

# VR 영상관에서의 급기 및 배기 방식에 따른 향 농도 분포 수치해석

김영일\*, 김기정\*\*, 허남진\*\*\*

\*한국과학기술연구원 열유동제어연구센터,  
\*\*서강대학교 기계공학과 대학원, \*\*\*서강대학교 기계공학과

## Numerical Simulation of Aroma Concentration Distribution in a VR Theater for different Supply and Exhaust Conditions

Youngil Kim\*, Kijung Kim\*\*, Nahmkeon Hur\*\*\*

### Abstract

어떤 특정한 환경과 상황을 가상적으로 모의함으로써 그 환경에 있는 사람이 마치 실제적인 환경 또는 상황과 상호 작용을 하고 있는 것처럼 만들어 주는 진보된 기술을 가상현실(virtual reality) 이라고 한다. 가상현실을 실현하기 위해서는 주변의 영상, 음향, 운동감, 열환경, 후각환경 등이 실제처럼 제시되어야 한다. 본 연구에서는 이중 후각환경의 제시를 위하여 급기 및 배기 위치에 따른 향 농도의 분포를 수치해석적으로 예측한다. 수치해석 결과는 VR 영상관의 향 배기 시스템의 설계 자료로 활용된다.

Keywords: Virtual Reality, Numerical Simulation, Aroma, Ventilation, Supply and Exhaust

### 1. 서론

오늘날 고부가가치 산업으로 각광 받는 영상산업의 경우 기존의 단순한 2차원적 시각과 청각 제시에서 탈피, 관객에게 좀더 사실적인 접근을 위해 실제와 같은 3차원적인 영상과 청각적인 느낌을 제공하기 위해 노력하고 있으며 상당 부분은 이미 그 실효를 거두고 있다.

여기에 좀 더 완벽한 가상현실을 이루기 위하여 관객들에게 화면에 맞추어 적절한 열과 향 환경을 제시, 관객들로 하여금 좀 더 사실적인 느낌이 드는 가상현실 환경을 만들고자 하는 연구가 진행 중에 있다.

하지만 향의 경우 아주 미량의 양으로도

사람들에게 잔류 느낌을 주게되며, 이 경우 계속 적으로 제시되는 다른 향과의 혼합이 이루어지게 된다. 결국 가상현실 본래의 의도에서 멀어짐과 동시에 관객들에게 불쾌감을 주게된다.

이러한 향의 특성으로 인하여 향의 제시와 배기에 관한 적절한 환기 시스템의 개발이 필요하며 각각의 시스템의 설계 단계에서 시스템의 적정성을 검증할 필요가 있다. 본 연구에서는 설계 검토 중인 3 가지 환기 시스템에 대한 3차원 수치 시뮬레이션을 통해 급기 및 배기 방식에 따른 실내의 향의 농도 분포와 그에 따른 시스템의 적정성을 검증하였다.

