 영역, 즉 격자 처리에 과도한 시간이 소요되는 단점이 있다.

[0005] 이러한 한계를 극복하기 위해 점을 기반으로 유동해석을 수행하는 무격자 기법이 연구되어 왔다. 하지만 기존의 방법보다는 쉽다고 여겨지지만, 무격자 기법 역시 움직이는 물체 주위의 계산영역을 생성하는 것이 기법 개발의 가장 큰 어려움으로 여겨진다.

[0006] 따라서 무격자 기법의 개발을 위해서는 점을 다루는 연구가 필수적으로 수반되어야 한다.

[0007] 이상의 배경기술에 기재된 사항은 발명의 배경에 대한 이해를 돕기 위한 것으로서, 이 기술이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 이미 알려진 종래기술이 아닌 사항을 포함할 수 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0008] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보 제10-0568564호

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0009] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하고자 안출된 것으로서, 본 발명은 이동하는 물체 주위의 계산 영역의 생성에서 시간적인 효율성을 향상시키기 위한 무격자 해석 기법에서 움직이는 물체 주위의 계산 영역 처리 방법을 제공하는 데 그 목적이 있다.

**과제의 해결 수단**

[0010] 본 발명의 일 관점에 의한 무격자 해석 기법에서 움직이는 물체 주위의 계산 영역 처리 방법은, 무격자 질점계에서 움직이는 물체 주위의 재분포 대상 질점 후보군을 선정하여, 선정된 질점 후보군을 기준으로 클라우드(cloud)를 재구성하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 그리고, 상기 클라우드를 재구성하는 것은 상기 질점 후보군의 주변 점들만을 대상으로 하는 것을 특징으로 한다.

[0012] 또한, 상기 무격자 질점계를 물체주위 질점계와 배경 질점계로 구성하여, 물체주위 질점계와 겹친 상태의 배경 질점계는 OFF 상태로 설정함으로써 질점계를 재분포하는 것을 특징으로 한다.

[0013] 한편, 상기 클라우드를 재구성하는 것은, 상기 물체가 이동 전에 상기 물체주위 질점계의 최외각 질점과 상기 물체 이동 후에 ON 상태로 변한 질점을 대상으로 하는 것을 특징으로 한다.

**발명의 효과**

[0014] 본 발명의 무격자 해석 기법에서 움직이는 물체 주위의 계산 영역 처리 방법에 의하면, 무격자 해석 기법에 의해 움직이는 물체 주위의 계산 영역, 즉 격자 처리에 드는 시간을 현격히 줄일 수 있게 한다.

[0015] 그러므로, 3차원의 이동하는 비행체와 같은 복잡한 형상 주위의 유동해석에 유리하다.

**도면의 간단한 설명**

[0016] 도 1은 물체 주위 질점계를 나타낸 것이다.

도 2는 물체 주위 질점계와 배경 질점계를 나타낸 것이다.

도 3은 물체가 이동하는 경우에 재분포되는 질점계를 나타낸 것이다.

도 4는 도 3에 의해 재분포된 질점계에서 클라우드를 재구성해야 하는 질점 후보군을 나타낸 것이다.

도 5는 배경 질점계에서 바라본 클라우드 후보군을 도시한 것이다.

도 6은 물체 주위 질점계에서 바라본 클라우드 후보군을 도시한 것이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0017] 본 발명과 본 발명의 동작상의 이점 및 본 발명의 실시에 의하여 달성되는 목적을 충분히 이해하기 위해서는 본 발명의 바람직한 실시 예를 예시하는 첨부 도면 및 첨부 도면에 기재된 내용을 참조하여야만 한다.

[0018] 본 발명의 바람직한 실시 예를 설명함에 있어서, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기술이나 반복적인 설명은 그 설명을 줄이거나 생략하기로 한다.

[0019] 이하, 도 1 내지 도 6을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 의한 무격자 해석 기법에서 움직이는 물체 주위의 계산 영역 처리 방법을 설명하기로 한다.

[0020] 본 발명의 움직이는 물체 주위의 계산 영역 처리 방법은 무격자 질점계에서 움직이는 물체 주위의 계산영역을

효율적으로 처리하는 기법에 관한 것이다.

