

# PIV기법을 이용한 룸에어컨 주변 유동 분포 해석

이아미<sup>†</sup>, 한규일\*, 김동원\*\*, 라선욱\*\*, 주재만\*\*, 고한서\*\*\*

## Analysis of Flow Distribution around Room Air Conditioner Using PIV Technique

A-Mi Lee, Kyu-Il Han, Dong-Won Kim, Seon-Uk Na, Jaeman Joo  
and Han Seo Ko

### Abstract

Whole flow fields of a room air conditioner (RAC) have been visualized by a Particle Image Velocimetry (PIV) technique to analyze the flow structure by various inlet and outlet angles, and to control an eccentric vortex which affects an efficiency and noise of the RAC. A test model with 5 stages of a cross flow fan has been manufactured and a transparent acryl has been installed at the side of the test model for the PIV experiment. The inlet and outlet flows and the flow inside the cross flow fan have been analyzed by varying the inlet grill angles and outlet blade angles. The movement of the eccentric vortex has been investigated experimentally by developing the measurement technique for the inner flow field of the cross flow fan, and the relationship between the control of the eccentric vortex and the inlet and outlet angles has been confirmed in this study.

Key Words : RAC (룸에어컨), PIV (입자 영상 속도법), cross-flow fan (횡류팬),  
eccentric vortex (편심와)

### 1. 서론

횡류팬은 공기가 팬의 내부를 횡단하는 형태의 유동 특성을 가지고 있기 때문에 축방향 유동을 무시할 수 있으며 회전수나 팬의 직경을 변화시키지 않고 팬의 길이만을 변화시켜 유량의 증감을 조절할 수 있다. 또한 비교적 소형으로 제작할 수 있어서 RAC(Room Air Conditioner)에 널리 사용되고 있다. 최근 횡류팬이 사용되는 RAC의

개발은 고성능 저소음화의 방향으로 진행되고 있으며 따라서 RAC의 성능과 소음에 큰 영향을 미치는 부품인 횡류팬에 대한 연구가 중요한 과제가 되고 있다.

일반적으로 RAC는 Fig. 1의 단면도에 보이는 것과 같이 횡류팬과 횡류팬 주변 편심와의 안정을 위한 스테빌라이저, 공기의 토출을 형성하는 리어가이더 및 열교환기 등의 간단한 구조로 이루어져 있으며, 이들의 기하학적인 형상과 상대적인 위치에 의해서 성능과 소음 특성이 결정된다. 그러므로 RAC의 성능과 소음 특성의 개선을 위해서는 팬 자체에 대한 연구뿐만 아니라 부품과의 상호영향에 대한 연구가 수행되어야 한다. 횡류팬은 내부 편심와의 제어가 팬의 성능과 직결되거나 유동특성이 복잡하고 편심와에 영향을 미치는 설계 인자가 매우 다양하여 실험적인 연구가 주로 이루어져왔다. 횡류팬에 대한 연구는 일

---

† 성균관대학교 대학원

E-mail : prettyami@skku.edu

\* 성균관대학교 대학원

\*\* 삼성전자 DA연구소

\*\*\* 성균관대학교 기계공학부

본에서의 연구가 주류를 이루며 국내에서는 김재원[1] 등이 횡류팬 성능과 관련된 설계인자들의 형상에 대한 성능 변화를 연구하였고, 횡류팬의 유동해석을 위해 수치해석을 수행하였으며 그 외 다양한 연구가 진행되어지고 있다. 지금까지 여러 연구자들에 의해 수행된 횡류팬에 대한 연구는 성능과 유동 소음을 개선하기 위해 스테빌라이저, 리어가이더 등 내부 유로의 형상 변화에 중점을 두고 이루어졌으나 흡입구 조건이나 토출구 조건에 대한 연구 결과는 거의 없는 실정이다.