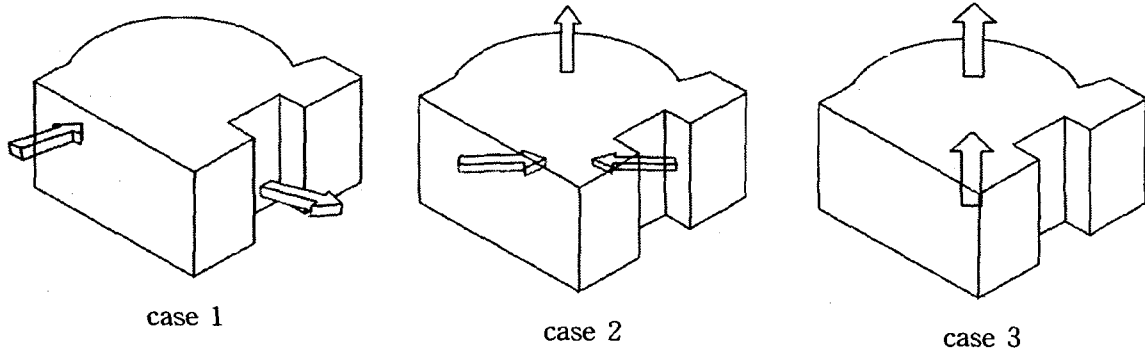


그림 1. 해석 대상인 3가지 방식의 급기 및 배기 시스템

## 2. 수치해석 방법

수치해석을 위한 공간은 KIST 내의 VR 영상관을 대상으로 하였다. 영상관의 크기는 6.7m×7.1m이며 전면에 스크린이 설치되어 있다. 스크린은 가운데가 오목한 구와 같은 곡률을 가지고 있으나 본 연구에서는 스크린의 형태를 원통의 형상으로 가정하고 격자를 형성하였다. 계산 조건은 측면벽 급기 - 측면벽 배기(case 1), 측면벽 급기 - 천장 배기(case 2), 바닥 급기 - 천장 배기(case 3)의 총 3가지 경우에 대하여 계산하였다. 각각의 계략적인 공조 방식을 그림 1에 나타내었다. 향의 분사 위치는 영상관 내부에 설치된 좌석의 중심에서 높이는 1.1m(좌석시 머리 높이), 향의 분사 기준 농도

는 1로 분사 속도는 0.2m/s로 하여 계산을 수행하였다. 각각의 case 모두 급기 및 배기가 계속적으로 이루어지며 향 분사는 초기 20초간만 실시하고 그 후 향 분사는 정지시킨다고 가정한다. 표 1에서는 각 case의 조건에 관하여 설명하고 있다. 시간 진행을 계산하기 위하여 PISO 알고리즘을 사용하였으며 난류 계산을 위하여 k-ε 모델을 사용하였다.

각 case별 계산 시간은 약 7일 정도가 소요되었으며 전체 계산에 사용된 격자는 157,000개 정도가 사용되었다. 그림 2에 전체 격자 그림을 나타내었다.

수치해석에 사용된 프로그램은 영국의 Imperial College의 Gosman 교수의 연구 그룹에 의해 개발된 상용 열-유체 해석 프로그램인 STAR-CD (Version 3.1)을 사용하였다.

표 1. Conditions for 3 cases

	case 1	case 2	case3
급기 방식	측면 급기	측면 급기	바닥 급기
배기 방식	측면 배기	천장 배기	천장 배기
향 분사시간	20초	20초	20초
향 중단후 배기시간	20초	20초	20초

