

실험 계획법을 이용한 노트북용 Fanblock 의 소음 성능 최적화

Fan Performance optimization with DOE

선유명† · 구정호* · 김예용* · 이혁기* · 이성호*

You-myung Sun, Jung-ho Ku, Yeyong-Kim, Hyuk-ki Lee, Sung-ho Lee

Key Words : Radial Fan(원심팬), Fan parameter, Design of Experiment(실험계획법), CFM(Cubic feet per minute)

ABSTRACT

The notebook system use the radial fan to cool the main chipsets which generate heat. It needs to improve cooling performance by increasing fan RPM or increasing fan volume. But the former accompanies acoustic noise problem and the latter has a limitation due to notebook height and cooling area. So this study shows fatal parameters in the fan performance view point, and optimization process with Design Of Experiment. With this result, the fan CFM increases with same size of fan and we can use it as a result of decreasing fan acoustic noise.

1. 서론

현재 대부분의 notebook system 은 주요 발열 부품을 냉각시키기 위하여 cooling module 을 적용하는데 cooling module 은 주로 발열부품의 열을 흡수하는 집열부와 이를 방열부로 이송시키는 이송장치, 이송된 열을 식혀주는 방열부로 구성되어 있다. 방열은 주로 fan 을 회전시켜 방열 fin 을 cooling 시키는데 axial fan(축류팬)을 사용하는 desktop 과는 달리 notebook 에서는 주로 radial fan 을 사용한다. 이는 system 의 높이가 한정되어있는 notebook 에서는 원심팬이 보다 Cooling 에 효과적이기 때문이다. 그림 1 은 본 연구에 사용된 노트북용 fanblock 의 한 예이다.



Figure 1. the picture of notebook cooling module

notebook system 의 주요 발열 부품으로는 연산작업을 수행하는 CPU 와 이를 control 하는 main chipset, graphic 성능을 좌우하는 graphic chipset 으로 구성되어져 있다. 이러한 주요 발열부품은 성능이 향상됨에 따라 소비 전력이 계속 증가하게 되어 이를 해결하기 위한 cooling module 의 성능향상에 대한 요구도 따라서 증가하게 되었다. fan 성능의 향상은 fan size 와 밀접하게 관계되어 있지만 system height 와 직결되므로 증가시키는데 한계가 있다. 또한 방열 성능을 향상시키기 위해서는 fan speed 를 증가시키는 방법이 있지만 이는 notebook 품질에 가장 영향을 미치는 fan 소음의 증가를 초래하므로 이 또한 관리규격의 한계가 있다. 따라서 동일한 fan size 에서 fan 성능을 최적화 시키고자 하는 요구가 있게 되었으며 본 연구에서는 이를 실험계획법을 이용하여 fan 성능을 결정하는 인자를 도출하고 이 중 치명인자를 분석 후 실제 양산성을 고려한 수준에서 최적화시켜 기본 대비 풍량을 향상 시키는 조건을 찾았으며, 이를 fan 소음을 저감시키는 효과로 활용할 수 있는 결론을 얻어내었다.

2. 실험 방법

2.1 측정 값의 정의

본 연구의 목적은 동일 size 의 fan 에서 동일 소음에서의 유량증가이며, 유량증가가 각 주요 발열 chipset 및 notebook 표면 온도의 감소와 상관관계가 있음을 simulation 과 통계 software 인 Minitab 을 이용하여 규명하였다. 유량의 단위는 CFM 으로 나타내었다.

† LG 전자

E-mail : umiss@lge.com

Tel : (031) 610-9524, Fax : (031) 610-6358

* LG 전자

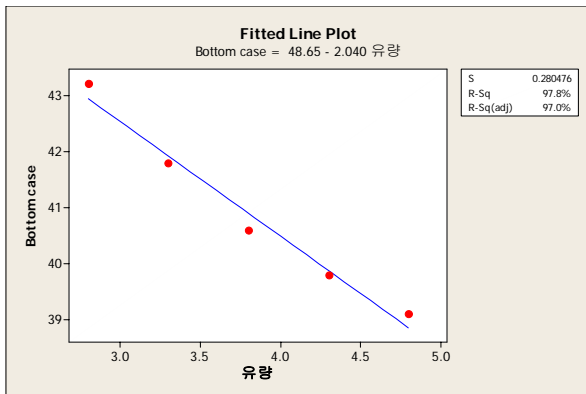
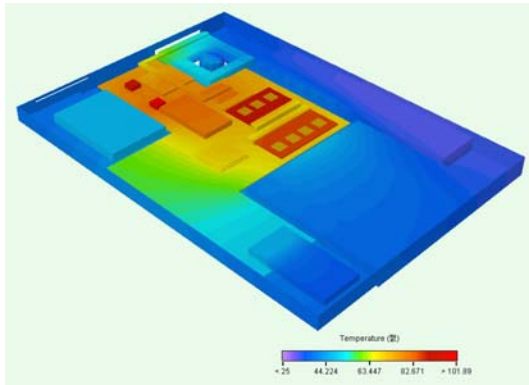


Figure2. Fitted line plot with skin temp and CFM

그림 2는 simulation을 통하여 유량의 증가와 온도 측정의 주요 항목인 bottom skin과의 관계가 선형적으로 연관성이 있다는 Fitted line plot을 설명하고 있다. 즉 유량의 증가는 cooling 성능의 증가와 관계가 있음을 알 수 있다.

