

# CCD 카메라를 이용한 Ladle 열영상 관측시스템

김태수\* · 전중창\*\*

\*위덕대학교 · \*\*진주산업대학교

## Monitoring System of Ladle Heat Image using CCD Camera

Tae-Soo Kim\* · Joong-Chang Chun\*\*

\*Uiduk University · \*\*Jinju National University

E-mail : tskim@uu.ac.kr

### 요 약

본 논문에서 제안하는 시스템은 Ladle 나탕의 상태를 카메라를 사용하여 Ladle 탕면을 관측하고 획득한 영상데이터를 주조정장치로 보내게 되는데, 이러한 영상데이터를 보내기 위해서는 유선 송수신 방식은 Ladle의 회전 특성상 사용하지 못하므로 무선 송수신 방식을 사용한다. 또한 초고온 환경이므로 고온에 견딜 수 있도록 Housing 기술을 이용한 Dual 영상카메라 장착 관측시스템을 구축하고, 탕면 거리, 버블 영상 등을 통해 그 크기를 산출하는 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘에 따라 20분의 연주시간에 대하여 19.25Cm의 지름을 가진 Bubble의 크기를 계산할 수 있었다.

### 키워드

무선 LAN, CCD Camera, Housing, 관측시스템

### 1. 서 론

Ladle 내부는 초고온이며 Ladle 주변에 초고주파 설비가 설치되어 있어서 관측장비를 쉽게 설치할 수 없는 환경 때문에 국·내외에서 지금까지는 Ladle 탕면 관측시스템을 구축하여 사용하고 있지 않는 실정이다. 일반적으로 주조과정을 감시하기 위해서 오픈된 공간상에서 주변 상황을 Monitoring을 하는 정도이다. 지금까지는 Ladle 내부를 볼 수 있는 방법이 없었기 때문에 전로의 처리 후에 나오는 용강의 특성에 따라 적당한량을 조절할 수밖에 없었다. 이러한 Ladle의 내부 상태를 정확하게 파악할 수 있다면 주입되는 가스의 양과 분발의 양을 보다 정확하게 조절할 수 있기 때문에 탕면의 관측이 반드시 필요하다. 또한 경제적인 면에 있어서도 선진국인 일본이나 독일 등과 같은 국가와 우리나라를 바짝 뒤쫓고 있는 중국에 뒤지지 않기 위해서는 양질의 철강 제품을 생산하는 일이 매우 중요하게 되었다. 기술적인 측면에서는 초고온에 견딜 수 있는 Housing 기술, 영상신호의 무선 전송기술, 디지털 신호처리 기술을 활용한 분석 알고리즘 개발 능력 등이 매우 중요하게 되었다. 본 논문의 제안은

최근 카메라의 성능 및 열을 차단 할 수 있는 Housing 기술의 발달하였고, 디지털 무선송수신 장치의 상용화로 Ladle 내부를 관측하는 시스템을 개발하기에 충분한 조건이 갖추어 있는 상황이기 때문에 가능하다. 그러나 시스템 개발에 있어서 주로 문제점으로 대두되는 것은 카메라가 정상적으로 작동할 수 없는 섭씨 700도 이상의 초고온으로 카메라 설치가 곤란하다는 점과 설치 개소의 반복 회전으로 인한 Wiring 이 불가하다는 것을 들 수 있고, 또한 주변에 고압 고주파 설비가 있기 때문에 아날로그 무선설비의 사용이 불가능하다는 것이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 초고온용 특수 Housing 기술을 접목하고 광량조절 원격지 제어를 통한 민감한 휘도에 대응하며 탈 부착시 동일한 위치에 정확히 장착될 수 있도록 상황을 충분히 고려한 매커니즘으로 설계한다. 그리고 반복 회전에 대응하기 위해서 무선전송 송수신 장치를 사용하며, 특히 고주파를 극복할 수 있는 디지털 무선 장치를 적용한다. 주메인 관측시스템에서는 실시간으로 동영상을 Monitoring 할 수 있고, 계량무게, Ladle 높이, 캡홀과 탕면과의 거리, Ladle 바닥높이 등에 따른

Bubble 크기의 정보를 작업자에게 제공하게 된다.

