

IR(Infrared) 센서기반 제어방법에 따른 공동주택 멀티 존 환기시스템 평가 연구

홍 성 민, 윤 동 원[†]
경원대학교 건축설비공학과

An Evaluation on IR Sensor Based Demand Controlled Ventilation Strategies for Multi-zone in the Apartment House

Sung-Min Hong, Dong-Won Yoon[†]

Department of Building Equipment and System engineering, Kyungwon University,
Gyeonggi-do, 461-701, Korea

(Received November 29, 2011; revision received December 20, 2011)

ABSTRACT: In previous research, most occupant said that they have not operated ventilation system installed in the house, because of increasing of energy consumption and unconcern of ventilation. Therefore, it is necessary to applied the sensor based demand controlled ventilation for the IAQ(Indoor Air Quality) and improvement of energy efficiency in ventilation strategy. The propose of this study is to present a application method of IR(Infrared) sensor for multi-zone DCV(Demand Controlled Ventilation) in the apartment house. It is possible that IR sensor could be used for DCV, because that could detect the occupant and action. IR sensor based DCV strategies are established to evaluate characteristic of application in the apartment house and simulated by Contam program. As a result, they have some week points though, if they would be applied DCV with optimum strategy, it would be useful to improve IAQ, to reduce energy consumption.

Key words: IR sensor(적외선 센서), DCV(수요기반환기제어), apartment house(공동주택), Ventilation strategy(환기전략)

기 호 설 명

C : 실내의 농도 [m^3/m^3]
 C_o : 외기의 농도 [m^3/m^3]
 C_1 : 최초 농도 [m^3/m^3]
 t : 경과시간 [hour]
 Q : 환기량 [m^3/h]

M : 실내의 발생량 [m^3/h]
 V : 실의 용적 [m^3]
 ΔP_f : 마찰손실압력 [Pa]
 f : 마찰계수, dimensionless
 L : 덕트길이 [m]
 D_h : hydraulic diameter[mm]
 v : 유속 [m/s]
 ρ : 밀도 [kg/m^3]
 ϵ : 재질의 거칠기 [mm]
 Re : 레이놀즈 수

[†] Corresponding author

Tel.: +82-31-750-5460; fax: +82-2-750-5314

E-mail address: dwyoon@kyungwon.ac.kr

1. 서 론

신축 공동주택에 대하여 시간당의 0.7회 이상의 24시간 환기성능을 확보 할 수 있는 자연환기 또는 기계환기설비의 설치가 의무화되었다. 신축공동주택에서 기준치 이상의 환기량을 도입할 수 있는 다양한 종류의 환기장치가 개발되어 설치되고 있으나 그 사용정도는 미약한 상태이다. 기존 조사결과에서 에너지비용 증가 등의 이유로 사용되지 않거나 사용되더라도 2시간 미만인 것으로 조사되었다.⁽¹⁾ 관련 법령에 의해 설치되는 환기장치가 사용되지 않고 있는 실정이며, 거주자 대부분 직접 운전하기 어려워 환경개선을 위한 그 역할을 기대하기 어려운 실정이다.

신축건물에서는 건축마감재나 가구 등에서 VOCs 또는 포름알데히드와 같은 화학물질이 다량으로 방출되어 실내오염농도가 상승하게 되고, 재실자의 활동에 의한 CO₂ 농도의 상승과 부유분진이나 곰팡이를 비롯한 미생물 등 오염물질이 증가할 경우에 재실자의 건강을 악화시키는 원인이 된다.⁽²⁾ 더욱이 건물의 에너지 절약을 위한 단열기능 향상과 더불어 기밀성능의 유지가 요구되는 현재의 건축기술이 실내의 오염물질 상승을 초래하고 있다. 주거용 건물에서 환기가 부족한 경우 실내오염물질이 증가하여 새집증후군과 같은 피해가 발생하며, 거주자에게서 환경성 질환의 유병률이 증가하게 된다. 이는 국가 차원의 잠재적 보건 위생의 악화로 인한 의료비용의 증가와 더불어 사회적 비용의 증가를 초래하게 된다. 본 연구에서는 센서 기반의 DCV(Demand controlled ventilation)를 환기장치에 적용하여 환경개선과 에너지부담의 경감할 수 있는 방안을 찾고자하며, 그 방법으로 주택에 다양하게 적용되고 있는 IR(Infrared)센서를 이용한 전략에 대하여 시뮬레이션을 통해 적용성을 평가하고자 한다.

2. DCV 관련 이론

상업용 건물에서 주로 이용하는 DCV 방법으로는 CO₂ 센서를 이용하여 외기도입량을 측정하여 설정농도 유지를 위한 외기량을 도입하는 방법과 재실인원에 의한 필요환기량을 도입하는 방법이 있다. 특히, 재실인원을 이용한 방법으로는 다음과 같은 방법이 있다.⁽³⁾

① 재실자 스케줄을 이용하는 방법

사무용 건물처럼 시간별 재실 스케줄을 쉽게 예측

할 수 있을 경우, 도입 외기량을 재실자 스케줄에 연동시켜 제어하는 것으로서, 정확한 실시간 환기수요를 바탕으로 하는 방법은 아니나 비교적 높은 에너지 절약효과를 얻을 있는 방법이다.

