

# 실내공기질을 고려한 공동주택의 하이브리드 환기 시스템의 운영에 관한 연구

## A Study on the Operational Strategy for Hybrid Ventilation System in Apartment unit focused on Indoor Air Quality

이 용 준\*                      이 승 복\*\*                      이 경 희\*\*  
Lee, Yong-Jun              Leigh, Seung-Bok              Lee, Kyung-Hoi

### Abstract

This dissertation identifies and investigates the possible control modes of hybrid ventilation system in applying to general apartments. It evaluates range of hybrid ventilation control modes in terms of indoor air quality, thermal comfort, and energy consumption in a living room and a kitchen of the 1000m<sup>2</sup> apartment. The TRNSYS simulation program was used for evaluating the following four ventilation types : A ventilation mode relying on only infiltration for supplying air, A natural ventilation mode considering with weather condition, A hybrid ventilation (natural + mechanical ventilation) mode allowing minimum ventilation with no heat exchange, and a hybrid ventilation mode with heat exchange. This study shows the following results. As temperature being controlled by heating cooling equipments, there is without significant difference in thermal performance among ventilation types. Regarding Indoor Air quality, Indoor air contamination level of the hybrid ventilation case consistently keep the lower levels. The hybrid ventilation modes consume more energy by a 49% as compared to the A ventilation mode relying on only infiltration for supplying air. It is caused by the continuous ventilation for keeping good indoor air quality; the increase of energy consumption can be attributable to the increase of the heating energy. Therefore, the heat exchange between indoor and outdoor air is required during heating season in severe weather conditions. During the cooling seasons, Introducing natural ventilation can achieve energy saving by 40 ~ 45%. Thus, it can be an effective strategies for energy saving. Based on these results, a hybrid ventilation system can be suggested as an effective ventilation strategy for archiving high level of indoor air quality, thermal comfort, and energy consumption.

Keywords : hybrid ventilation system, control mode, apartment, indoor air quality, thermal comfort, heating & cooling energy consumption, TRNSYS simulation

### 1. 서 론

#### 1.1 연구의 배경 및 목적

최근 다중이용시설등의 실내공기질관리법의 시행과 함께 주거용 건물의 실내 공기질을 거주자 입주전에 공고 하도록 하면서 주거용 건물 특히 아파트의 실내공기질 관리에 대한 관심이 증대되고 있다.

이에 따라 주거용 건물에 대한 환기의 필요성이 급증 하고 있으며 실내 공기 오염물질의 제거를 목적으로 하는 상시환기 시스템의 적용이 적극적으로 시도되고 있다. 그러나 이러한 시스템은 대부분 기계 설비에 의존하고 있어 이에 따른 필연적인 에너지 소비의 증가가 예상된

다. 또한 외기를 도입하여야 하는 환기의 특성상 냉난방 기간동안은 실내 거주자들의 열쾌적에도 영향을 미칠 것으로 예상된다.

본 연구에서는 이러한 문제점들에 대한 대안으로 자연 환기와 기계환기를 조건에 따라 병용하는 환기 시스템인 하이브리드 환기 시스템의 적용 가능성을 검토하였다.

하이브리드 환기시스템의 적용을 위한 연구는 주로 업무용건물을 대상으로 진행되어 오고 있으며, 주거용 건물에 대한 적용가능성에 대해서는 아직 그리 많은 연구가 진행되지 못하고 있다. 이에 따라 국내의 기후 조건이나 공동주택의 실내 환경조건에 따른 하이브리드 환기 시스템의 적절한 제어 모드의 개발과 이에 따른 효과의 검증은 하이브리드 환기시스템의 적용가능성을 살펴 보는데 있어서 필수적인 단계라고 할 수 있다.

\* (주)이에이엔테크놀로지, 공학박사

\*\* 연세대학교 건축공학과 교수

또한 최근 국내에서 적용이 시도되고 있는 여타 환기시스템은 초고층 주상복합 건물이나 대형평형의 아파트를 주요 대상으로 하고 있기 때문에 중소형 평형의 일반적인 판상형 아파트에 대해서는 더욱이 비용 등의 측면에서 많이 제약이 따른다고 할 수 있다.

이에 본 연구에서는 가장 일반적인 규모의 판상형 아파트인 33평형 아파트의 거실과 주방 공간을 대상으로 하이브리드 환기 시스템의 적용을 위한 제어모드를 정립하고 이를 적용함에 따른 고려성능(실내공기질, 재실자 열쾌적, 에너지소비)을 TRNSYS 프로그램을 이용하여 평가하였다.

### 1.2 하이브리드 환기 시스템의 정의

환기의 목적은 크게 신선한 공기의 공급과 실내의 과열 및 과습의 제거라고 할 수 있다 이러한 환기의 목적을 달성하기 위하여 자연환기와 기계환기를 모두 이용하는 환기 시스템을 하이브리드 환기 시스템이라 할 수 있다. 그러나 단순히 두 가지 환기를 동시에 이용하는 것은 아니며, 다른 시간 다른 계절에 다른 기능으로 사용된다. 이러한 두 가지 환기 방식은 연중 계절에 따라 또는 하루 중에도 서로 다양하게 혼용될 수 있다.