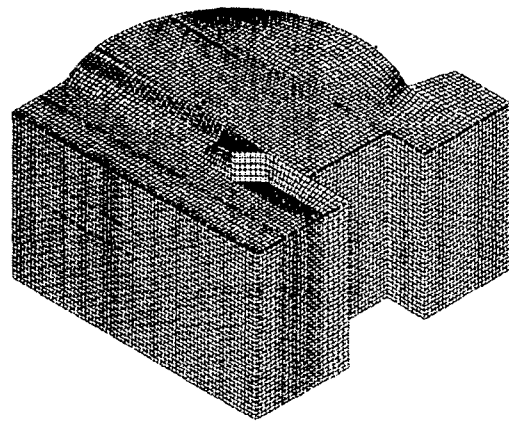


그림 2. Numerical Grid

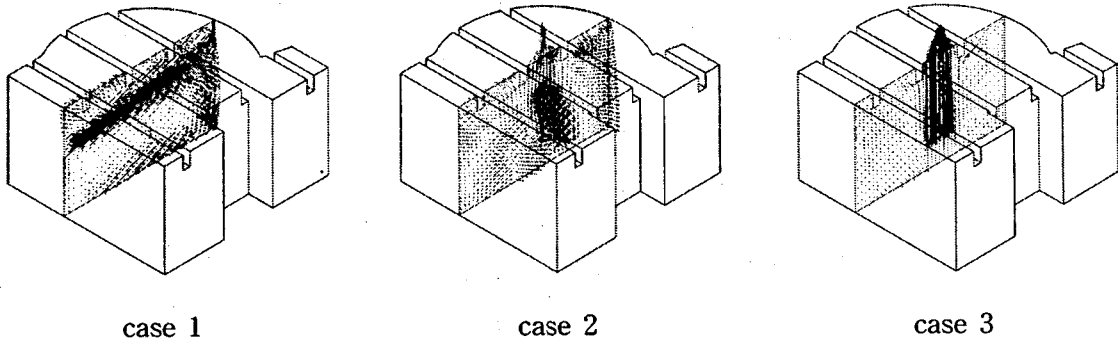


그림 3. Velocity distribution for 3 cases

### 3. 결과 및 토론

앞에서 설명한 바와 같이 3가지 경우에 대하여 수치해석을 수행하였다. 그림 3은 각 case의 정상상태 속도 분포도의 단면을 나타내었다. 먼저 case 1의 경우를 살펴보면 급기구에서 들어오는 유량의 대부분이 천장쪽으로 휘어지면서 대부분의 유량이 천장을 타고 흐르는 현상을 보이고 있다. 이것은 Coanda 효과에 의한 것으로 판단된다. 그 결과 향이 발생하는 극장의 중앙 부분에는 급기된 신선한 공기의 도달되는 양도 적고 풍속도 작은 값을 갖는 것을 볼 수 있다. Case 2의 경우를 살펴보면 벽면에서 나오는 급기 유량이 극장의 중앙 부분에서 만나서 충돌을 일으키며 천장의 배기구로 빠져

나가는 것을 볼 수 있다. 양쪽 급기구에서 나오는 공기의 충돌로 인하여 극장 중앙 부분에서의 속도 분포는 상당히 복잡한 현상을 나타낸다. 마지막으로 case 3을 살펴보면 바닥에서 나오는 급기의 대부분이 수직으로 상승하여 다시 배기구로 빠져나가는 것으로 나타났다. Case 1의 경우와는 반대로 극장의 중앙 부분에 대부분의 유량이 집중되며 그 주위로 극장 바닥에서 천장쪽으로 순환하는 와류가 형성되는 것을 알 수 있다.

그림 4에는 향 발생 위치에서 위로 0.6m 떨어진 지점에서의 시간에 따른 농도변화를 나타내었다. 그림에서 보면 case 3의 경우가 가장 높은 농도를 나타내고 있다. Case 1과 case 2와 비교해 볼 때 향의 주위로의 확산이 적은 것을