② 적외선 동작감지 센서를 이용하는 방법

실내에 재실자가 있을 경우 해당 실에 설치된 적외선 센서가 이를 감지하여 재실자 수에 따른 환기량(또는 사용자가 임의로 설정한 환기량)을 공급하도록 하는 방법으로 시간에 따른 환기수요의 변화가 크지 않는 건물에 효과적인 방법이다.

③ 재실자 수 측정을 통한 방법

각 실의 입구에 들어오는 사람과 나가는 사람을 분리하여 감지하는 Counter를 설치하거나 출입문의 개폐를 통하여 재실자 수를 검출하여 환기량 조절에 사용하는 방법으로, 인원에 따른 환기량을 제공하는 방법이다.

공동주택에서는 세대별 재실자 스케줄이 다양하여 스케줄제어는 적용하기 힘들며, 정확한 재실자 수의 측정으로도 멀티 존에 환기제어에 대응하기 어렵다. IR 센서의 경우 공동주택에서 현관이나 방범용으로 이미 널리 적용중이고, 가격이 저렴하고 오동작이 적어 적용이 가능할 것이라 판단되며, 잦은 이동에 의한 오동작의 우려가 존재하나 일정시간 검지상태가 유지되어야 작동시키는 등의 제어방안을 통해 적용이 가능할 것으로 판단된다.

3. 현장 CO₂ 오염농도 측정 평가

3.1 측정개요

공동주택의 실내에서 방문을 닫고 취침 시 CO₂ 농도 레벨을 파악하기 위하여 실제 아파트에서 현장 측정을 실시하였다. 측정은 Fig. 1과 같이 전용면적 85 m²의 공동주택의 안방을 대상으로 실시하였으며, 발코니 창을 확장한 상태이다. 측정기계를 Fig. 2와



Fig. 1 Measurement site.



Fig. 2 Installation of measuring instrument.

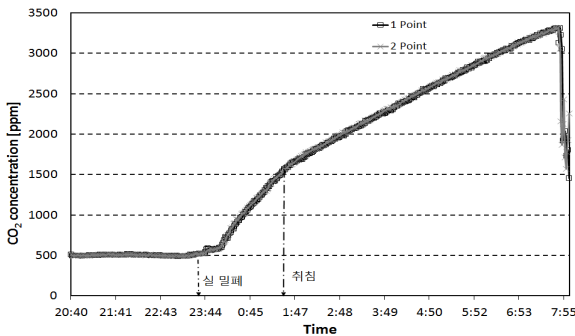


Fig. 3 Result of measuring CO₂ in the room by occupant's breathing.

같이 설치하였으며, 측정점은 안방 2 point에 설치하였으며, 실내는 입주전 가구가 없는 상태이다. CO₂ 측정과 동시에 실의 자연환기량을 측정하기 위하여 SF₆ 가스를 살포하여 농도를 실시간 측정하였다.

충분한 환기 후, 문을 닫고 취침준비 후 취침하여 다음날 오전 7시 40분에 기상하여 방문을 개방하였다. 실내 CO₂ 농도는 3,320 ppm까지 상승하였으며, 농도변화는 Fig. 3과 같이 측정되었다. 포인트별 차이는 없었으며, 상승추세가 01시 20분경부터 변동되어 상승되었으며, 그 시간부터 수면에 들어간 시간으로 판단된다.

측정결과 실내기준인 1000 ppm을 크게 상회하여 방문이 닫힌 상태의 비환기시 실내공기환경이 악화될 수 있음을 예측할 수 있다.

3.2 침기량 계산 및 방출강도 산출

측정시간의 실의 침기량과 재실자의 CO₂ 방출 강도를 산출하기 위하여 아래의 식을 적용하였다. 미소시간 dt 사이에 실내 농도는 dc 만큼 변화한다면, 실내의 변화량은 기본 가정조건으로 부터 다음 식으로 표시된다.

$$V \times dc = M \times dt + C_0 \times Q \times dt - C \times Q \times dt \quad (1)$$

최초(t = 0)의 실내 농도를 C₁, t시간 경과 후의 농도를 C, 라고 하면

$$C = C_0 + (C_1 - C_0) e^{-\frac{Qt}{V}} + \frac{M}{Q} (1 - e^{-\frac{Qt}{V}}) \quad (2)$$

발생량이 없다고(M = 0) 가정하면 우변의 3항이 0이 되어 다음 식으로 정리할 수 있다.

$$Q = \frac{V}{t} \times \ln\left(\frac{C_1 - C_0}{C - C_0}\right) \quad (3)$$

Fig. 4의 결과에 식(3)을 적용하여 침기량을 산출한 결과 평균 환기횟수 0.053 회/h로 산출되었다. 침기량은 1.3833 m³/h 계산되었으며, 동일 시간 동안의 2명의 재실자에 의한 CO₂의 변화량은 다음 Fig. 3과 같다.

