한국마린엔지니어링학회지 제31권, 제6호, pp. 665~671, 2007. 9 (ISSN 1226-9549)
Journal of the Korean Society of Marine Engineering

흡·배기 팬에 의한 Desktop Personal Computer 내부의 유동특성에 관한 연구

이행남† · 박길문* · 정한별**

(원고접수일 : 2007년 3월 22일, 심사완료일 : 2007년 8월 28일)

A Study on the Flow Characteristics of Desktop Personal Computer by In·Out Fan

Haeng-Nam Lee† · Gil-Moon Park* · Han-Byul Jung**

Abstract : The purpose of this study is to find out a flow characteristics required by the design of a computer case and to provide information about the preliminary data of cooling efficiency of CPU and a flow inside of a case. We examined a flow characteristic-suction a tracing particle occurred from a surge tand installed at an inlet into a computer case and moving it to a exit duct-experimentally by using PIV. The experimental device was consists of a fan inflowing and discharging the air into the computer case and a slot installed with a CPU cooling fan add-on, and analyzed the data of Re-stress distribution, velocity distribution, and kinetic energy distribution. This research will make a great contribution to improvement of the efficiency and performance of notebook, workstation, server, and all the design of electronic devices using large scale integrated(LSI) as well as usual computers.

Key words : PIV(Particle image velocimetry : 입자영상유속계), Desktop personal computer (데스크톱 개인용 컴퓨터), Whirling spirals(와류), Velocity distribution(속도분포), Re-stress(레이놀즈응력), Kinetic energy(운동에너지)

1. 서 론

최근 CPU(Central processing unit)칩에 회로를 집적하는 기술의 비약적인 발달은 컴퓨터(Desktop perso nal computer)를 비롯한 전자기기의 성능이 향상되고 있다. CPU칩을 인쇄회로기판(PCB: printed circuit board)의 기술의 발달은 전자시스템의 소형화 및 고밀도를 더욱더 가속화시키고 있다. 특히 컴퓨터의 경우에 있어서 CPU의 소비 전력이 증가하고 있고, 컴퓨터 케이스의 두께는 점점 얇아지고 있는 추세이다. 이는 컴퓨터 케이스 내부의 열 설계 측면에서 더욱더 어려워지고 있다. 현재 컴퓨터 케이스 내부의 냉각방법은 방열판, 히트파이프(Heat pipe), 팬(Fan)

† 교신저자(조선대학교 기계공학과 교수), E-mail: hnalee@chosun.ac.kr, Tel : 062)230-7131
* 조선대학교 기계공학과 교수, 정회원
** 조선대학교 대학원 기계공학과, 학생회원

을 사용한 공랭방식이 주를 이루고 있다.

그러나 컴퓨터의 크기가 점점 작아지고 있고 CPU의 집약기술의 발달로 인해 CPU 및 컴퓨터 케이스 내부에 발생되는 열은 더 많아지고 있고 발생된 열을 컴퓨터 케이스 외부로 효율적으로 방출시키는 기술이 필요하게 되었다.

또한 컴퓨터 케이스 내부는 각기 다른 축 방향으로 설치된 팬에 의해 케이스 중앙부분에 와류를 발생시켜 공기의 흡·배기 시 효율이 떨어지며 소음이 발생한다. 그리고 주변기기를 장착한 상태에서 슬롯의 부분에서는 공기가 슬롯 하단과 밑면 사이에 와류현상이 나타나면서 정체되는 현상이 발생한다. 이러한 케이스내의 유동현상은 컴퓨터 케이스 설계자에게 많은 관심이 집중되고 있다.

컴퓨터 케이스의 설계 시 컴퓨터 케이스 내부에 발생되는 유동현상을 파악하여 CPU의 냉각효율과 케이스 내외부로 흡입·방출되는 유동현상을 규명하는데 기초적 자료제공에 목적이 있다.

흡입구에 부착된 서지탱크(Surge tank)로부터 발생된 추적 입자를 컴퓨터 케이스 내부로 흡입시키고 출구 후면에 닥트(Duct)로 이동하는 유동특성을 PIV를 이용하여 규명하였다.

