

분무 유동에서 중첩 입자 분리 알고리즘의 개발

양창조⁺·김정환⁺⁺·조대환⁺⁺⁺·오종환⁺⁺⁺⁺·이영호⁺⁺⁺⁺⁺

Development of Separation Algorithm of Overlapped Particles in Spay Flow

C. J. Yang⁺, J. H. Kim⁺⁺, D. H. Cho⁺⁺⁺, J. H. Oh⁺⁺⁺⁺, and Y. H. Lee⁺⁺⁺⁺⁺

Abstract : Recently, fire extinguishing systems based on water mists have been attracting public attentions in marine engineering. Performance of the fire extinguishing systems is influenced by the size and distribution of spayed water mists. Droplet analyzing method based on image processing technique for measuring droplet size and distribution has been developed. The morphological method based on partial curvature information of pre-processed images was adopted for recognition and separation of overlapped particles. Tested results show that the present method may be reliable for the analysis of the size and distribution of droplets produced by water mist spay flow.

Key words : Spay flow (분무 유동), Droplet sizing(입경 측정), Water mist(미분무수), Image processing(영상 처리), Overlapped particle(중첩 입자), Curvature(곡률), Relaxation method(이완법)

1. 서론

미분무수 소화 장치의 분무의 특성을 평가하기 위해 사용하는 파라미터 중 가장 중요한 것은 위치에 따른 액적의 평균 입자경과 입경의 분포이다. 입경의 측정기법은 크게 나누어 기계적인 포집법(drop collecting techniques)과 광학적인 방식(optical techniques)으로 나뉘며 그 외에 전기적인 측정기법도 몇 가지 알려져 있다^[1]. 광학적인 측정기법은 특히 레이저를 이용한 측정 기술의 발달과 함께 개발되어 왔으며, 최근에도 계속 연구가 진행되고 있는 측정기법이다.

특히 최근 각광을 받고 있는 영상 처리를 이용한 측정 방법은 분무지역에서 카메라에 순간적으로 포착된 액적들의 영상 신호를 적당한 영상 처리 기법과 형상 인식 알고리즘을 사용하여 분무 액적의 수와 입경을 자동으로 측정하는 방법으로 다양한 영상 처리 기법을 이용하면 육안으로 판별하기 어려운 영상에서도 입경 측정이 가능하다.

이러한 영상 처리를 이용한 측정 기법에 관한 연구는 크게 두 분야로 나눌 수 있다. 첫 번째는 명암 판별기준과 초점면 존재 판단 기준에 따라 측정된 입경이 실제 입경과 차이를 보이는 데 이의 보정에 관한 연구^[2]와 두 번째로 획득한 영상으로부터 효과적으로 입경을 계산해 낼 수 있는 형상 인식 알고리즘의 개발에 관한 연구^{[3], [4]}이다. 영상처리 기법은 광학계의 확대비에 최적치가 존재하므로 카메라의 배율을 변화시킴으로써 모든 크기의 입경을 측정할 수 있으며 비구형 입자에 대한 측정이 가능한 장점을 가지고 있지만 이를 구현하기 위해서는 상기의 두 분야에 대한 보다 체계적인 연구가 요구된다. 또한 미분무수 소화 장치의 분무 유동과 같이 다수의 입자상태의 액적이 촬영되어 있는 영상은 상호 중첩되거나 접촉하고 있는 곳이 많아, 일반적인 영상처리만으로는 자동계측이나 해석이 곤란하다.

따라서 본 연구에서는 형상 인식 알고리즘의 개발의 일환으로 이러한 입자가 중복된 영역에서 반복연산(이완법)에 의해 형상을 인식시켜가면서 각 윤곽점이 속할 것으로 예측되는 형상의 모델의 파라메타를 수렴시켜 윤곽점의 분할을 수행하고, 형상을 검출·분리하는 기법에 대하여 연구를 수행하였다.