식(1)로부터 실내 발생량 M은 다음 식(4)로 계산할 수 있다.

$$M = V \frac{dc}{dt} - Q(C_o - C) \quad (4)$$

실체적 V = 27.5 m² × 2.4 m = 66 m³일 때, 취침 전의 1시간 동안의 평균 발생량은 개인당 20.01 L/h로 산출되었으며, 취침 후 평균 발생량은 개인당 10.9 L/h로 산출되었다.

재실자는 20대 남자 2명이며, 취침 전 SF₆ 가스 살포 작업 후 이었음을 고려하면 Fig. 5의 ASHREA 평균 사무소업무(18 L/h)보다 높게 발생되었으며, 취침 후에는 12 L/h보다 다소 낮게 방출되었으나, 취침 시와 재실시 활동에 의한 인체 대사량에 따른 방출량이 다르다는 것이 검증되었으며, ASHREA 성인

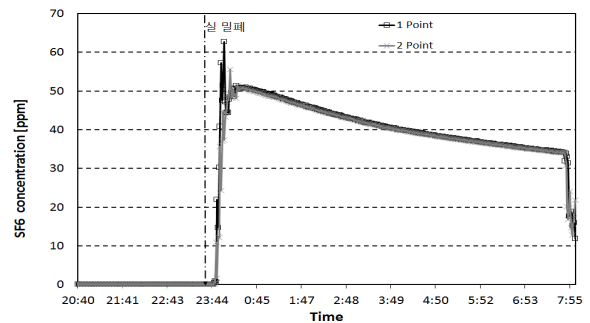


Fig. 4 Trace gas(SF₆) concentration change graph for calculation of infiltration.

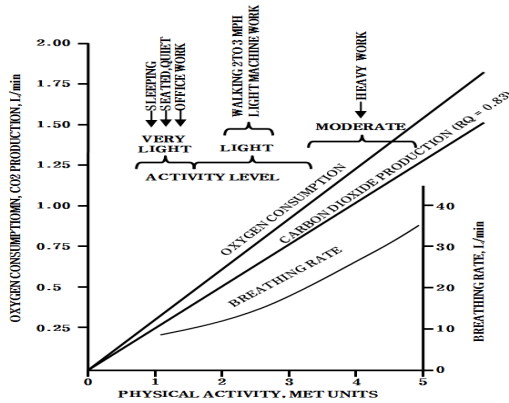


Fig. 5 Relation between breathing and physical activity(met).⁽²⁾

남녀의 기록임을 고려하면 타당한 결과가 나타난 것으로 판단된다.

4. 시뮬레이션 조건

4.1 재실자스케줄 및 방출강도

4.1.1 재실스케줄

“2009 국민생활시간조사보고서”⁽³⁾에서 필수생활시간 및 의무생활시간 등의 조사를 실시하여 발표하였다. 조사 결과로 취침시간 및 기상시간의 통계가 보고되었는데, 수면시간은 전체 평균 약 7시간 30분 동안의 취침을 취하였으며, 학생들의 경우 7시간에서 8시간의 수면을 취하는 것으로 통계결과 나타내었다. 취침시간은 초등학생 이상이면 대부분 평일 23시 30분경이 평균 취침시간으로 조사되었다.

4.1.2 창 및 방문 스케줄, 침기, 이동기류 설정

공동주택의 겨울철을 대상으로 선정하였으며, 창문은 닫혀있으며 재실시 방문은 닫힌 상태로 거실에 재실 할 경우 각 실 문은 개방된 상태로 설정함.

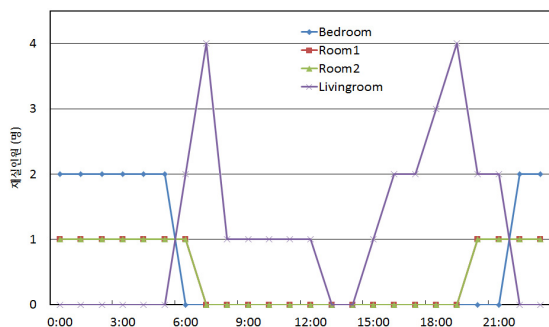


Fig. 6 Establishment of occupant's schedule.