실험장치는 컴퓨터 케이스 내부로 공기를 유입 및 방출시키는 팬, CPU 냉각 팬과 주변기기(회로기관)가 설치되는 슬롯(Slot) 요소로 구성하였고, 컴퓨터 케이스 내부에 발생되는 Re-stress분포, 속도벡터분포, 운동에너지분포 등에 관해 분석하였다. 이러한 연구는 일반 컴퓨터 뿐만 아니라 노트북(Notebook), 워크스테이션(Workstation), 서버(Server) 및 기타 고밀도직접회로(Large Scale Integrated-LSI)가 사용되는 모든 전자장치 케이스 설계의 효율 및 성능의 향상에 많은 도움이 될 것이다.

2. 실 험

2.1 실험 장치 및 방법

Fig.1의 실험닥트는 210*450*490㎜(가로*세로*깊이) 크기의 컴퓨터의 크기이며 5㎜ 두께의 투명 아크릴로 제작하였다. 이 닥트의 전면에 120㎜의 흡입 팬, 후면에 92㎜ 배기 팬, CPU에 흡입, 배기 팬과 Z축으로 90°틀어진 92㎜ 냉각 팬이 설치되고 5개의 슬롯이 흡입 팬과 수평인 방향에 설치된다. 흡입 팬 전면에는 입자를 균일하게 뿌려줄 수 있는 210*450*250㎜의 서지탱크를 설치하고 배기 팬 후면에는 210*450*300㎜의 닥트를 설치하였다.

Table 1의 팬은 흡입, 방출에 사용되며, ADDA사의 120㎜, 92㎜크기의 유체베어링팬(Hydro bearing fan)으로 7개의 날개를 가지고 있다. DC 12V를 사용하며 유량과 소음은 각각 92.0CFM, 26.3CFM과 34.4DBM, 16.0DBM을 가지고 있다. 다른 팬들에 비해 유량이 많고 소음이 적으며 3Pin type의 가변저항을 사용하여 팬의 RPM을 조절할 수 있어 본 실험의 실험 장치로 사용하게 되었다.

2.2 PIV 계측

PIV실험 시 실험 온도는 상온20℃에서 ± 1℃, 습도는 40%에서 ± 1%의 차를 유지 시켰으며 작동유체는 공기이며 추적 입자는 가벼우며 레이저광에 잘 산란되는 아연화가루(ZnO)를 사용하였다.

입자의 산란은 흡입구에 부착된 서지탱크의 팬에 의해 이루어지고 균일 분포를 위해 허니컴(Honeycomb)을 설치하였다. 입자가 시험부(Test section)내에 분포 후 흡·배기 팬을 작동시켜 서지탱크로부터 발생되는 외부요인을 최소화 시켰다.

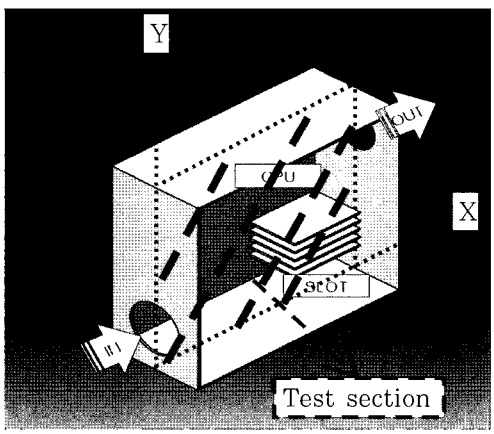
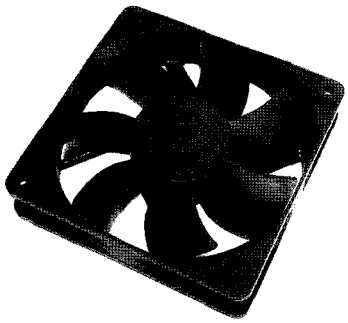


Fig. 1 Experimental duct

Table 1 In, Out, FAN Specification

120mm 25T (Hydro/3P)		92mm 25T (Hydro/3P)	
			
Dimension	120x120x25mm	Dimension	92x92x25mm
Bearing type	Hydro bearing	Bearing type	Hydro bearing
Reted speed	1000rpm ±10%	Reted speed	1500rpm ±10%
Reted voltage	12V DC	Reted voltage	12V DC
Reted current	0.24 A	Reted current	0.09 A
Air flow	92.0 CFM	Air flow	26.3 CFM
Noise level	34.4 DBA	Noise level	16.0 DBA
Pin type	3 Pin type	Pin type	3 Pin type

슬롯의 위치 변경은 컴퓨터 케이스 상단으로부터 330㎜ 떨어진 지점을 기준으로 20㎜간격으로 5곳의 위치에 슬롯을 차례로 설치하여 시험부 영상을 취득 하였다. CCD 카메라에 실제로 측정된 시험부는 450㎜ × 495㎜로 잡았으며, 고속 유동의 유동영상을 획득하기 위하여 AOM(Acoustic Optical Modulator)에 의하여 단속된 조명으로 촬영한 영상은 CCD카메라의 홀수필드와 짝수필드에 각각 입력된다[1]~[3].