2. 영상 처리 기법

2.1 표준 영상

실제 분무 유동에 대한 성능평가를 수행하기 위해서는 실제 실험에서 획득한 영상에 대해 입자들의 명암 판별이나 초점면 존재 판단 기준 등의 다른 영향을 고려하는 성능평가와 입자의 인식 알고리즘의 성능평가가 동시에 이루어져야 하겠지만, 본 연구에서는 그 선행과제로서 분무의 평균 입자경과 입경의 분포의 계측의 신뢰성을 확보하고자 모의 표준 영상을 제작하고, 입자의 인식 알고리즘의 성능평가만으로 국한하기로 한다. 그림1은 제작한 가로, 세로가 각각 640×480 픽셀 크기의 표준 영상을 나타내고 있다.

본 연구에서는 입자 경계의 곡률변화를 이용하여 입자를 계측하는 알고리즘을 개발하고, 이를 표준 영상에 적용하여 개별 입자 측정과 함께 중첩된 입자의 영상으로부터 입자를 분리,

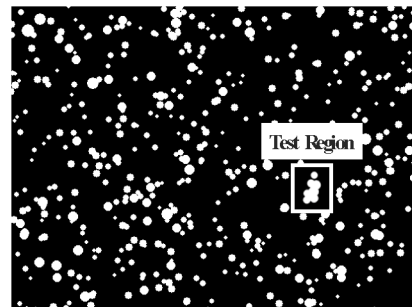


Fig. 1. 표준 영상 (640×480 pixel)

+ 양창조(한국해양대학교 연구원), E-mail:cjyang70@pivlab.net, Tel: 051)410-4940

++ 김정환(한국조선기자재연구원), 부산광역시 영도구 동삼동 1125-22

+++ 조대환(목포해양대학교 기관공학부), 전남 목포시 죽교동 571-2번지

++++ 오종환(씨플러스), 부산광역시 강서구 송정동 1575-3

+++++ 이영호(한국조선기자재연구원), 부산광역시 영도구 동삼동 1번지

인식하는 작업을 수행하였다.

2.2 초기좌표의 계산

원시영상에서 추출한 원형입자의 윤곽점에 몇 개의 파라메타, 즉 윤곽점의 좌표, 각 윤곽점이 속할 것으로 예측되는 원의 중심 및 그 확률을 구하고, 그 초기치를 계산한다. 먼저, 원시영상으로부터 입자의 윤곽점이라고 생각되는 픽셀을 추출한다. 처리 순서는 다음과 같다. 일단 처리 영역을 입자들이 중첩된 곳으로 한정하고, 처리하고자 하는 영역에 마스크를 준비한다. 마스크는 원시영상을 2치화하고, 처리하고자 하는 영역 내에 있는 입자군(그림 1의 Test Region)의 연결영역을 선택한다. 마스크 영역 내에서 원시영상의 그래디언트(gradient)를 계산하고, 그래디언트의 절대치와 방향코드(8방향)를 구하여 미분연산자의 출력영상으로부터 기준점만을 추출한다.

다음으로 추출된 n 개의 윤곽점에 다음의 a)~c)의 파라메타를 할당하고, 그 초기치를 계산한다. 이하 위 첨자 (0)은 초기치를 표시하기로 한다. $(x_i^{(0)}, y_i^{(0)})$ 은 추출한 윤곽점의 좌표를 나타낸다.

- a) (x_i, y_i) : 점 i ($1 \leq i \leq n$)의 좌표
- b) (C_x, C_y) : 점 i 가 속할 것으로 예측되는 원의 중심좌표
- c) P_i : 점 i 가 (C_x, C_y) 을 중심으로 하는 원에 속할 것으로 예측되는 확률 ($0 \leq P_i \leq 1$)

$(C_x^{(0)}, C_y^{(0)})$ 은 그림 2와 같이 하여 계산된다. 점 i_L, i_R 은 주목하고 있는 i 을 시점으로 그래디언트 영상에서 근접 에지를 3픽셀분 연결하여 얻은 점이다. 그림 2의 반경 r_i^0 은 곡률 θ 을 사용하여 다음 식으로 구한다. 단, d_L, d_R 은 각각 점 i 와 점 i_L 및 점 i 와 점 i_R 의 거리이다.