## II. Ladle 관측시스템

### 2.1 Ladle 관측시스템 구성

그림1 은 제강 Ladle 관측시스템의 전체 구성도를 보인다. 그림에서와 같이 연주공정에 Ladle의 탕면을 관측하기 위해 커버의 상층부를 훔을 만들어 카메라를 통해 내부를 볼 수 있도록 한다. 초고온 상태이므로 카메라를 보호하기 위해서 Housing처리를 행하며, 카메라에서 출력되는 영상 스트림은 서버를 통해서 저장되고, 저장된 영상데이터는 무선전송장치와 AP를 통하여 주조정장치에 보내지게 된다.

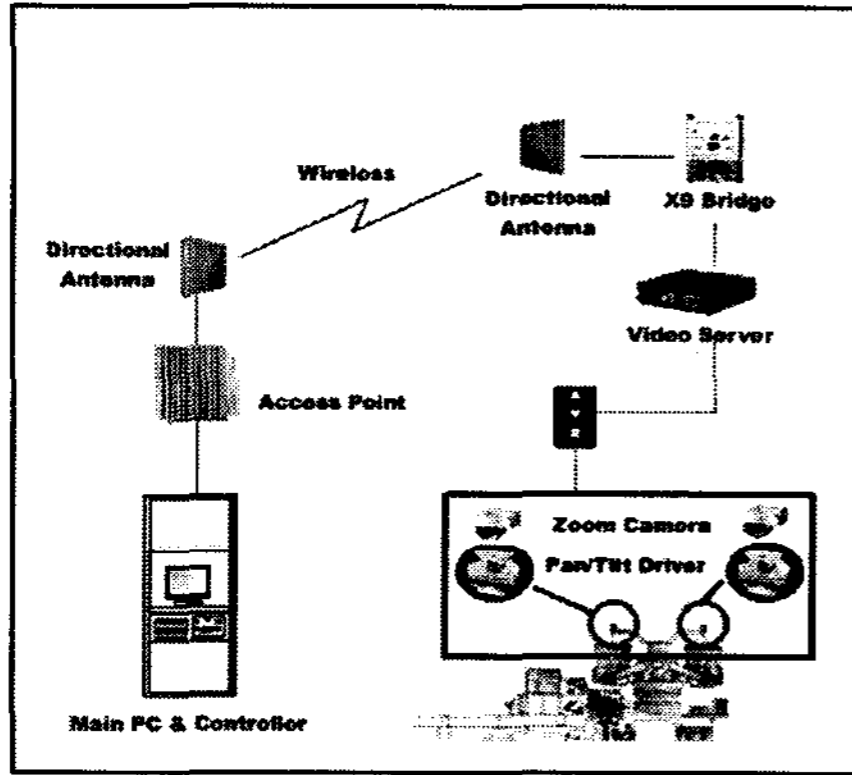


그림 1. Ladle 관측시스템 구성도

Ladle 에 카메라를 장착하여 초고온 탕면을 촬영한 영상 데이터를 보내는데 사용하는 송수신기를 포함한 전체 조감도를 그림 2에 나타낸다.