- [0021] 무격자 질점계는 크게 물체주위 질점계와 배경 질점계로 구분할 수 있는 바, 물체주위 질점계와 배경 질점계로 구분하고 일련의 규칙을 정함으로써 물체 이동에 수반되는 질점 처리가 빠르게 수행될 수 있게 한다.
- [0022] 도 1에 나타낸 물체주위 질점계는 점성 영역의 경계층과 같이 물리현상을 고려하기 위해 만들어지는 질점계로, 일반적인 FVM 기법과 비슷하게 hyperbolic equation을 기반으로 질점계를 생성한다.
- [0023] 그리고, 도 2에 나타낸 배경 질점계는 Cartesian Grid의 격자점을 이용해서 생성되는 질점계로, 물체주위 질점계와 겹쳐서 생성되지만 물체주위 질점계 내부에 존재하는 배경 질점계는 계산에 사용하지 않는다.
- [0024] 무격자 질점 이동에서 시간 효율상으로 가장 큰 문제가 되는 부분은 유동 해석 계산을 위해 각 점에 connectivity(또는 cloud)의 재구성이다.
- [0025] 이를 위해 본 발명에서 개발한 무격자 질점 처리 방법은 물체 주위 질점계의 내부에 존재하는 배경 질점을 삭제하지 않고 정보를 갖고 있는 ON/OFF 형태로 질점계를 개발하였다.
- [0026] 무격자 질점계의 초기 상태를 도 3(a)와 같다고 하면, 물체의 이동에 의해 질점계는 도 3(b)와 같이 변하게 된다.
- [0027] 도 3(b)를 통해 물체의 이동으로 인해 물체가 겹쳐지는 부분과 빈 공간이 발생하는 것을 확인할 수 있다. 이에 겹쳐진 점을 ON 상태로 변경하고 빈 공간의 점 부분을 OFF 상태로 변경하면 이동한 뒤의 질점계가 완성된다. 완성된 질점계는 도 3(c)와 같다.
- [0028] 다음, 본 발명의 질점계는 무격자 유동 해석을 위해 생성된 질점계로, 유동해석을 위해서는 각 점에 대한 cloud가 존재해야 한다.
- [0029] 따라서, 위와 같이 질점이 이동한 경우에는 전체적인 질점의 구성이 변하므로 모든 점에 대해서 cloud를 다시 구성해야 한다.
- [0030] 이 때 모든 점에 대하여 이 작업을 수행하면 계산시간이 기하급수적으로 늘어난다.
- [0031] 따라서, 본 발명은 cloud의 재구성이 필요한 후보군만을 고르는 작업을 통해 계산시간을 단축시킨다. 본 발명에서는 도 4와 같이 세 가지 경우만을 cloud를 재구성하는 점으로 선정하였다.
- [0032] 첫 번째는 물체주위 질점계의 최외각 점으로 최외각 점은 물체를 따라 이동하기 때문에 주변의 점의 구성이 바뀌게 된다. 이는 도 4(a)에 표시되어 있다.
- [0033] 두 번째 조건은 도 4(b)에 나타낸 것으로서, 이동으로 인해 생성된 점 집단을 나타낸다. 새롭게 생성된 점은 기존에 존재하지 않았기 때문에 이전 시간 단계에서 cloud가 존재하지 않기 때문에 cloud를 재구성해야 한다.
- [0034] 마지막으로, 도 4(c)에 나타나 있는 조건은 이동으로 인해 지워진 점들과 연결된 점이다. 기존의 cloud로 구성된 점들이 삭제가 되었기 때문에 질점계의 cloud를 재구성해야 한다.
- [0035] 이렇게 후보점들을 대상으로 cloud를 구성할 때에도 마찬가지로 계산시간 단축을 위해 탐색 대상을 대폭 축소시켜야 한다.
- [0036] 본 발명에서는 물체주위 질점계와 배경 질점계 두 가지 경우를 나눠 다른 탐색법을 적용하였다.
- [0037] 첫 번째로 배경 질점계의 경우 도 5와 같이 그 점에서  $i+1$ ,  $i-1$ ,  $j-1$ ,  $j+1$  방향에 존재하는 배경 질점계와 물체의 최외각점만을 대상으로 하여 후보군을 대폭 축소시켰다.
- [0038] 반대로 최외각 질점의 경우는 도 6에 나타나 있다. 먼저 최외각 질점이 배경 질점계에서 어느 블럭에 속하는지 정보를 저장하고, 그 속한 블럭 주변의 배경 질점계를 후보군으로 정하고 기존의 cloud 중 물체주위 질점계의 점들은 그대로 사용하는 것이다.
- [0039] 결국, 본 발명은 무격자 질점계를 물체 주위 질점계와 배경 질점계로 구성하여 물체 주위 질점계와 겹친 상태의 배경 질점계는 삭제가 아닌 OFF 상태로 설정함으로써, 점의 추가나 제거가 아닌 ON/OFF로 질점계를 재분포하는 것이다.
- [0040] 이를 위해 고속으로 Cloud를 재구성하는 방법은 다음과 같다.
- [0041] (1) 후보군 선정

[0042] 고안된 질점계에서 특정된(specified) 질점만을 선정하여 Cloud를 재구성하여 유동해석을 수행한다.