$$r_i^{(0)} = \frac{d_L + d_R}{2} \times \frac{1}{2|\sin(\theta/2)|} \quad (1)$$

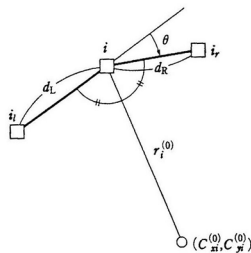


Fig. 2 중심좌표의 초기치 계산법

2.3 이완법에 의한 반복연산

파라메타의 값을 갱신하는 처리를 수렴할 때까지 반복한다. 윤곽점 i 의 파라메타를 단지 i 의 근방 윤곽점의 정보만을 이용하여 갱신하는 것만으로는 전체적으로 보아 신뢰성을 확보하였다고 보기 어렵다. 그러므로 그림 3과 같이 전 윤곽점에서 i 와 동일 원주 상에 있을 가능성이 큰 점 j ($1 \leq j \leq n$) (즉 i 로 적합한 것)을 선별해 내고, 이것을 이용하여 i 의 파라메타를 갱신한다. 이상의 파라메타갱신 프로세스를 반복한다.

그림 4는 수렴하는 모양을 보인다. 초기치가 급속히 수렴하는 모습을 나타내고 있다. 그의 특성은 매우 양호하고, 반복 4회 이하 정도에서 갱신전후의 중심좌표의 값이 거의 변화하지

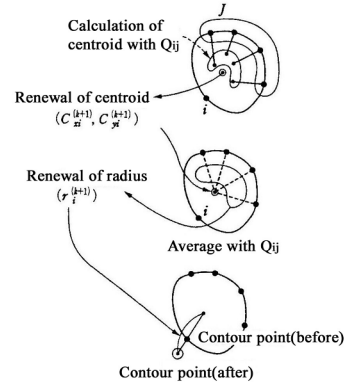


Fig. 3 파라메타의 갱신

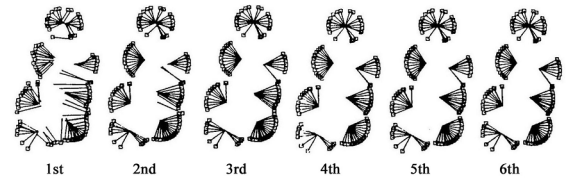


Fig. 4 중심좌표의 수렴

않고 있다. 실험에서는 다음의 식(2)으로 정의된 $ERR(i)$ 가 모든 i 점에 대해서 0.2이하가 될 때 수렴으로 판정하였다.

$$ERR(i) = |C_{xi}^{(k+1)} - C_{xi}^{(k)}| + |C_{yi}^{(k+1)} - C_{yi}^{(k)}| \quad (2)$$

중심좌표가 수렴한 원은 간단한 방법(예를 들면 중심 간의 거리가 1픽셀 이내에 있는 것은 동일 성분이다)으로 구분하는 것이 가능하고, 형상을 분리하는 것이 가능하다.

3. 결론

본 연구에서는 미분무수 소화 장치의 분무 특성을 평가하기 위한 선행과제로서 형상 인식 알고리즘을 개발하고자 입자 경계의 곡률 변화를 이용한 영상의 분리, 인식을 하는 작업을 통하여 입자가 중복이 되어 개개의 입자의 구별이 곤란한 경우에도 적용이 가능한 중복된 입자의 처리기법을 개발하였다. 또한 표준 영상을 이용하여 입자의 일부만이 인식되더라도 반복 연산에 의해 형상을 인식시켜 가면서 개별 및 중첩된 입자의 입경을 계산하는 알고리즘의 성능이 우수함을 보였다.

참고문헌

- [1] 정중수, 이교우, "PDPA와 화성처리법의 비교를 위한 분무 측정 실험", 한국액체미립화학회 학술강연회 논문집, 제3권, 제1호, pp.1-9, 1998.
- [2] K. S. Kim and S. S. Kim, "Drop Sizing and Depth-of-Field Correction in TV Imaging", Atomization and Sprays, Vol. 4, pp. 65-78.1994.
- [3] 김주연, 추정호, 이상용, "입경 측정을 위한 영상 처리 기법의 개선", 대한기계학회논문집 B권, 제22권 제8호, pp.1152-1163.1998.
- [4] I. G. Kim and S. Y. Lee, "A Simple Technique for Sizing and Counting of Spray Drops Using Digital Image Processing", Exp. Thermal Fluid Sci., Vol. 3, pp.214-221, 1990.