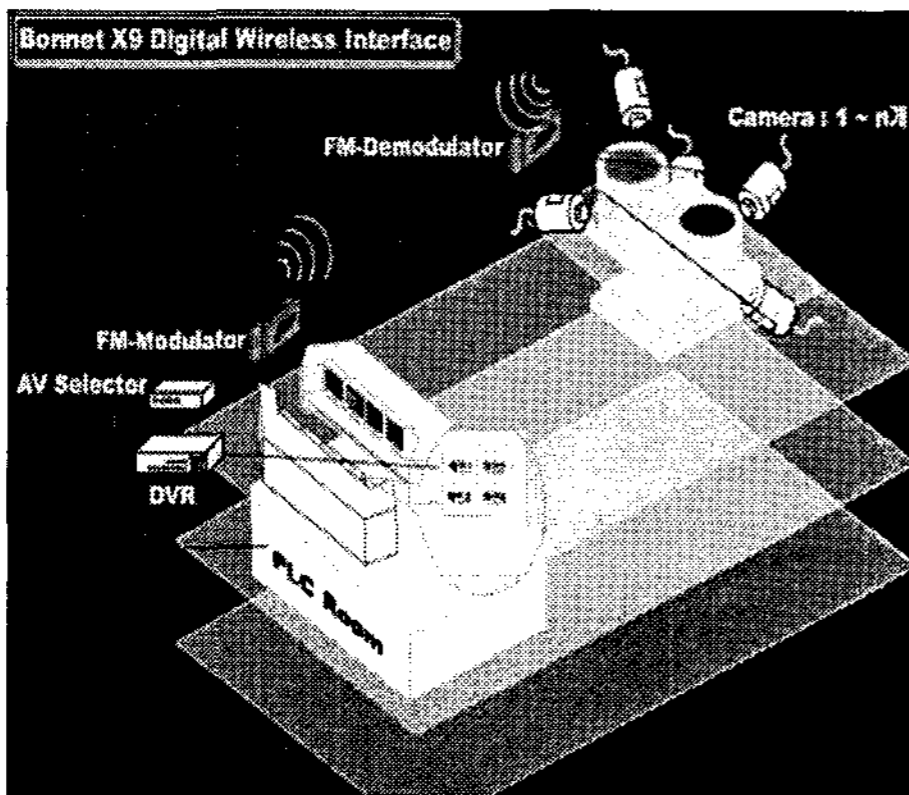


그림 2. 무선송수신 장치 개념도

그림 1의 우측 하단에 보이는 바와 같이 초고온 상태의 Ladle상단에 카메라를 장착하기 위해서는 열에 견딜 수 있는 보호 장치가 필요하며 이를 위해서 Housing 기술을 사용하여 지속적으로 냉각시킬 수 있는 Camera Housing Air Chamber를 설치하였다.

그림 2에 보이는 바와 같이 Bonnet X9는 FM-Demodulator와 FM-Modulator로 주파수변복조방식을 사용하여 데이터를 송수신하게 된다. 송수신에 필요한 설치도를 그림 3에 나타낸다. 그림에 나타낸 사양에서 보이는바와 같이 송수신기 간의 최대(MAX) 이격거리는 21Km까지 송수신이 가능하며 실제 현장에서 필요한 거리는 100m내외에 위치하기 때문에 영상데이터를 전송하는 시스템을 구성하는데 전송거리상의 문제를 야기하지는 않는다.