본 연구에서는 현재 가정용 에어컨에서 사용되고 있는 RAC에 대해 흡입각 및 토출각을 변화시켜 흡입 유동과 횡류팬 내부 및 토출 유동을 PIV(Particle Image Velocimetry) 측정기법에 의해 가시화하고 이를 분석하여 고성능 저소음 RAC 설계의 기초자료로 제공하고자 한다.

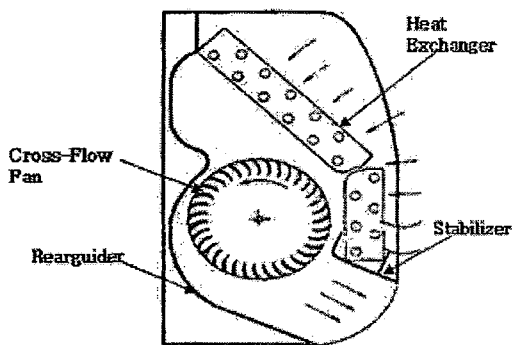


Fig. 1. Schematic of indoor unit of RAC

## 2. 실험장치 및 방법

### 2.1 실험 장치

Fig. 2는 본 연구에 사용된 PIV system을 나타낸다. PIV system은 광원인 레이저, 입자 영상을 취득하는 카메라, 레이저와 카메라를 동기시키는 동기화장치(synchronizer), 영상처리 및 계산용 컴퓨터로 구성된다. 레이저는 50mJ의 dual-head Nd:YAG 레이저를 사용하였고, 유동 조건에 따라 2개의 Laser 펄스 사이의 시간간격  $\Delta t$ 는 30~50  $\mu s$ 로 설정하였다. 영상획득을 위해 2k  $\times$  2k의 해상

도를 가지는 CCD 카메라를 사용하여 1초에 15장의 영상을 획득하였으며 Trigger 신호를 이용하여 카메라와 레이저를 동기화시켰다. 산란 입자로는 Olive oil이 사용되었고, atomizer를 사용하여 이를 2  $\mu m$  크기로 입자화 시켰다. 또한 많은 개수의 작은 구멍을 가지는 분배기를 사용하여 주변 공기와 입자를 충분히 혼합시켜 입자가 시험 모델 주변에 균등하게 분포되도록 하였다.

속도 벡터는 TSI사의 INSIGHT 3G 프로그램을 이용하여 획득한 이미지로부터 Two frame cross-correlation기법에 의해 추출하였고, standard deviation 필터를 사용하여 잘못된 벡터를 제거하였다.

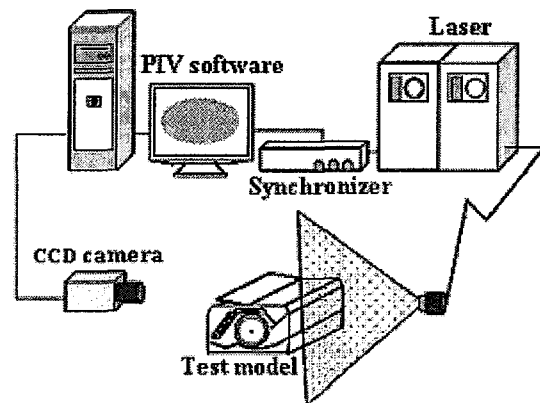


Fig. 2. Schematic diagram of PIV system

### 2.2 시험 모델 및 실험 방법

횡류팬을 5단으로 하여 실기 RAC(Room Air-Conditioner)와 동일한 구성의 시험 모델을 제작하였고, 실제적인 관점에서 RAC가 작동할 때의 흡입각과 토출각 변화에 따른 횡류팬 내부 및 토출 유동을 파악하기 위해 Front-Panel, 흡입구 그릴, 열교환기 및 토출 블레이드를 장착하여 실험하였다. 또한 가시화를 위해 시험 모델의 측면을 투명 아크릴로 제작하여 입자 영상 취득이 용이하도록 하였다.