본 실험의 가시화를 위해 사용된 장비 및 사양은 Fig. 2 및 Table 2와 같으며 계측을 위해 조명과 카메라의 동기화를 시켰으며 AOM을 이용하여 적절한 시간간격을 설정하였다. 레이저 시스템(Laser system)은 514.5㎚와 488.0㎚의 기본 파장을 발산하는 Ar-Ion 레이저로서 He-Ne 레이저와 유사하나 ionization과 excitation를 위해서 대단히 높은 전류를 부여할 수 있다. 각 영상취득시간은 1분이였으며 실험의 오차를 줄이기 위해 각각 10회씩의 실험하여 평균데이터이다. 저장된 영상은 영상처리장치(Matrox DATA Translatio n-256 Grey Level)로부터 아날로그신호를 2차원의 디지털영상정보로 바꾼 후, 각종 전처리 과정은 전용 소프트웨어를 이용하였다[4].

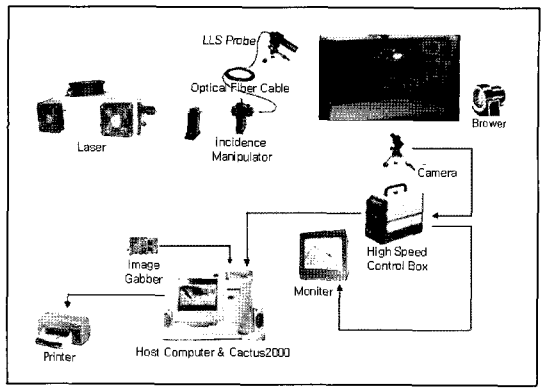


Fig. 2 Schematic diagram of the PIV system

3. 결과 및 고찰

3.1 속도벡터 분포

Photo 1은 컴퓨터 내부 슬롯의 위치를 변화 시켰을 때 시험부의 총괄적인 평균속도벡터 분포를 보여주고 있다. Photo 1-(Slot 0)에서는 흡입구를 통해 들어온 추적 입자들이 시험부 전체에 고루 분포하며 출구 쪽으로 배기될 때 CPU 팬이 설치된 장애물의 영향을 받는 것을 보여주고 있다. 내부의 중심부분에서 발생되는 와류현상은 흡·배기의 팬의 동작 시 좌측상단에는 팬의 영향을 받지 않아 내부 중앙과 압력차가 발생하여 우측 중앙부분에서 와류현상이 발생되는 것을 알 수 있었다.

흡·배기인 좌측 하단과 상단의 속도벡터의 분포가 작고 방향성이 나타나지 않는 것은 XY축 방향의 이동보다 XZ 또는 YZ방향의 이동이 더 많아 데이터 해석에서 에러벡터로 처리한 것 때문이다. 슬롯 1에서 슬롯 5로 점차 변화시켜 실험 한 결과 슬롯의 장착에 의해 흡입되는 추적 입자가 슬롯의 하부로 들어가려는 현상과 하부에 밀집된 추적 입자들이 출구로 나오려는 현상이 동시에 발생되어 정체현상과 더불어 심한 와류현상을 보여주고 있다. 슬롯이 없을 때에 내부의 와류현상이 우측 중앙부분에서 발생되는 것과는 달리 슬롯의 영향을 받아 그 중심이 좌측으로 100㎜정도 이동한 것으로 생각된다. 또한 슬롯에 의해 유동에 영향을 받은 추적 입자들이 (Slot 0)에서는 발생하지 않던 좌측상단까지 영향을 미쳐 상단에 또 다른 와류를

형성하는 것을 볼 수 있다. Photo 1의 (Slot 0),(Slot 1)을 비교해보면 슬롯과 밑면의 간격이 작을수록 작지만 여러 개의 와류현상을 일으킨다. 이는 내부 전체 유동현상에 큰 영향을 미치며 소음 발생에도 영향을 미칠 것으로 사료된다.