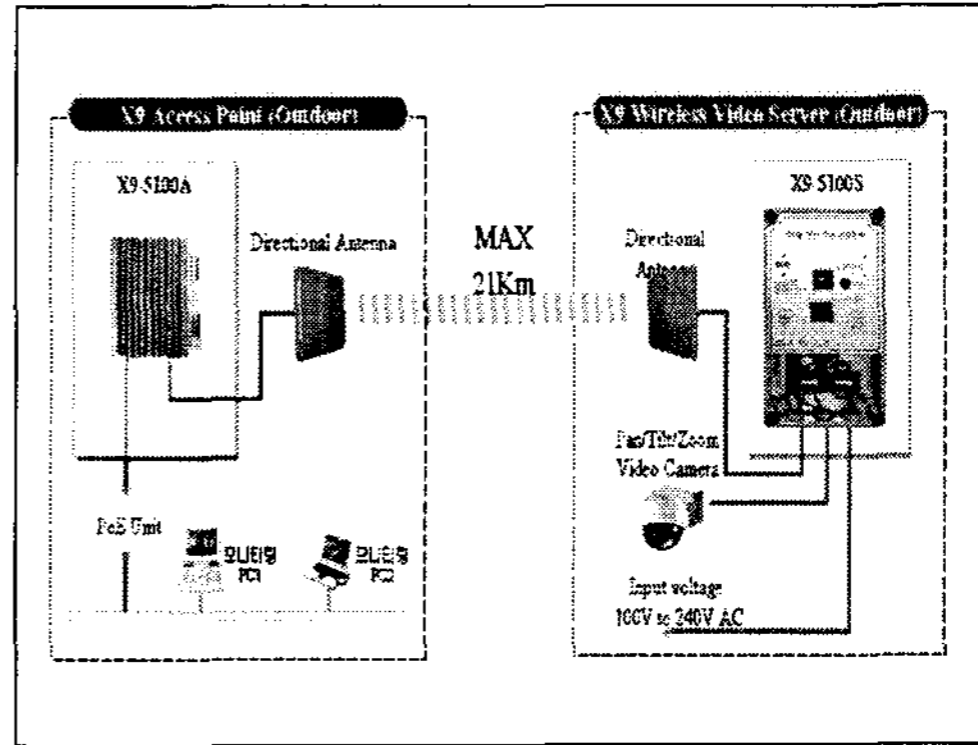


그림 3. 디지털영상 송수신기 설치도

그림 4는 그림 3의 설치도에 사용되는 Wireless Lan의 데이터 전송률을 나타낸다. 그림에서와 같이 시간별 전송률(Mbps)이 소폭 변화는 있으나 안정된 특성을 갖고 있음을 알 수 있다.

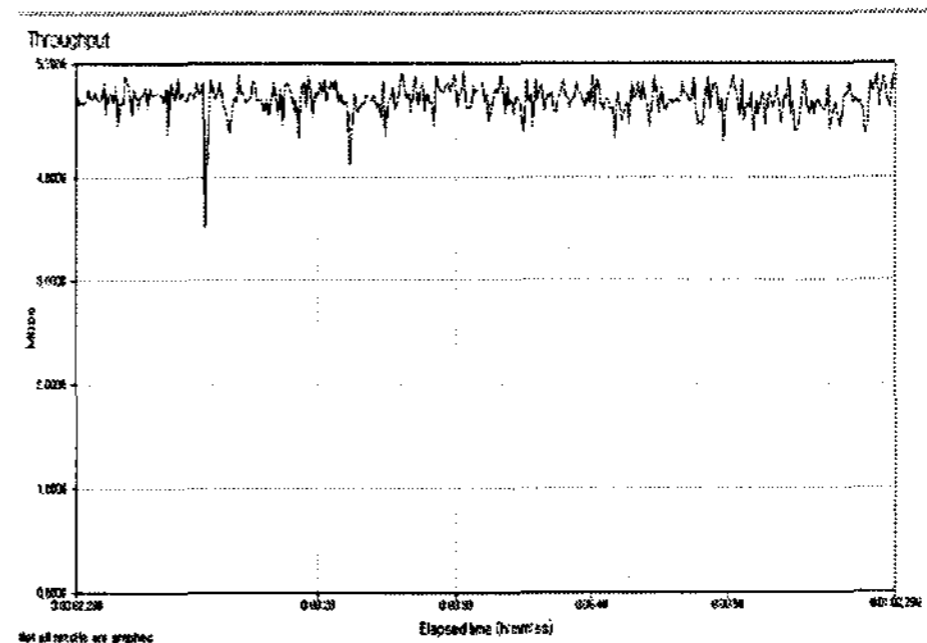


그림 4. Wireless Lan 데이터 전송률

2.2. 주 조정시스템 및 Bubble 계산 알고리즘

Ladle 관측시스템의 주 조정 화면을 그림 5에 나타낸다.