횡류팬은 원주 방향으로 다수의 날개가 배열되어 있어 팬 내부 유동을 가시화하는데 어려움이 따른다. 이를 해결하기 위해 우선 횡류팬의 측면

과 리어가이더 및 스테빌라이저를 투명하게 제작하고, 횡류팬의 블레이드 중심에 Laser sheet 의 두께와 같은 2mm의 slot을 만든 후 투명 필름을 부착하여 횡류팬 내부에 광원이 충분히 조사될 수 있도록 하였다. PIV 측정 영역이 넓고 열 교환기 장착 시 Laser가 시험 모델의 내부에 충분히 조사되어지지 않아 좋은 입자 영상 획득이 어려우므로 열 교환기를 기준으로 흡입구와 횡류팬 내부 및 토출구의 2개 영역으로 나누어 측정하였다.

실험은 먼저 흡입각의 영향을 보기 위해, 토출각을 실기 RAC와 같이 40°로 고정하고 전방 흡입구 grill 각은 실기 RAC가 작동할 때의 흡입구 grill 각도인 10°를 기준으로 0°(폐쇄), 10°, 20°, 180°(개방)의 네 가지 경우에 대해 이루어졌다. 또한 토출각의 영향을 보기 위해, 흡입각을 실기 RAC를 기준으로 10°로 고정하고 토출 블레이드 각도는 실기 RAC가 작동할 때의 토출 각도인 40°를 기준으로 0°(토출 블레이드 제거), 40°, 60°, 80° 네 가지로 변화시켰다. 흡입각 및 토출각의 영향만을 파악하기 위해 풍량은 실기 RAC의 약풍인 790rpm으로 고정하여 모든 실험을 수행하고 동일한 회전수의 결과를 비교하였다

### 3. 결과 및 고찰

본 실험의 목적은 흡입각 및 토출각 변화에 따른 흡입 유동장, 횡류팬 내부 및 토출 유동장을 유동가시화를 통해 파악하고, 횡류팬 내부의 편심와를 제어하여 고성능 저소음 RAC를 설계하는 것이다.

Fig. 3은 전방 흡입구 grill 각도 변화에 따른 흡입구와 횡류팬 내부 및 토출구의 유동 변화를 관찰한 것이다. Figs. 3 (a), (c), (e), (g)에서는 전방 흡입구 grill의 각도를 변화시켜 RAC 시험모델의 전방과 상방으로 흡입되는 공기의 양과 유속을 측정된 결과를 보여주고 있다. 전방 흡입구 grill의 각도가 증가할수록 전방 흡입구의 흡입 면적이 증가하므로 전방과 상방의 흡입량이 비슷해지고, 흡입 유속이 작아진다. 또한 유동이 안정되므로 전방 흡입구 grill각의 증가는 소음 측면에서도 우수할 것이라 예상된다. 이는 김진백[2]등이 제시하였던 전방 흡입구 개방시 풍량 대비 소음

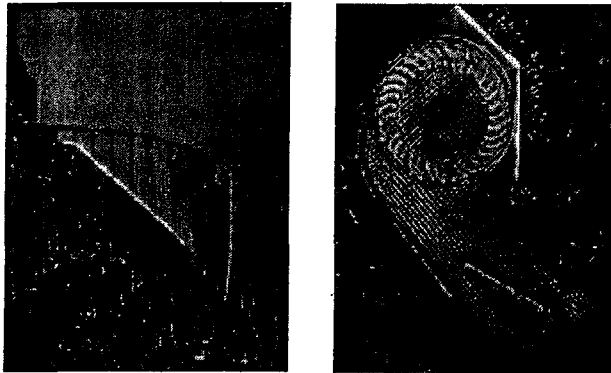
특성이 우수해진다는 연구 결과를 추가 설명하는 자료가 될 수 있을 것이다.