Table 2 Specification of PIV system

	Item	Specification
Measuring condition	Working fluid	Air
	Temperature	2 0 ℃ ±1
	Particle	ZnO
	Time resolution	1 / 60 sec
Image processing	Host computer	Pentium IV PC (CPU 2.54 GHz RAM 1G)
	Calculation time	30 frame/sec
	Identification	Cactus'3.2
	Number of data for Time-mean	65 frames
PIV system equipments	Probe	KANOMAX LLS Probe
	Laser	LEXEL Argon-Ion laser (Max 7W)
	CAMERA	Kodak(ES 1.0) 1008H x 1018V (1,026,144)
	Image grabber	matrox (Data translation) - 256 Grey Level
	Computer	Pentium IV PC (CPU 2.54 GHz RAM 1G)
	Software	CACTUS'3.2

Fig. 3은 Photo 1의 속도분포를 무차원화 하여 그래프로 변환 시킨 것이다. Fig. 3에서 x축 좌표는 40, 60, 80지점의 속도를 좌측 흡기 팬으로부터 90㎜ 떨어진 점의 각 속도벡터를 기준으로 하여 우측방향으로 180, 270, 360㎜ 지점의 속도벡터를 나누어 각 지점의 속도 벡터를 무차원화 시킨 것이다. 각 지점(40, 60, 80)에서의 99개의 눈금은 Photo 1의 세로방향의 위치를 나타낸 것이며 y축은 속도벡터의 크기와 방향성을 나타낸다. Fig. 3의 Photo 1에서 발생되는 전체적인 유동현상에 대한 정량적 데이터이다. 이 그림을 보면 슬롯 0, 슬롯 1일 때의 평균속도벡터가 작지만 균일하게 발생되고 슬롯 5로 갈수록 평균속도벡터가 균일하게 발생되는 것을 알 수 있다.

추후 슬롯의 위치 변화가 아닌 Slot길이 변화에 따른 유동분포에 관한 연구가 필요할 것이다.