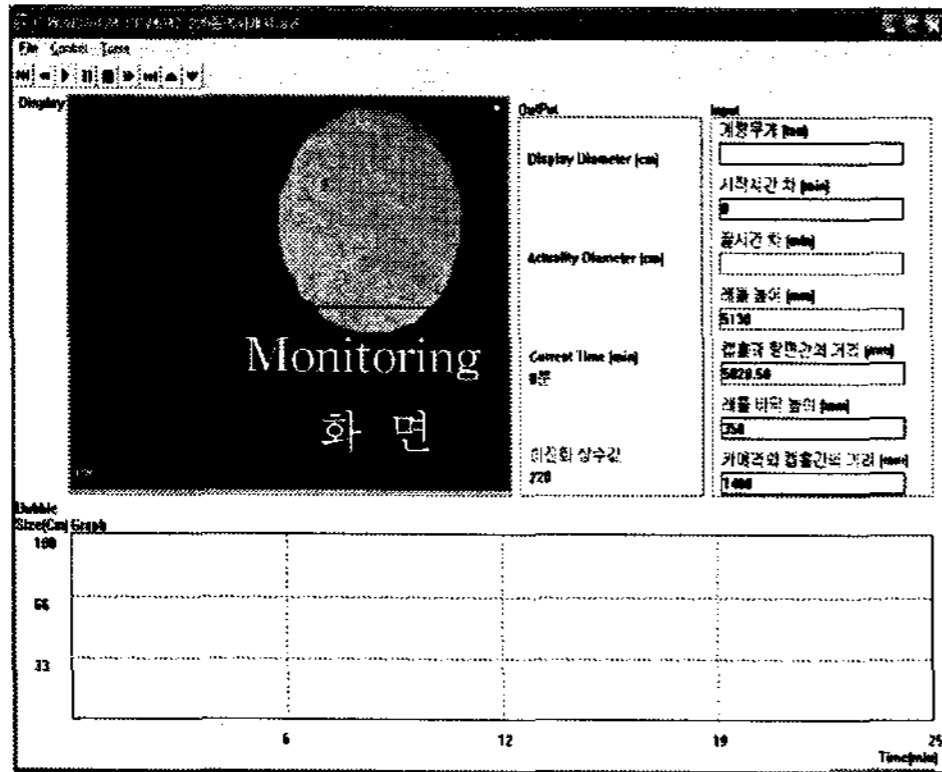


그림 5. 주 조정 화면 구성도

Ladle 관측시스템의 주요한 기능은 Ladle의 탕면에 나타나는 버블의 크기를 알아내어 그 크기에 대한 정확한 정보를 제공함으로써 조업의 조건을 조정하는데 기여하게 된다. 따라서 본 논문에서는 버블의 크기를 결정하기 위해서 다음에 나타내는 알고리즘으로 계산을 행한다.

Step 1. 총용적(무게) 계산

$$\text{부피}(V) \{V = \frac{1}{3} \pi (R^2 + r^2 + Rr)h\}$$

총용적(W)=V(m<sup>3</sup>) X 7.86(철의 비중)

R : Ladle 하단 반지름, r : Ladle 상단 반지름, h : Ladle 길이

Step 2. 톤당 높이(mm)계산

$$A = (\text{Ladle 길이} - \text{바닥층 높이}) / \text{총용적}$$

Step 3. Cap과 탕면간의 거리 계산

$$B = (\text{총용적} - \text{계량용적}) \times A$$

Step 4. 분당 연주 계산

$$C = \text{계량용적} / \text{연주시간}(\text{Min})$$

Step 5. 카메라에서 Cap Hole과 탕면의 거리 비율 계산

$$D = \frac{\text{카메라와 Cap Hole 간 거리}(\text{mm}) + \text{Cap Hole에서 초기탕면 간 거리}(\text{mm}) + (C \times \text{시간}(\text{분}))}{\text{카메라와 Cap Hole 간 거리}(\text{mm})}$$

Step 6. Cap Hole 비율

$$E = \frac{\text{실제 Cap Hole 지름}(\text{mm})}{\text{화면상의 Cap Hole 지름}(\text{mm})}$$

Step 7. Bubble 지름 계산

$$F = \text{화면상의 지름} \times D \times E$$

III. 실험 및 결과

실험에는 그림 6에 나타낸 Ladle의 형태에 대하여 다음과 같은 제원으로 버블의 크기를 계산한다. 카메라와 Cap Hole 간의 거리가 1,400mm이고 Ladle 길이가 5,000mm, Ladle 바닥층 높이가 400mm, Ladle 상단 반지름이 1,900mm, Ladle 하단 반지름이 1,800mm, 총용적이 418톤에 대하여 연주시간 20분 경과한 경우에 실험을 행한다.