Figs. 3 (b), (d), (f), (h)는 전방 흡입구 grill의 각도를 변화시켰을 때, 횡류팬 내부 및 토출 유동을 나타낸 것이다. 편심와는 스테빌라이저 아랫부분에 생성되며 전방 흡입구 grill각에 영향을 받지 않고 고정됨을 확인할 수 있다. 전방 흡입구 grill각 변화로 인한 전방 흡입구와 상방 흡입구의 흡입량 차이는 팬 내부로 유입되는 공기의 방향 편중을 일으켜 편심와 유동에 영향을 줄 것이라 예상하였으나 전방 흡입구와 상방 흡입구로 흡입 되어진 공기는 팬 내부로 유입되어지기 전 열 교환기를 통과하면서 열 교환기의 저항에 의해 안정화되기 때문에 횡류팬 내부 유동 및 토출 유동은 일정한 양상을 보이는 것이라 판단된다.

토출 블레이드의 각도를 변화시켜 시험 모델의 전방 흡입구와 상방 흡입구로 흡입되어지는 공기의 유속을 측정된 결과, 흡입 속도 및 유동 구조는 일정함을 보인다. 횡류팬 내부 편심와의 위치와 토출 유동 구조 또한 토출각의 영향을 받지 않음을 확인할 수 있었다. 토출 블레이드 각도에 따라 RAC의 토출 유동은 다른 특성을 나타내며 이는 편심와에 영향을 미치는 인자로 작용할 것이라 예상하였으나 토출 블레이드는 횡류팬에서의 토출 유동을 방해하지 않는 충분한 거리에 위치하고 있기 때문에 토출 유동 및 편심와의 유동은 일정한 양상을 보이는 것이라 생각된다.

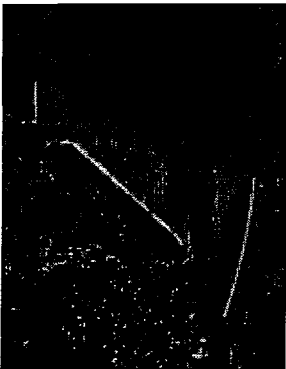
토출 블레이드 설치 시, 횡류팬의 토출 유동이 정확히 표현되어지지 못하였으므로 토출 유동을 보다 자세히 알아보기 위해 토출 블레이드를 제거하고 토출 유동 구조를 회전수의 변화에 따라 측정하였다.

Fig.4는 회전수의 변화에 따른 횡류팬의 전체 토출 영역을 가시화한 결과이다. 회전수가 증가할수록 토출 속도는 증가하나 전체적인 토출 유동 형태는 일정함을 알 수 있다. 따라서 횡류팬에서 회전수 변화에 따른 유동 구조의 상사성이 성립함을 확인할 수 있다. 또한 토출구 끝단에서 고온의 주변 공기와 저온의 토출 공기가 섞이는 양상을 확인할 수 있으며 이는 RAC 토출구 끝단에서 발생하는 이슬 맺힘과도 연관이 있을 것이라 예상된다. 이와 관련된 연구는 추후 진행할 예정이다.