Table 1 VOCs Emission Rate at Each Zone

	wall, ceiling [m ²]	floor [m ²]	First Class [mg/m ² ·h]	Finishing material [mg/h]	Furniture [mg/h]	TVOC [mg/h]
BR	54.94	18.95	0.1	7.389	4.19	11.579
R1	44.89	13.97	0.1	5.886	4.22	10.106
R2	32.12	9.024	0.1	4.1144	3.64	7.7544
LR	86.24	37.29	0.1	12.353	17.758	30.111

침기의 경우 입·출입 등의 재실행위에 의한 유입공기를 고려하여 시간당 0.2회로 적용.⁽⁴⁾

4.1.3 대상 오염원 방출강도

재실인원의 방출강도는 재실 할 경우 인원 당 18 L/h, 취침시의 경우에는 12 L/h의 방출량으로 설정하였으며, TVOC(총 휘발성 유기화합물)의 발생량은 실내마감재의 경우 한국공기청정협회 친환경 건축자재 단체품질인증제도의 최우수 등급자재의 시간당 단위면적당 방출률을 면적에 비례하여 방출한다고 가정하였다. 또한 생활용품에서 방출되는 TVOC는 실측사례연구⁽⁵⁾를 참조하여 각 용품별 평균량으로 산출하였다

4.1.4 멀티 존 풍량

전열교환식 환기장치가 적용된 세대이며, 급배기 디퓨저에 전동댐퍼가 장착된 실별 환기시스템에 의한 각 실에 덕트로 급배기를 실시하며, 완적확산을 고려한 풍량을 적용하여 침실(안방) 60 m³/h, 실 1 과 실 2는 30 m³/h, 거실은 100 m³/h으로 설정하였으며, 선정된 설계도면과 일치하게 설정하였다.

4.2 제어전략 수립

사람의 재실 여부 또는 동작여부를 판단할 수 있

Table 2 Establishment of control strategies

	Sensors location	Control	sep-point
Case1	Each room	Ventilator On-Off	IR sensor On → Occupant Off → Nobody
Case2		Ventilator proportional	
Case3		Damper On-Off, Ventilator proportional	

는 적외선 센서(Infrared sensor : IR)를 이용한 DCV 방안으로 각 실에 재실여부를 판단하여 binary(0 or 1)의 신호를 수신부에 송출하며, 컨트롤러는 어느 한방의 재실자가 있다면 환기장치 또는 실별 댐퍼를 작동시키거나, 재실자가 없을 경우 정지(댐퍼폐쇄)시키는 제어를 실시하는 등 Table 2와 같이 3가지 전략을 모델링하였다.

4.3 환기장치 및 덕트 모델링

시뮬레이션의 덕트 모델은 “Dracy and Colebrook resistance model”을 적용하였다. 덕트도면의 덕트

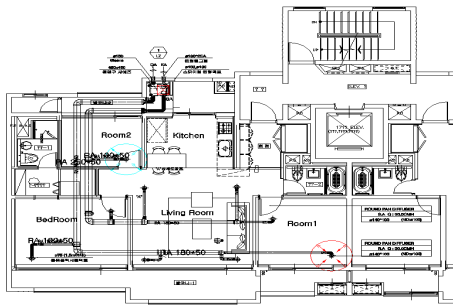


Fig. 7 Drawing of a target house of simulation.

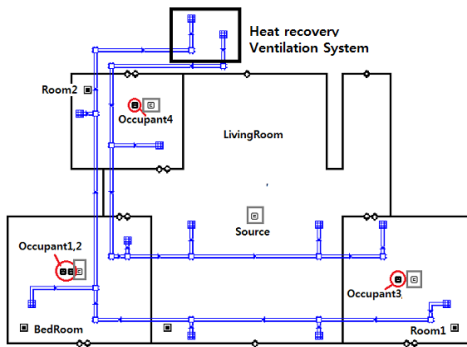


Fig. 8 Simulation modeling by CONTAMW3.0 Sketchpad.

Table 3 Volume and airflow rate(m³/h)

Zone	체적(m ³)	0.7 회/h	시뮬레이션 적용 풍량	침기량 (0.2회)
Bedroom	45.48	31.8	60	4.5
Room.1	33.53	23.5	30	3.4
Room.2	21.65	15.2	30	2.2
Living Room	89.50	62.7	100	8.9
total	190.16	133.2	220	19

사이즈와 거칠기 등을 적용한 마찰손실은 식(1)과 같다.

$$\Delta p_f = \frac{1000fL}{D_h} \times \frac{\rho v^2}{2} \tag{5}$$

식(5)에서 마찰계수 f는 수경반경 Dh와 재질의 거칠기 절대값 ε, 레이놀즈수 Re와 관계식(6)으로 정리되며

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left(\frac{\epsilon}{3.7D_h} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}}\right) \tag{6}$$

레이놀즈수는 다음의 식(3)의 방정식으로 계산되며, 특히 표준 기온인 4~38℃에서는 식(8)로 계산된다.