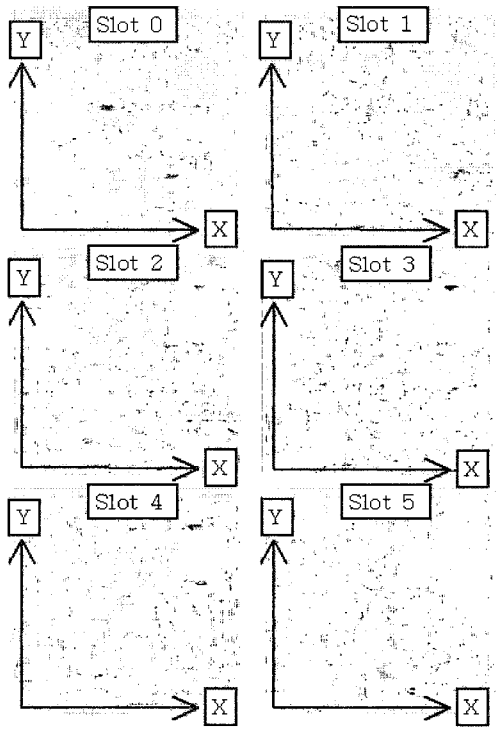


Photo 1 Velocity Distributions by Desktop Personal Computer

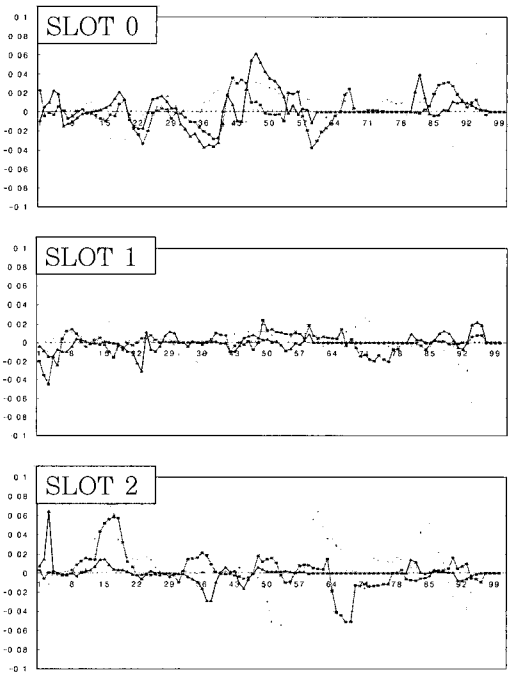


Fig. 3 Velocity Distributions by Fan

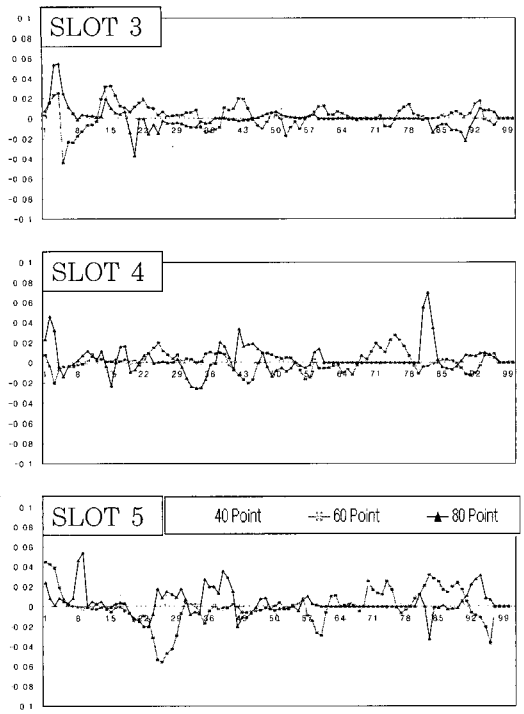


Fig. 3 To be continued

3.2 Re-stress 분포

Fig. 4 는 컴퓨터 케이스 내부의 슬롯의 위치를 변화시켰을 때 총괄적인 Re-stress 분포를 무차원화 그래프로 변환 시킨 것이다. Fig. 4에서 x축 좌표는 40, 60, 80지점의 속도를 좌측 흡기 팬으로부터 90㎜ 떨어진 점의 각 Re-stress를 기준으로 하여 우측방향으로 180, 270, 360㎜ 지점의 Re-stress를 무차원화 시킨 것이다. 각 지점(40, 60, 80)에서의 99개의 눈금은 Photo. 1의 세로방향의 위치를 나타낸 것이며 y축은 Re-stress의 크기를 나타낸다.

흡기 팬이 1500rpm으로 작동 시 유량(초기유량)은 93CFM, 유속은 3.8㎧이며 이때 Re-stress수는 2862.66이였다.

Fig. 4에서 1과 99지점 부근에서 Re-stress가 높게 발생되는 것은 흡·배기 팬의 작동으로 인한 외력이 발생하여 높게 나타난 것으로 생각된다. 특히 CPU 팬의 작동 시 50~57지점에서 Re-stress가 CPU 팬의 미동작시에 비해 많이 나타나는 특징을 볼 수 있다. 중앙과 케이스 좌측상단에 많이 분포되는 Re-stress는 CPU 팬의 미작동시 많이 나타나고 있다.