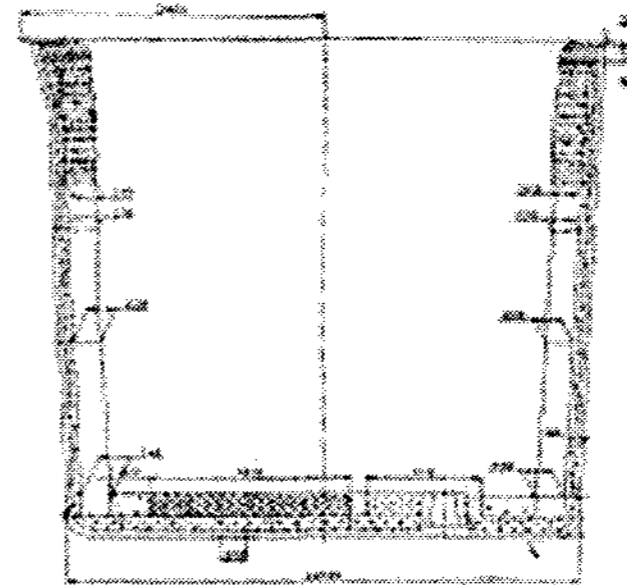


그림 6. Ladle의 형태 및 제원

알고리즘에 따라 계산한 결과를 다음 표에 나타낸다. 여기서 화면에 나타난 Bubble의 화면상의 지름은 2.2Cm의 경우에 대하여 계산을 행한다.

표 1. 알고리즘에 따른 항목별 계산값

항목	계산값	단위
부피(V)	50.522	m <sup>3</sup>
무게(W)	397	톤(t)
톤당 높이	1.184	Cm/t
Cap-탕면	174.03	Cm
분당 연주 톤수	8.33	t/Min
Camera-Cap :		
Camera-탕면 비율	2.36	
Cap Hole 비율	3.7	
Bubble 지름	19.25	Cm

표 1에 나타낸 바와 같이 Bubble의 지름이 19.25Cm이다. 따라서 Bubble의 면적을 간단히 알 수 있게 된다. 제안한 알고리즘에 의하여 계산을 행할 경우에 정확한 면적을 계산하는데 한계가 있다. 그림 7에 나타낸 바와 같이 화면상의 Bubble의 지름을 계산할 때 정확한 원형으로 유지되지 않기 때문이다. 보다 정확한 크기를 계산하기 위해서는 화상처리에 의한 수법을 병행할 필요가 있다고 본다.