$$Re = \frac{D_h V}{1000\nu} \tag{7}$$

$$Re = 66.4 D_h V \tag{8}$$

Table 4 Duct Roughness Factor⁽⁶⁾

Duct Material	Roughness Category	Absolute Roughness ε. ft
Uncoated carbon steel, clean (Moody, 1944)(0.05 mm)	Smooth	0.03
PVC plastic pipe(Swim, 1982)(0.01 to 0.05 mm)		
Aluminum(Hutchinson 1953)(0.04 to 0.06 mm)		
Galvanized steel, longitudinal seams, 200 mm joints(Griggs et al., 1987)(0.05 to 0.10 mm)	Medium-smooth	0.09
Galvanized steel, continuously rolled, spiral seams, 3000 mm joints(Jones, 1979)(0.06 to 0.12 mm)		
Galvanized steel, spiral seams with 1, 2, and 3 ribs, 3600 mm joints(Griggs et al., 1987)(0.09 to 0.12 mm)		
Galvanized steel, longitudinal seams, 760 mm joints(Wright, 1975)(0.15 mm)	Average	0.15
Galvanized steel, spiral, corrugated, 3600 mm joints(Kulkani et al., 2009)(1.74 mm)	Medium-rough	0.9
Fibrous glass duct, rigid		
Fibrous glass duct liner, air side with facing material(Swim 1978)(1.5 mm)		
Flexible duct, fabric and wire, fully extended		
Fibrous glass duct liner, air side spray coated(Swim, 1978)(4.6 mm)	Rough	3.0
Flexible duct, metallic(1.2 to 2.1 mm when fully extended)		
Concrete(Moody, 1944)(1.3 to 3.0 mm)		

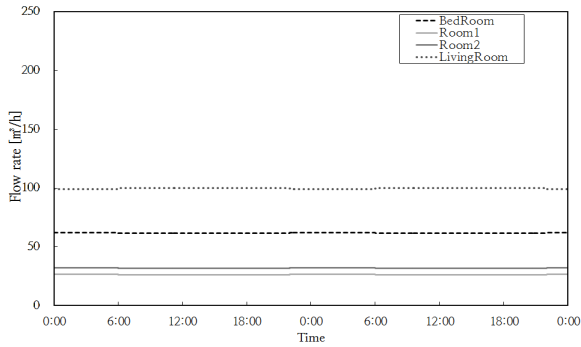


Fig. 9 Simulation result of duct modeling.

Table 5 Result of flow rate simulation in each room

	Design flow rate	simulation result	Difference rate
Bed Room	60	62.1	3.5%
Room1	30	26.5	11.6%
Room2	30	32	6.7%
Living Room	100	99.3	0.7%
Total	220	219.9	0.1%

입력변수로 덕트의 거칠기는 표의 아연도강판 거칠기 평균값인 0.15를 적용하였으며, 디퓨저와 연결되는 플렉시블 덕트의 경우 3.0을 입력하였다.⁽⁶⁾

또한, 프로그램의 “terminal data”에서 말단 손실계수는 default 값인 0.125를 입력하였으며, 이 프로그램에서 자동적으로 풍량 밸런스를 조절해주는 “Balancing terminal” 옵션을 설정하여 실제 현장에서 TAB를 통해 급·배기 풍량을 최종으로 설정하는 역할을 실행하였다. 이러한 설정 후 220 m³/h의 정풍량 급·배기 Fan을 운전한 결과는 다음 Fig. 9와 같이 실별 풍량이 운전되었으며, Table 5와 같이 설계 풍량과 실별 평균 4.5% 오차율로 설계 풍량에 근접한 결과를 나타내었으며, 이때 압력손실은 153 Pa로 산출되어 실제 적용되는 환기팬의 정격출력 범위의 기외정압인 100~200 Pa 이내⁽⁷⁾로 산출되어 시뮬레이션 모델링이 적절하게 구현된 것으로 판단된다.

5. 시뮬레이션 결과

수립된 제어전략은 모델링된 전열교환식 환기장치와, 덕트 및 센서, 전동댐퍼가 장착된 실별 환기 시스템에 의하여 구동되며, Fig 10과 같이 control node로 각각 구현되어 시뮬레이션이 실시되었다.

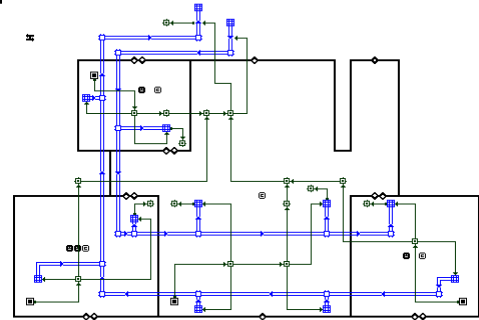
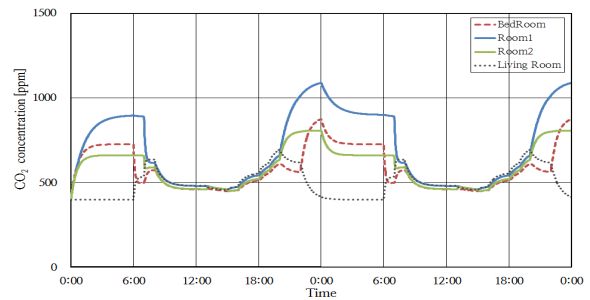


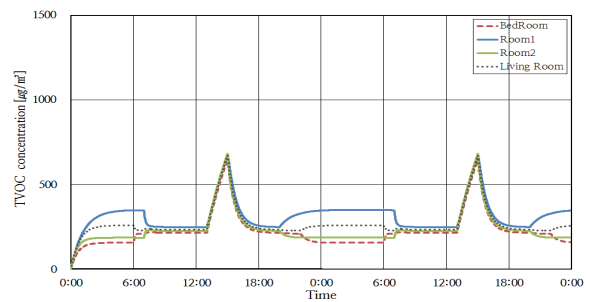
Fig. 10 Simulation modeling of control node by Contam3.0 Sketchpad.