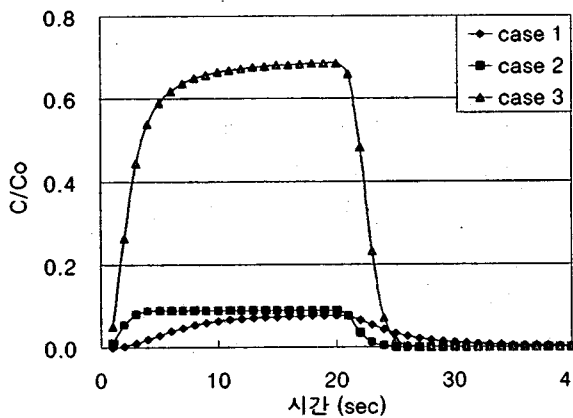


그림 4. Aroma concentration change at 0.6m above the aroma injection point

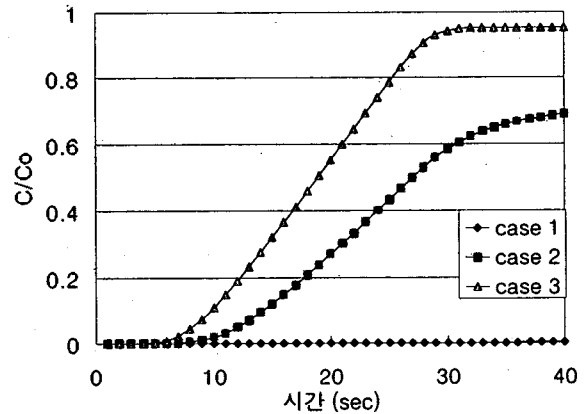


그림 5 Aroma concentration change at exhaust

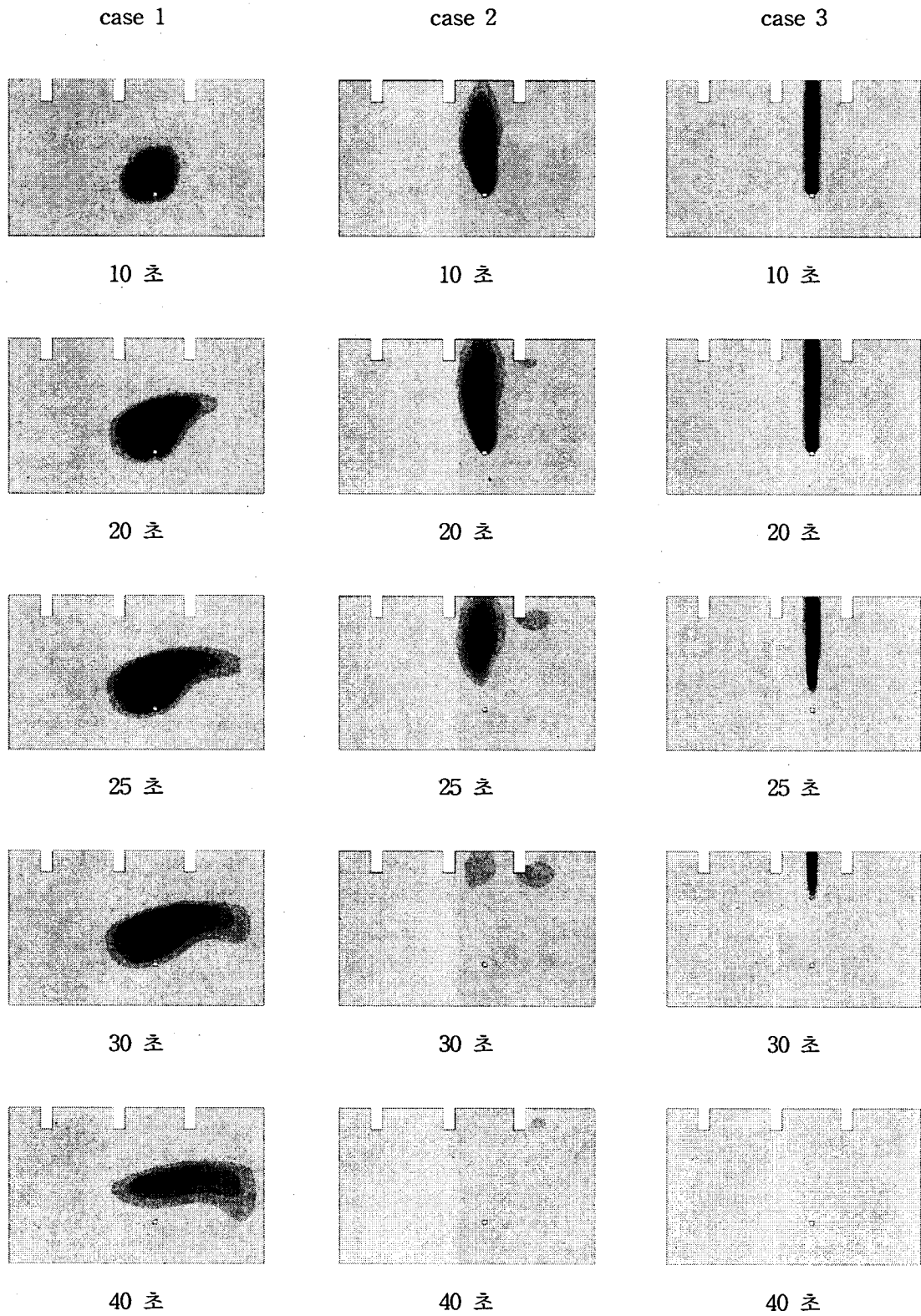


그림 6. Aroma concentration change for 3 cases

알 수 있다. 즉 바닥에서 나오는 공기의 흐름이 에어커튼과 같은 역할을 하는 것으로 여겨진다.