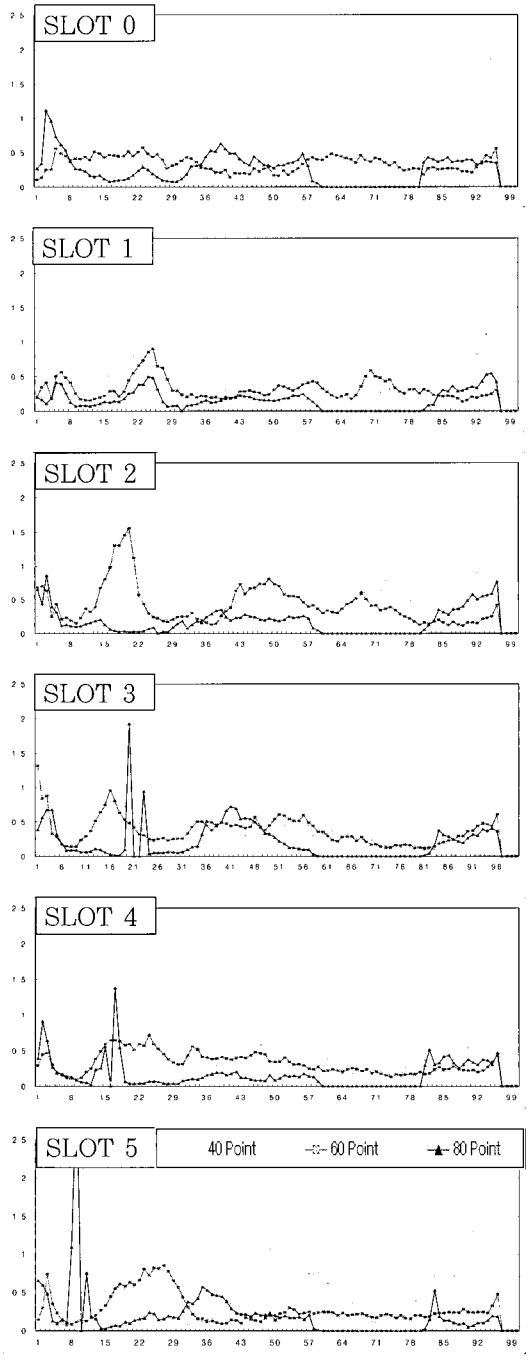


Fig. 4 Re-Stress by Fan

슬롯의 장착 시에는 흡·배기 팬의 작동에 의해 발생된 Re-stress가 케이스의 좌측 상단과 우측하단에 편중되는 것을 케이스 중앙부분에도 발생시켜 전체 Re-stress의 분포를 고르게 해주는 반면, Slot 하단에서 Re-stress가 많이 발생하는 것을 보여준다.

3.3 운동에너지 분포

Fig. 5는 컴퓨터 케이스 내부의 슬롯의 위치를 변화시켰을 때 시험부의 총괄적인 운동에너지 분포 자료를 무차원화 그래프로 변환 시킨 것이다. Fig. 5에서 x축 좌표는 40, 60, 80지점의 속도를 좌측 흡기 팬으로부터 90㎜ 떨어진 점의 각 운동에너지를 기준으로 하여 우측방향으로 180, 270, 360㎜ 지점의 운동에너지를 무차원화 시킨 것이다. 각 지점(40, 60, 80)에서의 99개의 눈금은 Photo 1의 세로방향의 위치를 나타낸 것이며 y축은 운동에너지의 크기를 나타낸다.