5.1 실별 센서에 의한 환기장치 On-Off 제어

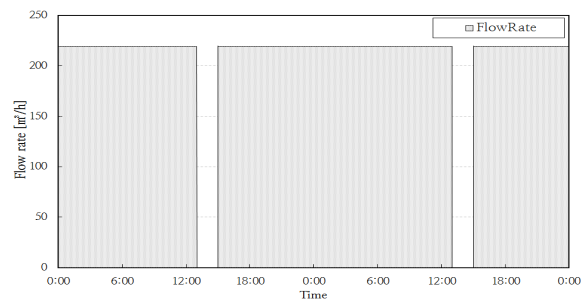
IR 센서에 의해 재실자의 재실여부를 판단하며,



(a) CO₂ concentration [ppm]



(b) TVOC concentration [µg/m³]



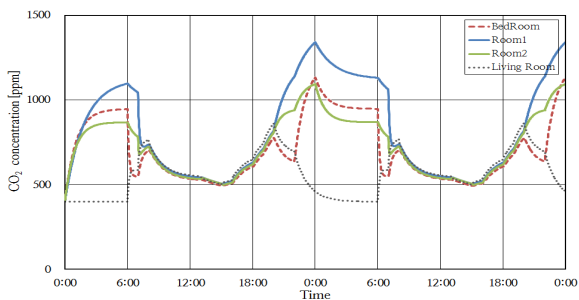
(c) Ventilation air flow rate result

Fig. 11 Simulation result of CASE 1.

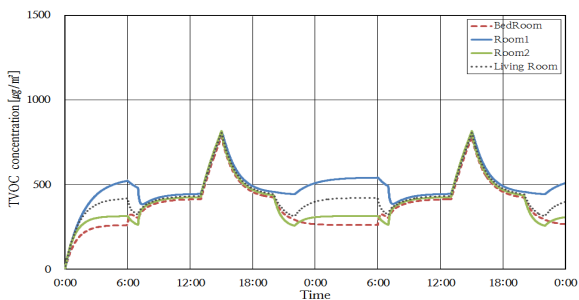
각 실에 위치한 센서에 의해 감지된 재실여부에 의해 한 개 센서에서 재실이 감지되면 환기장치를 가동한 결과 재실인원이 없는 2시간 외에 환기장치가 가동하여 CO₂ 및 TVOC가 연속환기와 같이 낮게 유지되었다. CO₂의 농도도 전실에서 기준이하의 농도로 유지 되었으며, 실 1을 제외한 모든 실에서 설정농도 800 ppm 이하로 낮게 유지되었다. TVOC 농도 역시 설정농도 아래로 유지되어 연속환기와 다름없었으며, 이러한 방법은 재실 빈도가 낮은 세대 외에는 지속적인 환기장치 가동으로 에너지 저감이 어려운 것으로 판단된다.

5.2 실별 센서에 의한 환기장치 풍량 비례제어

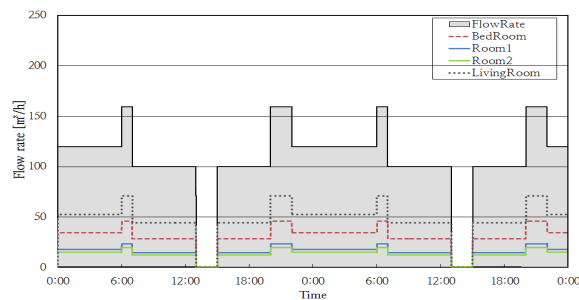
각 실의 IR 센서에 의해 실의 재실여부를 판단하



(a) CO₂ concentration[ppm]



(b) TVOC concentration[µg/m³]



(c) Ventilation air flow rate result

Fig. 12 Simulation result of CASE 2.

여 실별 풍량을 합산한 풍량에 비례하여 Fan을 제어하는 방식으로 제어한 결과 경과시간에 따른 농도의 변화는 Fig. 12와 같다. 취침 시 침실 및 각 실에 재실자가 있을 경우 실별 풍량의 합인 120 m³/h의 풍량이 각 실의 모든 디퓨저를 및 덕트에서 발생한 압력손실에 의해 분배되어 급·배기가 실시되었고 재실자가 없는 거실은 외기농도 수준으로 낮게 유지되었으며, 각 실은 재실 동안 농도가 상승하여 실1은 1,342 ppm까지 상승하였으나 취침에 의하여 방출강도가 낮아져 농도가 저감 되었다.