2.2 가인자 선정 및 측정

fan 성능에 영향을 미치는 인자를 하기와 같이 5개 인자를 선정하였으며 이를 DOE를 이용하여 실험 계획을 세워 fan sample을 제작 후 fan speed와 소음 성능을 측정하고 각각에 대하여 유량을 측정하여 그 중 35dBA(기준)이 되는 조건의 유량값에 대하여 분석을 실시하였다.

2.2.1 List of Factors to consider

본 연구에서는 fan 성능에 영향을 미치는 인자를 하기와 같이 5개의 인자로 파악하였고 이를 이용하여 Minitab의 실험계획법에 따라 fan sample을 제작하였다. 그림 3은 고려된 각 인자를 그림으로 설명한 것으로서 number of blade는 blade 개수를 의미하는 것으로 그림 3에는 포함되어 있지 않다.

- inlet diameter [70% of blade OD, 90% of blade OD]
- blade tip clearance [1.5mm, 3.5mm]
- blade clearance [0.4mm, 0.8mm]
- blade angle [55deg, 65deg]
- number of blades [11, 17]

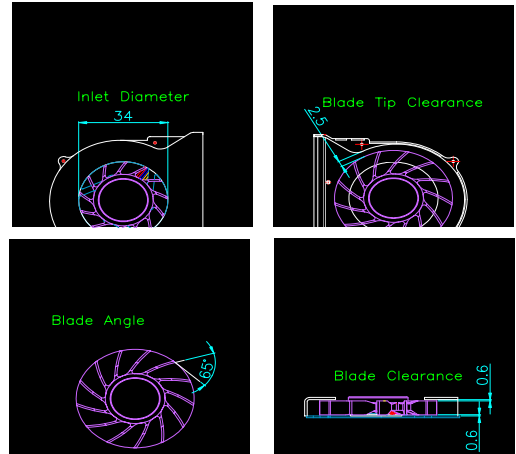


Figure3. factors to consider

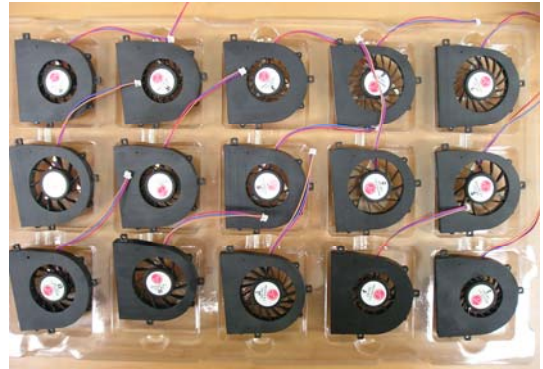


Figure4. DOE Sample

DOE sample은 그림 4와 같이 총 19ea를 제작하였으며 DOE 16ea, base line 2ea, extreme design 1ea이다. base line sample은 현재 design되고 있는 factor 값을 가지는 fan으로써 최종적으로는 baseline sample 대비 DOE sample 중 가장 유량이 증가하는 factor를 찾는 데 본 연구의 목적이 있다.

2.2.2 소음 측정 및 풍량 측정

소음 측정은 유량 측정 전에 기준을 마련하기 위한 단계로서 각 시료로부터 1M 거리에서 35dBA가 되는 fan speed 및 각 Input voltage 별 소음 값을 측정하였으며 35dBA 기준시 유량값을 분석하였다. 유량 측정은 fan 단품 상태와 fan이 system에 장착되었을 때의 효과를 나타낼 수 있는 BMB(Benchmarking Box)장착시 유량을 측정하였다. 본 논문에서의 최종 효과 분석은 BMB 상태에서의 유량값에 대하여 분석 결론을 내었다.

그림 5는 각 DOE sample에 대한 기준 소음을 측정하는 방법을 보여주는 그림이며, 그림 6은 유량 측정시 사용한 BMB box에 대한 모식도 그림이며 BMB Box는 실제 fan이 system에 장착되었을 때와 system resistance curve가 거의 일치하도록 제작하였다.