그림 5는 실내로 유입된 향의 배기효율을 나타내었다. 본 연구에서 사용한 배기효율을 정의한 식을 식 (1)에 나타낸다.

$$\text{배기효율} = \frac{\int_0^t (CV_n A)_{\text{exhaust}} dt}{C_0 V_0 A_0 \Delta t} \quad (1)$$

식(1)의 분모는 실내에 유입된 향의 전체량을 나타내며 분자는 각 시간까지 배기구로 배출된 향의 적분량을 나타낸다. 향이 모두 배기 되었을 경우 배기량은 1이 되며 그래프에 나타난 결과 역시 case3의 경우가 30초만에 95%의 배기량을 보여 가장 효과가 좋은 것으로 나타나고 있다. Case 1의 경우 40초간의 배기로도 1% 미만의 배기량을 보이며 case2의 경우는 약 70% 정도의 향이 배기 되는 것으로 나타났다.

그림 6에 나타낸 그림은 시간에 따른 영상관 내의 농도 변화를 나타내었다. Case 1의 경우 향이 실내로 넓게 확산되어 가는 것을 볼 수 있다. 그림 상으로는 case 2와 case 3의 향 배기 효과는 비슷하게 나타나고 있으나 그림 4와 5의 결과에서 보았듯이 case 2의 경우 복잡한 유동으로 인하여 주위로의 확산이 case 3에 비하여 더 많은 것을 볼 수 있다. 따라서 실제 배기구로 빠져나가는 향의 양은 case 3보다 적은 것을 알 수 있다. Case 3의 경우는 유입된 향이 균일한 수직 유동을 따라 배기구로 흘러가는 것을 볼 수 있다.

수치해석 결과 KIST 영상관과 같이 향을 제시하고자 하는 대상 위치가 한곳에 있는 경우 설비가 간편한 case 2(양쪽 측면벽 급기구-천장 배기)가 적절할 것으로 판단된다. 하지만 분사 대상 위치가 널리 분포되어 있는 극장과 같은 시설에서는 case 2보다는 case 3와 같이 바닥에서 급기하고 천장으로 배기하는 방식이 가장 적절한 설계 방안으로 여겨진다.

#### 4. 결론

VR환경을 위한 영상관의 향 배기 시스템 설계를 위한 각 설계안을 수치해석을 통해 검토해 보았다. 수치해석 결과 case 1의 경우 실내로의 확산이 많았으며 그에 따른 배기효율은 가장 비효율적으로 나타났으며, case 2는 높은 배기효율을 보였으나 공기와의 혼합에 의한 향의 확산이 많은 것으로 나타났다. case 3은 가장 높은 배기효율을 보였으며 혼합에 의한 확산 역시 가장 낮아 실내의 향 제시 및 제거 효과가 가장 높은 것으로 나타났다.

#### 참고문헌

- Mathisen, H. M.(1989), Case studies of displacement ventilation in public halls, *ASHRAE Tran.*, 1018-1027.
- 심우섭, 송기천, 황태연, 신영철(1991), 장방형 공간내 난류유동 및 오염물질 거동의 수치해석, *공기조화냉동공학 논문집*, 3(5), 350-364.
- 한화택(1992), 난류유동해석을 통한 환기 효율의 수치해석적 연구, *공기조화냉동공학 논문집*, 4(4), 253-262
- Sandberg, M. and Etheridge, D.(1996), *Building Ventilation: Theory and Measurement*, John Wiley & Sons Ltd,
- Heiselberg, P.(1996), Room air and contaminant distribution in mixing ventilation, *ASHRAE Tran.*, 332-339
- Han, H. T., Kuehn, T. and Kim, Y.(1999), Local mean age measurements for heating, cooling, isothermal supply air conditions, *ASHRAE Tran.*, 275-282.
- Seppanen, O., Fisk, W., Eto, J., Grimsrud, D.(1989), Comparison of conventional mixing and displacement air-conditioning and ventilating system in U.S. commercial Buildings, *ASHRAE Tran.*, 1028-1040