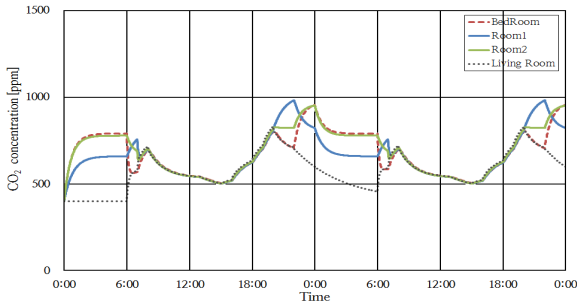
TVOC도 지속적인환기에 의해 기준이하거나 비슷한 수준의 농도를 유지하는 것으로 평가 되었다. 재실 시간동안의 평균농도는 침실은 CO₂ 농도 974 ppm, TVOC 267 µg/m³로 CO₂ 기준 농도 범위내로, TVOC는 설정농도 이하로 유지되었으며, 실2와 거실도 설정농도기준 이하로 유지되었다. 실의 재실인원이 1명인 낮 시간에는 거실의 풍량인 100 µg/m³의 풍량이 적용되었으며, 방문을 개방한 상태여서 디퓨저의 밸런스 와 상관없이 같은 농도 추세로 유지되었으며, 재실인원이 없을 경우 일시적으로 농도가 상승하였다.

환기장치로부터 가장 먼 실 1의 농도가 다른 실에 비해 높게 유지되었는데, 풍량 결과인 (c)처럼 환기 풍량이 감소됨에 따라 가장 먼 덕트 말단의 디퓨저까지 압력에 의한 풍량이 감소한 결과이다. 댐퍼 없이 환기장치의 급·배기 팬만 비례제어하여 실시한 결과 재실인원의 감소에 의해 환기량이 감소할 때 풍량에 따른 덕트 압력에 따라 풍량이 분배되기 때문에, 문을 닫은 상태에서의 농도제어는 모델링과 같이 정밀한 풍량 균형이 이루지지 않으면 풍량 불균형 현상으로 실별 농도제어가 성능이 저하될 것으로 판단된다.

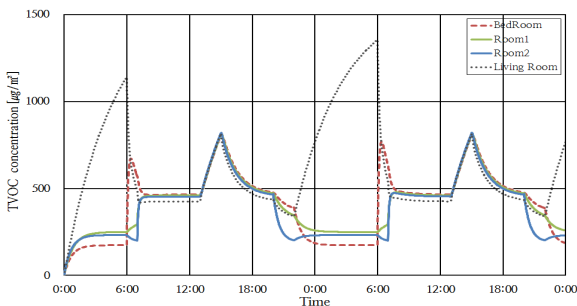
5.3 실별 센서에 개별 댐퍼 On-Off 및 환기장치 풍량 비례제어

각 실의 IR 센서에 의해 실의 재실여부를 판단하여 각 실의 급·배기 댐퍼의 개폐시점과 동시에 실별 적용풍량을 합산한 풍량으로 Fan을 제어하는 방식으로 제어한 결과 경과시간에 따른 농도의 변화는 Fig. 13과 같다

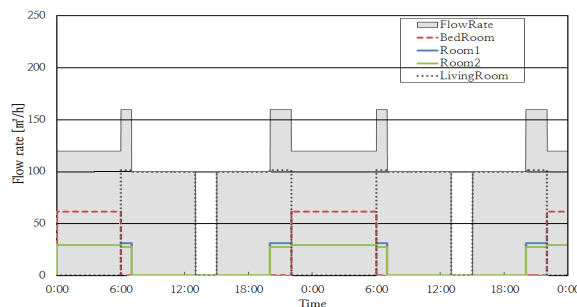
취침 시 침실 및 각 실에 인원이 재실하는 동안 연속환기가 실시되어 농도가 낮게 설정농도 내 또는 그 이하로 낮게 유지되었다. Fig 13(a)와 같이



(a) CO2 concentration [ppm]



(b) TVOC concentration



(c) Ventilation air flow rate result

Fig. 13 Simulation result of CASE 3.

재실시간의 평균 농도는 침실의 CO₂ 농도는 828 ppm, TVOC 194 μg/m³로 CO₂ 기준 농도 범위내로, TVOC는 설정농도 이하로 유지되었으며, 실 1와 실 2도 각각 CO₂ 764 ppm, TVOC 286 μg/m³와 CO₂ 818 ppm, TVOC 273 μg/m³으로 설정농도 이하로 유지되었다. 거실의 경우에는 취침 시에 재실인원이 없어 댐퍼가 닫힌 상태로 환기가 이루어지지 않아 TVOC는 1,333 μg/m³까지 상승하였다가 오전 환기에 의해 급격히 감소하였으며, CO₂는 환기 없이도 방출원이 없어 낮게 유지 되었다.