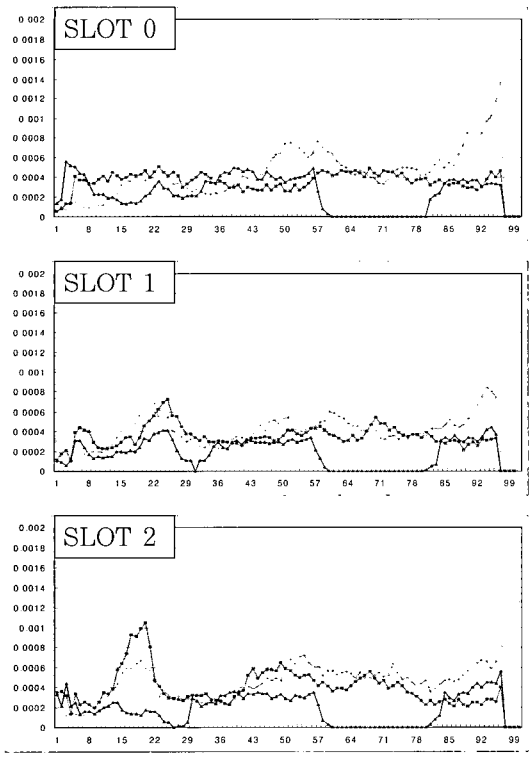


Fig. 5 Kinetic Energy by Fan

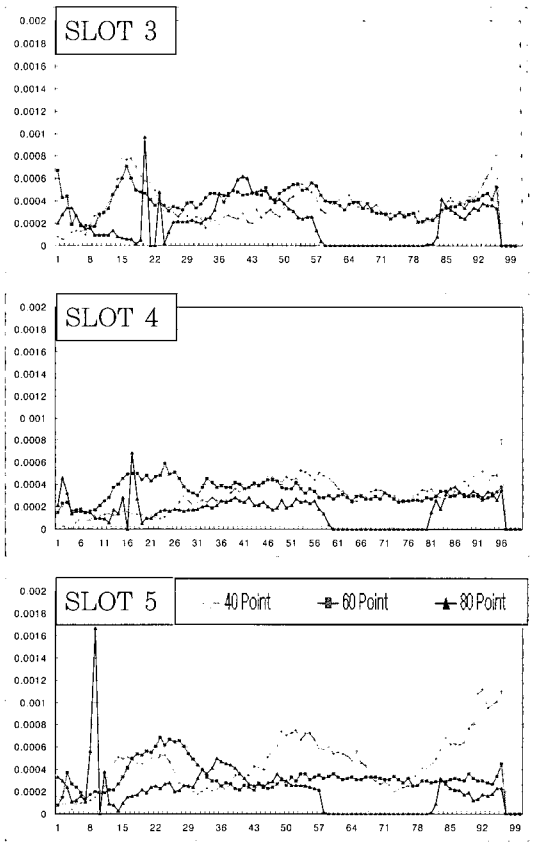


Fig. 5 To be continued

Fig. 5에서 99지점 즉, 하단 끝 부근에서 토털 운동에너지가 높게 발생되는 것은 배기 팬의 작동으로 인해 높게 나타난 것으로 생각된다. 슬롯 1의 설치 시 50~57지점의 토털 운동에너지는 거의 일정하게 유지되는 것을 알 수 있다. 중앙과 케이스 좌측상단에 많이 분포되는 토털 운동에너지는 CPU 팬의 미작동시 많이 나타나고 CPU 팬의 작동 시에는 그 부분의 토털 운동에너지의 분포가 줄어드는 현상을 볼 수 있다. 슬롯의 위치 변화는 시험부의 내부의 토털 운동에너지의 분포에 큰 영향을 주는 것을 알 수 있다. 슬롯의 장착 시에는 흡·배기 팬의 작동에 의해 발생된 토털 운동에너지가 케이스의 좌측 상단과 우측하단에 편중되는 것을 케이스 중앙부분에도 발생시켜 전체 토털 운동에너지의 분포를 고르게 해주는 것을 알 수 있다. 하지만 이는 슬롯 하단에서 토털 운동에너지의 최고치를 발생시키는 단점이 있음을 알 수 있다.

4. 결 론

PIV 실험을 이용한 컴퓨터 케이스 내부의 유동 특성에 관한 기초적인 연구로써 흡·배기 팬을 작동 시킨 상태에서 슬롯의 위치를 변경시키면서 측정한 컴퓨터 케이스 내부의 유동특성에 대한 실험 및 결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) 컴퓨터 케이스 내부에 슬롯의 설치 시 슬롯과 밑면사이에 크고 작은 와류현상이 발생하며 이로 인해 컴퓨터 케이스 내부의 전체유동에도 변화를 미치고 흡·배기 시 소음에 영향을 미칠 것으로 사료된다.

(2) 컴퓨터 케이스 내부에 장착된 흡·배기 팬의 영향이 직접적으로 미치지 않는 좌측상단도 중앙에서 발생하는 와류에 의한 압력차로 인해 유동현상에 영향을 미친다.

(3) 슬롯의 위치를 변화시켰을 때 케이스 상단에 유동에 많은 영향을 미치며, 이는 흡기 팬으로부터 들어온 유체가 배기 팬 쪽으로 흘러가는 도중 역방향의 힘을 받아 생기는 현상으로 생각된다.

후 기

이 논문은 2004년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

참고문헌

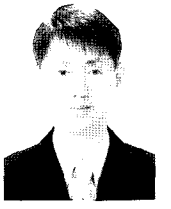
[1] Visualization society of Japan. Handbook of Flow Visualization: Asakura Book Company(Japanese), 1986.

[2] Merzkirch, W., Flow Visualization(2nd ed): Academic Press Inc.,1987.

[3] Yang, W. J., Handbook of Flow Visualization : Hemisphere Pub.co., 1989.

[4] H.N. Lee, G.M. Park, and G.D. Lee, "A Study on the Flow Characteristics in Dividing Rectangular Duct by using PIV and CFD", KSAE, Vol.1, pp. 421-427, 2001

저 자 소 개



이행남(李行男)
1954년 3월 10일생
1993년 국민대학교 박사학위
현재 조선대학교 기계공학과 교수
관심분야 : 유동가시화, CFD 유동해석

박길문(朴吉文)
1949년 3월 29일생
1987년 고려대학교 박사학위
현재 조선대학교 기계공학과 교수
관심분야 : 비정상 유동역학, 환경기계

정한별(丁漢別)
1978년 3월 7일생
2007년 조선대학교 대학원 석사학위
현재 (주)우신공업
관심분야: 자동차 머플러, CFD 유동해석