Figure5. Measure the noise of Fan sample

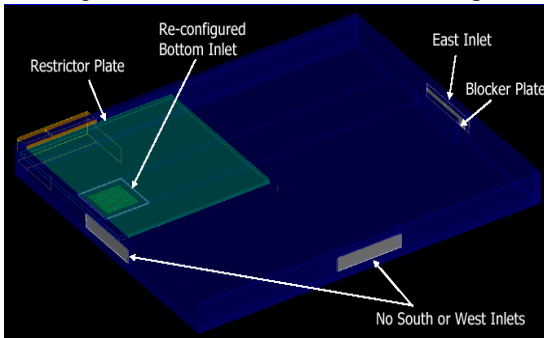


Figure6. The design of BMB

3. 측정 결과 및 분석

3.1 DOE Sample 분석

각 측정 값에 대한 분석은 통계 분석 tool 인 MINITAB 을 이용하였다.

분석 결과 그림 7 과 같이 blade tip clearance 와 blade angle 이 fan 의 유량에 가장 유의하게 영향을 주는 인자로 파악되었고 blade tip clearance 는 -1 수준 즉 1.5mm 조건 시 유량이 증가하는 방향이었으며, blade angle 은 +1 수준 즉 65deg 일 경우에 유량이 증가하는 것으로 파악이 되었다.

DOE sample 의 각 유량 값 중 blade tip clearance 가 -1 수준, blade angle 이 +1 수준 일 경우에 유량은 2.95CFM 으로 base line 의 경우 인 2.74CFM 보다는 약 7.6%의 유량이 상승하는 결론을 얻게 되었다.

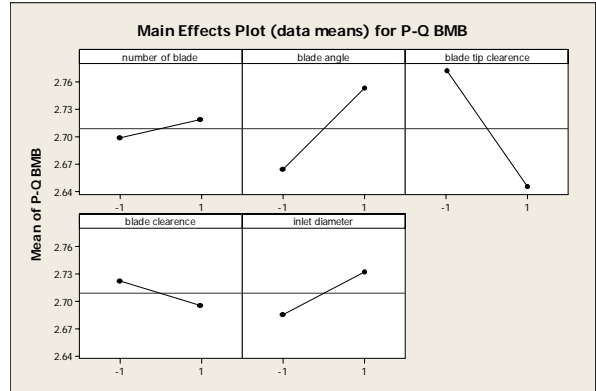
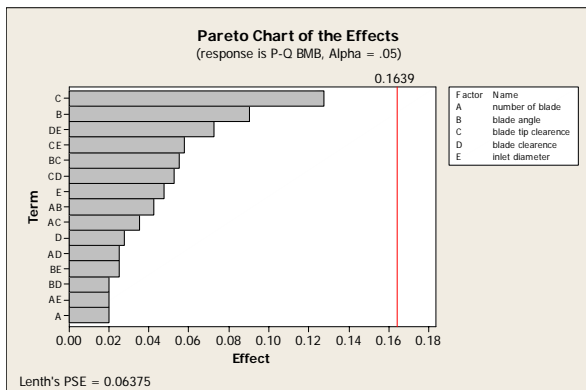


Figure7. Pareto chart and Main effect Plot

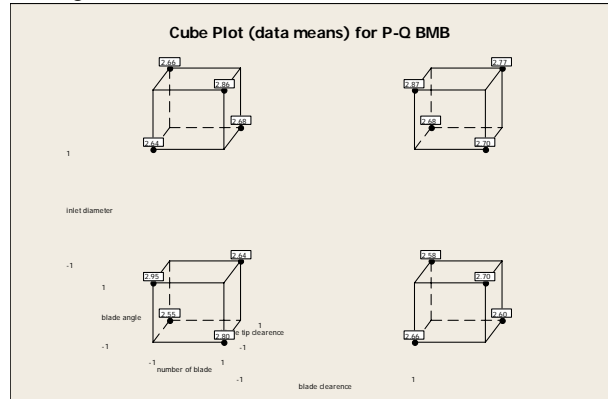


Figure8. Cube plot for P-Q BMB

3.2 DOE sample 최적화

DOE Sample 에 의한 1 차 분석결과 유량에 유의하게 영향을 미치는 인자가 blade tip clearance 와 blade angle 임을 파악하였고, 이 두 가지 인자에 대해서 수준을 3 가지로 나누어 최적화 과정을 진행하였다. 최적화를 위한 수준은 하기와 같다.