실의 재실인원이 1명인 낮 시간에는 거실의 풍량인 100 μg/m³의 풍량이 적용되었으며, 방문을 개방한 상태여서 댐퍼의 개폐와 상관없이 같은 농도 추세로 유지되었으며, 재실인원이 없을 경우 일시적

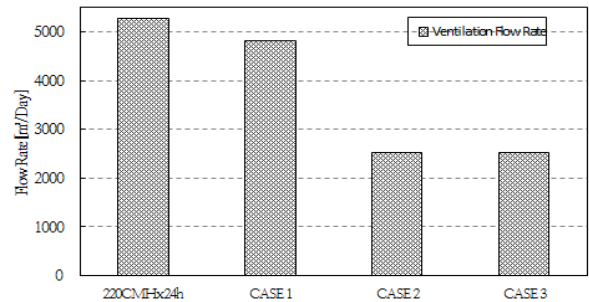


Fig. 14 Ventilation airflow rate per day [m³/day].

으로 농도가 상승하여 실별 댐퍼가 없는 CASE 2과 같은 추세로 유지되었다.

경과시간에 따른 환기풍량 및 실별 풍량운전 상태는 (c)와 같으며, CASE 2와 누적 환기 풍량은 동일하나 댐퍼에 의해 조절된 실별 풍량은 설계 풍량대로 정확하게 적용되어 재실농도가 낮게 유지될 수 있었다.

제어조건별 일일 누적 환기풍량의 결과는 Fig. 14와 같으며, CASE 1은 24시간 연속운전 시에 비해 하루 누적환기풍량이 9% 감소하였으며, CASE 2와 3은 52% 감소하여, 연속환기에 비해 에너지 저감효과가 클 것으로 예상되었다.

6. 결 론

공동주택의 환기장치의 사용을 원활하게 할 수 있는 환기장치 제어전략의 방법으로 일반적으로 적용되고 있으며, 비교적 가격이 저렴한, 적외선을 이용하여 재실여부 또는 인체의 동작여부를 판단하여 신호를 송출할 수 있는 IR(Infrared) Sensor를 이용한 DCV에 대하여 전략을 수립 후 시뮬레이션을 통해 적용성을 평가하였고, 결과는 다음과 같다

(1) 제어전략 CASE 1과 같이 각 실 센서 신호에 의한 환기장치 On-Off 제어의 경우 재실 스케줄이 동일하지 않고 구성원 각각이 다양하다면 환기장치가 계속 운전되어 과환기의 우려가 있다.

(2) CASE 2는 각 실의 재실여부를 검지하여 실의 풍량 합에 비례한 환기장치의 비례제어의 경우이며, 풍량제어는 재실여부에 의해 가능하지만 거주자가 재실하는 실에 필요한 풍량이 급·배기 될 수 없으며, TAB 여부에 따라 극심한 풍량의 불균형을 초래할 수 있다.

(3) CASE 2와 같이 각 실 센서에 의한 댐퍼 On-Off 제어와 전체 풍량에 대한 가동풍량의 비례로

환기장치가 제어되는 전략의 경우 재실과 동시 해당 실에 필요한 환기량으로 운전이 실시되었으며, 재실동안의 연속환기에 의해 CO₂와 TVOC의 농도가 낮게 유지 되었으며, 멀티 존 개념의 각 실에 설정된 풍량의 급배기가 가능하였다. 다만 재실동안의 연속환기에 의해 낮게 유지되어 환기량을 적절하게 설정하여 운전한다면 에너지 부담을 더욱 경감할 수 있을 것으로 판단된다.

이러한 IR 센서 기반의 DCV 평가 결과를 토대로 IR 센서 적용이 가능하며, 추후 다양한 센서기반의 전략이 평가되어 공동주택에 의무적으로 설치되는 환기장치의 최적운전을 통한 환경개선과 에너지 부담을 경감시킬 수 있으며, 공동주택 외의 건물에도 최적제어전략 및 적용방안에 대한 지속적인 연구 필요하다.

후 기

본 연구는 2011년도 경원대학교 지원에 의한 결과임.

참고문헌

1. Kim, H. J. and Park, J. S., 2009, Effects of Ventilation System Operation on Annual Energy Consumption in Apartments, Proceeding of Autumn Annual Conference of the Architectural Institute of Korea, Planning and Design.
2. ASHRAE, 2007, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, Standard 62.1-2007
3. Statistics Korea, 2009, Report of 'Average Timetable of Koreans', <http://kostat.go.kr>.
4. Hong, S. M. and Yoon, D. W., 2011, A CO₂ sensor based demand controlled ventilation strategies with multi-zone analysis in the apartment house, Journal of the Architectural Institute of Korea, Planning and Design, Vol. 27, No. 9.
5. Ministry of Environment, 2006, A study of the control method and the present maintain condition of the chemicals emitted from furniture.
6. ASHREA Handbook, 2009, Fundamentals, 21-27.
7. Hong, Y. S. and Yoon, D. W., 2009, A Study on the performance of Heat Recovery Ventilators for Houses, Proceeding of Autumn Annual Conference of the Architectural Institute of Korea, Planning and Design.