[0043] 1) 물체 질점계의 최외각 질점

[0044] 물체주위 질점계의 최외각 이내의 질점들은 항상 Structured 형태로 존재하기 때문에 점이 이동하여도 주변 점의 배치는 변하지 않는다. 그러므로, 물체의 최외각 질점만 Cloud를 재구성한다.

[0045] 2) 새로 생성된 질점

[0046] 이전 물리적 시간단계에서는 OFF였던 질점이 이동으로 인해 ON으로 상태가 변하면, 이 질점들의 Cloud를 재구성한다.

[0047] 3) OFF 배경 질점 주변의 배경 질점

[0048] 배경 질점은 Cartesian 구조로 되어 있으므로, 주변에 I, J, K 정보를 이용하여 주변 점의 ON/OFF 상태의 구별이 가능하다.

[0049] 이때 한 배경 질점과 Cartesian 형태로 연결된 주변 배경 질점이 OFF 되어있는 경우에 Cloud를 재탐색한다.

[0050] (2) 질점의 근방에 존재하는 질점 탐색 기법

[0051] 후보군이 된 질점에서도 주변에 질점을 찾기 위해서는 모든 점과의 거리를 계산해야 하는 시간적 비효율을 최소화하여 탐색하여야 한다.

[0052] 1) 물체 주위 질점계가 배경 질점계를 찾을 때

[0053] 한 점의 좌표를 알고 배경 질점계의 특성치를 알면 그 점의 근방에 존재하는 배경 질점의 번호를 다음과 같이 찾는다.

[0054] 
$$I_B = \text{Ceiling}((\frac{x_p - x_{Bi}}{\Delta x})) + 1$$

[0055] 
$$J_B = \text{Ceiling}((\frac{y_p - y_{Bi}}{\Delta y})) + 1$$

[0056] 
$$K_B = \text{Ceiling}((\frac{z_p - z_{Bi}}{\Delta z})) + 1$$

[0057] 여기서,  $I_B$ ,  $J_B$ ,  $K_B$ 는 한 점 주변에 존재하는 배경 질점계의 Cartesian order 이고  $x_p$ ,  $y_p$ ,  $z_p$ 는 한 점의 좌표,  $x_{Bi}$ ,  $y_{Bi}$ ,  $z_{Bi}$ 는 배경 질점계에서 Cartesian Grid의 시작점의 좌표,  $\Delta$ 는 각각 I, J, K 방향으로 간격을 뜻한다.

[0058] 이를 통해 주변  $I_B$ ,  $J_B$ ,  $K_B$ 를 이용해 그 점의 INDEX를 알아내어 반복문 없이 주변 점을 찾을 수 있다.

[0059] 2) 배경 질점계가 물체 주위 질점계를 찾을 때

[0060] 배경 질점계에서는 전술한 방법과 같이 규칙을 통해 점을 찾을 수 없기 때문에 거리 탐색 시간을 최소화하기 위해 오직 배경 질점계는 물체의 최외각 질점계만을 Cloud의 대상으로 찾음으로써 시간을 단축시킨다.

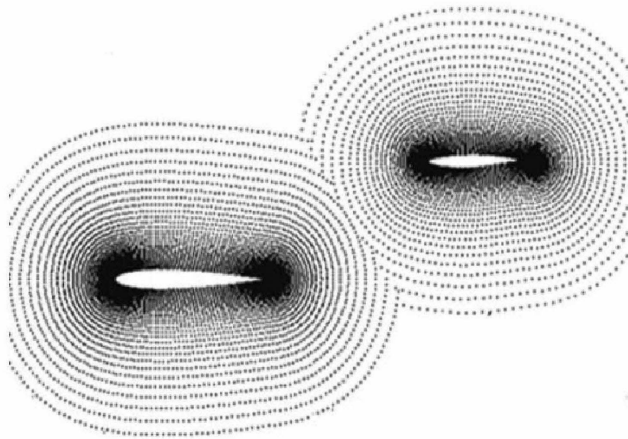
[0061] 이상과 같이 본 발명에 의한 움직이는 물체 주위의 질점 처리는 ON/OFF 상태 설정에 의해 질점을 재분포하되, 재분포 대상인 질점 후보군을 선정하고, 후보군의 주변 점들만을 클라우드를 재구성할 대상으로 하여 클라우드를 재구성함으로써 움직이는 물체 주위의 계산 영역을 처리하는 시간을 현격히 줄일 수 있게 한다.