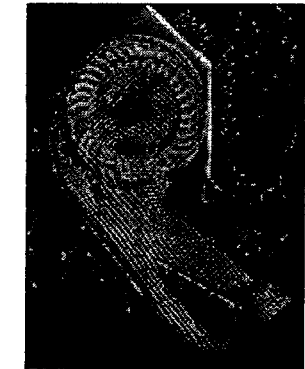


(a) Inlet flow at 0°

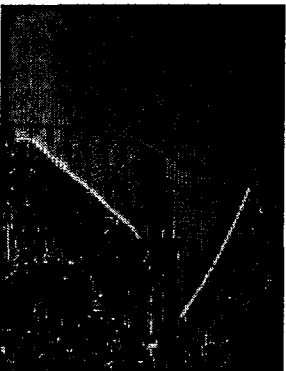
(b) Internal flow at 0°



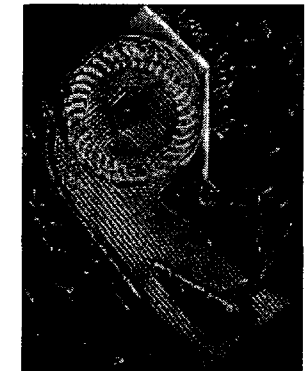
(c) Inlet flow at 10°



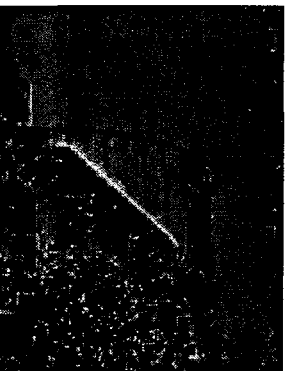
(d) Internal flow at 10°



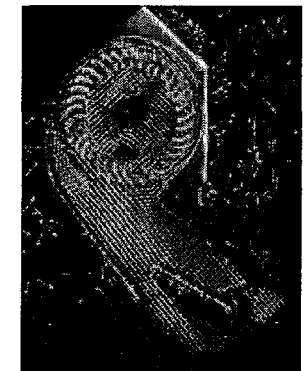
(e) Inlet flow at 20°



(f) Internal flow at 20°

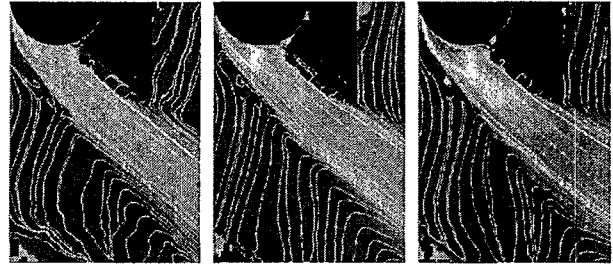


(g) Inlet flow at 180°



(h) Internal flow at 180°

Fig. 3. Velocity of RAC for 790 rpm with various inlet grill angles



(a) 790rpm

(b) 1070rpm

(c) 1210rpm

Fig. 4. Discharge velocity distribution of RAC with various speed

#### 4. 결론

5단으로 구성된 횡류팬을 장착하여 실기 RAC와 동일한 모델을 제작한 후 PIV 기법을 사용하여 횡류팬 내부 유동장을 측정하는 기법을 개발하였고, 흡입각 및 토출각 변화에 따른 RAC 유동장의 전체 거동을 가시화하여 분석하였다. 실험을 통해 전방 흡입구 grill각의 증가는 전체적인 흡입 유동을 안정화시키나 횡류팬의 내부, 토출 유동 구조 및 편심와의 위치 변화에는 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다. 토출구 블레이드 각의 변화 또한 흡입 유동과 횡류팬 내부의 편심와 유동 및 토출 유동에 영향을 미치지 않았다. 이를 바탕으로 흡입각 및 토출각은 편심와 제어의 주요인자가 아님을 확인할 수 있었다. 또한 토출 유동 구조는 회전수 변화에 관계없이 일정하므로 횡류팬의 토출 유동 구조는 회전수 변화에 대해 상사성이 성립함을 알 수 있었다.

RAC의 다른 설계 인자와 횡류팬 내부 편심와 유동과의 상관관계에 대한 PIV 실험은 현재 진행 중에 있으며 이는 편심와를 제어하여 고성능, 저소음 RAC를 개발하는데 필요한 기초 자료로 사용될 수 있을 것이다

#### 참고 문헌

- 1) J. W. Kim, T. Y. Hwang, Geometric shape of installation on flows by a cross flow fan, Proceedings of the SAREK1999 summer annual conference, (1999), 1441~4481
- 2) Jin Baek Kim, Weon Seok Choi, Jai Kwon Lee, The Influence of the intake regions of the cross-flow fan on the performance and fan noise, Proceedings of the fluid machinery, (2004),77~82.