참고문헌

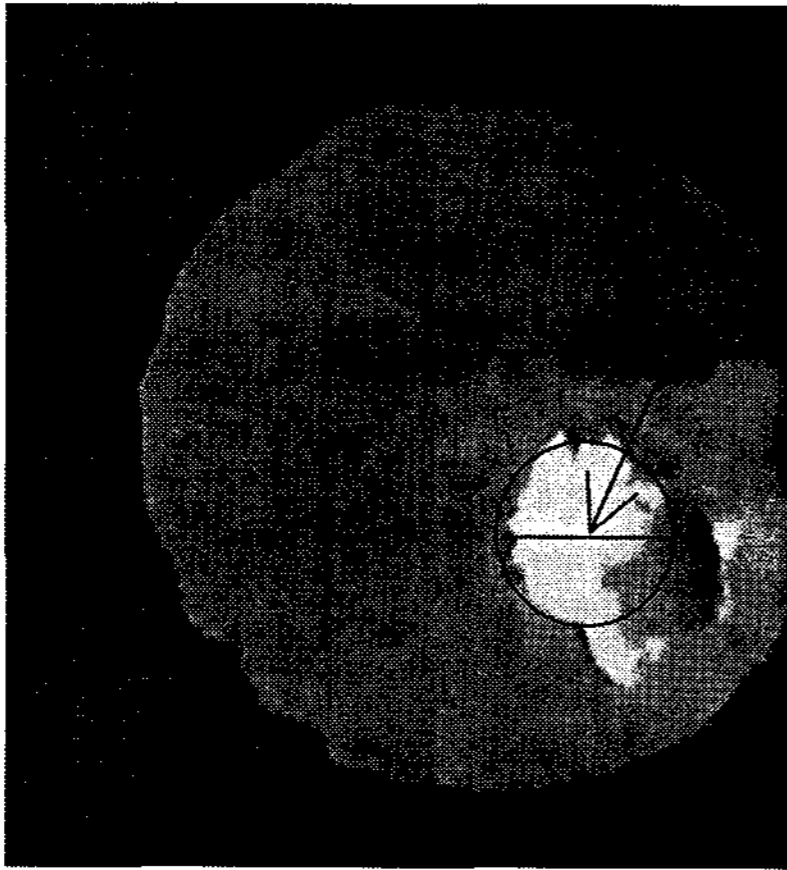


그림 7. Bubble 화면

IV. 결 론

제안한 제강 Ladle 관측시스템은 연주공정에 Ladle의 탕면을 관측하기 위해 커버의 상층부를 홀을 만들어 카메라를 통해 내부를 볼 수 있도록 하여 화상데이터를 메인 컴퓨터 조정 시스템으로 전송하며, 이렇게 전송된 화상의 크기를 가지고 초고온 탕면에서 발생하는 Bubble의 크기를 측정하여 그 크기 정보를 제공하는 목적으로 알고리즘을 제안했다. 제안한 알고리즘을 통하여 Ladle 제원에 따라 20분의 연주 시간에 대하여 계산한 결과 19.25Cm의 지름을 가진 Bubble의 크기를 계산할 수 있었다. 이 결과는 화상의 크기에 따라 정해진 알고리즘에 따라 자동으로 계산되는 간편성을 가지나 화면상의 Bubble의 지름을 계산할 때 정확한 원형으로 유지되지 않기 때문에 보다 정확한 크기를 계산하기 위해서는 추후 화상처리에 의한 수법을 병행할 필요성이 있다고 본다.

본 연구는 산학연 컨소시엄(중소기업청, 경상북도지원)사업의 연구 결과로 수행되었음.

- [1] A. Papoulis, " The Fourier Integral and its Applications ", New York : McGraw-Hill, 1962
- [2] M. Nowogrodzki, R. Kipp, D. Mawhinnery, "Radar Instruments: Sensors for Industrial Applications", RCA Engineers, Vol. 27. No. 5, pp. 23-29. Oct., 1982
- [3] A. V. Oppenheim and R. W. Schaffer, "Digital Signal Processing", Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1975
- [4] H.S. Sawhney, Y. Guo, J. Asmuth and R. Kumar, "Multi-View 3D Estimation and Application to Match Move", In proc. IEEE MVIEW, pp.21-28, 1999
- [5] 현대환, 최종수, "3차원 메쉬의 면적 정보를 이용한 효과적인 잡음제거", 전자공학회 논문지, Vol. 44sp, No. 2, pp. 55-60, 2007
- [6] A. Papoulis, "Signal Analysis", New York: McGraw-Hill, 1977
- [7] Richard C. Leinecker, Tom Archer의 공저, 정보문화사 기획실역, Visual C++6활용, 정보문화사, 1999년
- [8] 안태균, 김성진, 모바일 프로그래밍, 정보게이트, 2002
- [9] Analog & Digital Signal Processing, ITP
- [10] <http://digital.ni.com/worldwide/korea.nsf>