[0062] 이상과 같은 본 발명은 예시된 도면을 참조하여 설명되었지만, 기재된 실시 예에 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 사상 및 범위를 벗어나지 않고 다양하게 수정 및 변형될 수 있음은 이 기술의 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명하다. 따라서 그러한 수정 예 또는 변형 예들은 본 발명의 특허청구범위에 속한다 하여야 할 것이며, 본 발명의 권리범위는 첨부된 특허청구범위에 기초하여 해석되어야 할 것이다.

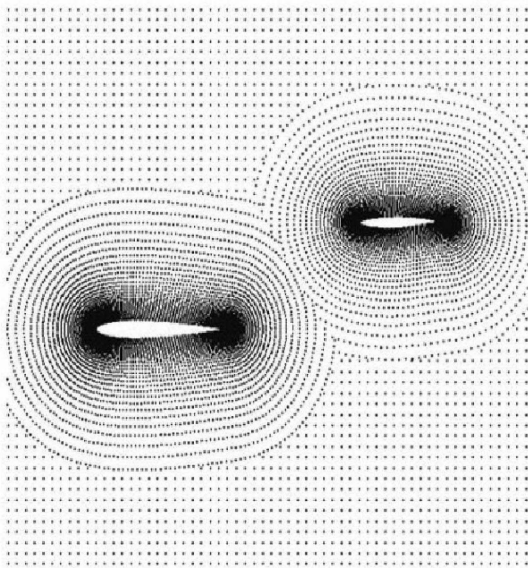


도면

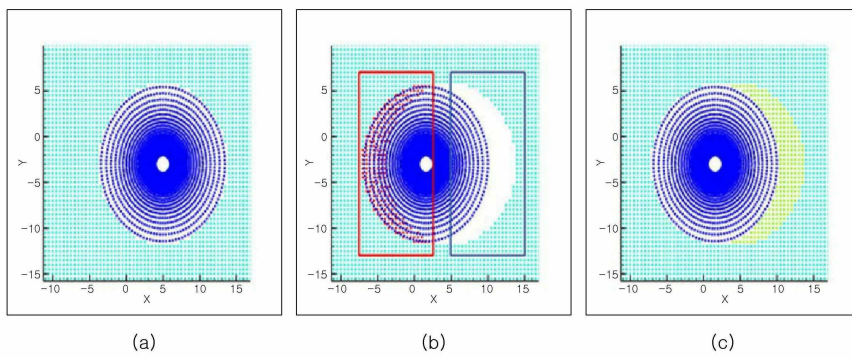
도면1



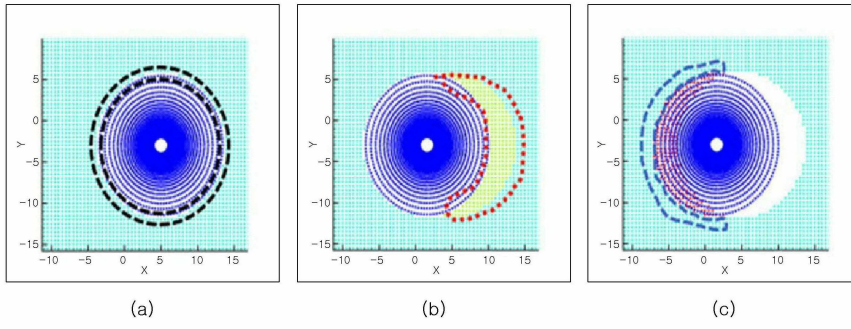
도면2



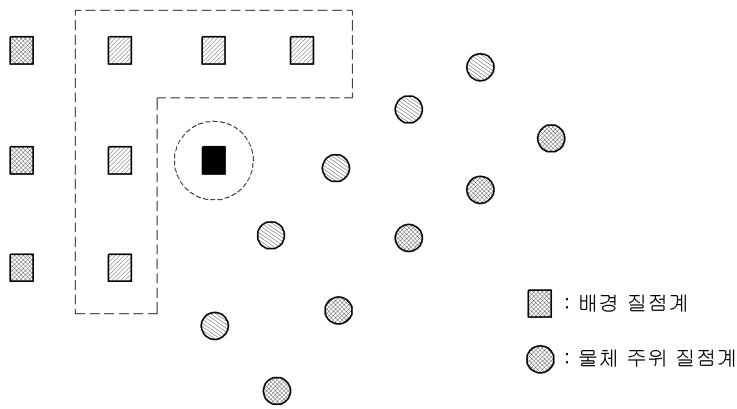
도면3



도면4



도면5



도면6