- blade tip clearance: [1mm, 1.25mm, 1.5mm]
- blade angle [65deg, 67.5deg, 70deg]

최적화를 위한 3 수준 실험의 수준 결정은 fan 의 양산성을 고려한 결정으로써 blade angle 의 최대는 70deg, blade tip clearance 는 1mm 정도가 양산 시 Side effect 가 없는 수준으로 파악되었다. 3 수준 실험 결과 그림 9 와 같이 blade tip clearance 가 1mm, blade angle 이 70deg 일 때 최대 유량값이 측정 되었으며, blade tip clearance 가 작아질수록 blade angle 의 영향을 많이 받는 것으로 나타났다.

그림 10 은 최적화 시험 결과에 대한 cube plot 으으로써 최적화 시험 결과 최대 유량은 3.023CFM 으로 양산을 위한 기존 Fan 의 CFM 인 2.74CFM 대비 약 10%의 유량의 증가를 얻을 수 있었다.

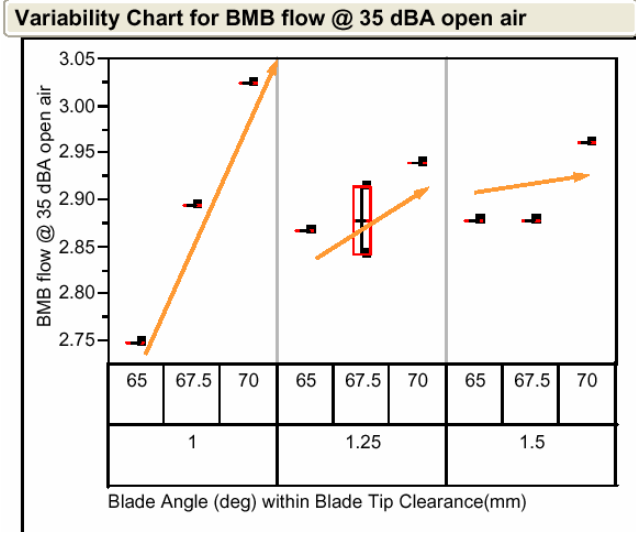


Figure9. Variability chart for BMB Flow

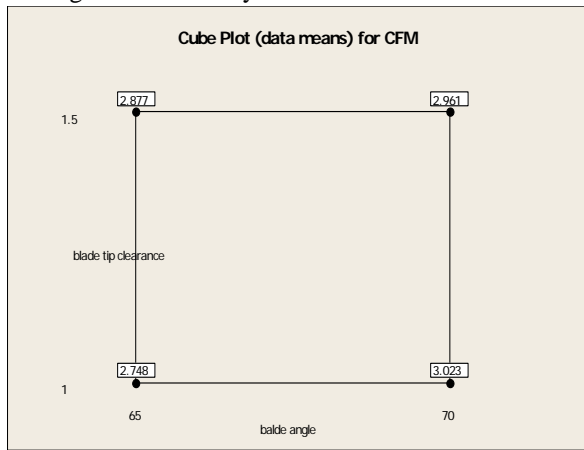


Figure10. Cube Plot for CFM

4. 결론

본 연구에서는 실험 계획법을 통하여 fan sample 을 제작하고 동일 소음에서 최대 유량을 얻는 인자와 수준을 파악하였다. radial fan 의 경우 성능에 영향을 미치는 인자 중 blade tip clearance 와 blade angle 이 유량에 가장 큰 영향을 미치고 있으며 blade tip clearance 는 작을수록 blade angle 은 클수록 유량이 증가하는 결론을 얻었다. 본 연구에 적용된 fan 의 경우는 blade tip clearance 1mm, blade angle 70deg 에서 최대 유량을 나타내었고 유량증가에 따른 효과로 fan 소음을 감소 시킬 수 있었다. 본 연구의 결과는 radial fan 설계 시 설계 인자 결정에 중요한 역할을 할 것으로 생각되며, 실제 sample 을 제작하여 진행한 결과이므로 fan 설계 시 simulation 에 중요한 back data 로 쓰일 수 있을 것이다.

후기

본 연구는 LG 전자, LG Innotek, Intel 과 함께 Co-work 으로 진행한 연구 테마 임.

참고문헌

- (1) E. Zwicker and H. Fastl, Psychoacoustic, Facts and Models (Springer-Verlag, Berlin, 1990)
- (2) 통계학-연구자료 처리의 통계적 방법- 강봉규 저형설 출판사
- (3) LGE Global Standard Six Sigma Training- 고승근 자문교수, LG 전자 및 계열사 Six Sigma 연구회
- (4) Yunus A. Cengel, HEAT TRANSFER: a Practical Approach (McGraw_Hill, 1998)
- (5) Dr.-Ing. BRUNO ECK , FANS, Pergamon Press(Springer-Verlag, berlin, 1972)
- (6) 터보유체기계 A.T.sayers 경문사
- (7) 소음 진동의 기초이론 , 브뤼엔&캐아 코리아(주)
- (8) 유체 기계, 하재현, 손병진, 보문당