두 환기 방법을 병용하기 위해서 연중 다양하게 변화하는 실내의 온습도 조건(에너지 소비 조건)과 열쾌적 조건에 따라 실외 환경을 최대한 유리하게 이용할 수 있도록 환기의 방법을 전환할 수 있는 제어모드가 적립되어 있어야만 하며, 어떤 조건에서 어떤 모드의 환기를 이용하느냐 하는 제어 모드가 하이브리드 환기시스템의 핵심적인 요소이다. 하이브리드 환기시스템과 일반적인 환기의 가장 큰 차이점은 이러한 제어 모드의 적용으로 자연 환기와 기계환기를 실내외 조건에 따라 자동적으로 전환함으로써 적절한 환기 효과와 함께 에너지 소비를 최소화할 수 있다는 것이다.

다음은 IEA에서 정의한 하이브리드 환기시스템의 정의와 목적 그리고 제어시스템의 목적이다.

#### ① 하이브리드 환기시스템의 정의

하이브리드 환기시스템은 실내의 열쾌적(indoor thermal confort)과 실내공기질(indoor air quality)을 적절하게 유지하면서 에너지 소비를 최소화할 수 있도록 자연환기와 기계환기의 두 가지 환기모드로 제어되는 시스템이다.

#### ② 하이브리드 환기의 목적

모든 하이브리드 환기시스템은 실내공기질의 유지를 위해 신선한 공기를 공급해야만 하며, 이에 더하여 운용되는 시간동안(working hours) 실내의 열환경 조절(thermal conditioning)과 열쾌적(thermal confort)를 위한 환기를 제공한다.

#### ③ 하이브리드 환기 제어의 목적

하이브리드 환기 제어 시스템의 목적은 가능한 최소한의 에너지 소비를 통하여 실내에서 요구되는 풍량(air flow rate)과 기류패턴(air flow pattern)을 제공하는 것이다.

상기의 정의를 기본으로 하이브리드 환기시스템을 가장 간단히 정의하면 ‘실내공기질을 만족시키면서 열쾌적과 에너지 소비를 최적화하기 위해서 자연환기와 기계환기를 병용하는 자동 제어 시스템을 갖춘 환기시스템’이라 할 수 있다.

## 2. 분석대상 건물

### 2.1 대상건물의 설정

본 연구에서 설정한 대상건물은 앞에서 언급한 바와 같이 일반적인 판상형 구조의 아파트 중 중형평형에서 가장 일반적이라고 할 수 있는 33평형 아파트를 대상으로 하였다. 다음의 그림1은 대상건물의 평면도이며, 표1은 대상 건물의 일반 사항을 정리한 것이다.



그림 1. 분석대상 아파트 평면

표 1. 대상 건물의 일반사항

소재지	서울
건물의 향	정남향으로 설정
건물의 형태	판상형 RC조 계단식 아파트
대상 세대 평형	33평형
층고 및 천정고	층 고 : 1~15층 2.6m, 16층 이상 2.8m 천정도 : 2.3m

표 2. 대상 건물의 사용자재 물성

구 분	두께 (mm)	열전도율 (w/m k)	밀도 (kg/m <sup>3</sup> )	비열 (KJ/kgk)	열저항 (m <sup>2</sup> k/w)
콘크리트	200	1.731	2243	0.84	0.117
경량콘크리트	100	0.173	641	0.84	0.587
물 달	13	0.415	1249	1.09	0.031
석고보드	20	0.727	1602	0.84	0.026
단열재	51	0.043	91	0.84	1.173
단열재	70	0.043	91	0.84	1.584
벽 돌	200	0.727	1922	0.84	0.279
중공층	0	0	0	0	0.16
마 루	25	0.121	593	2.51	0.207

표 3. 창호 및 온돌 규격

유 리		
유리 구성		이중 맑은 유리(4/16/4) 아르곤충전
열관류율(W/m <sup>2</sup> K)		1.4
차폐계수		0.569
표면대류 열전달율(kJ/hm <sup>2</sup> K)	실내	11
	실외	64
창 틀		
유리면적 대비 창틀면적(%)		15
열관류율(W/m <sup>2</sup> K)		8.17
일사흡수율		0.6
온 돌		
배관간 거리 (m)		0.1
외관의 외경 (m)		0.015
배관의 두께 (m)		0.002
배관의 열관유율(kJ/hm <sup>2</sup> K)		1.25

위의 표2와 표3은 대상건물의 사용자재 물성 및 창호와 온돌의 규격을 대상 건물의 설계도시를 기초로 조사하여 정리한 것이다.

다음의 그림2에서 그림4는 대상 건물의 기기발열, 조명발열, 인체발열을 나타낸 것이다. 설정한 채실자 스케줄은 대상 세대에 4인 가족이 거주하는 것으로 가정하여 주중과 주말로 나누어 설정하였으며, 각 실별로 안방은 부부가, 침실1과 2는 각각의 자녀가 사용하는 것으로 가정하여, 일반적인 등하교 시간(오전 8시에서 오후 6시)과 출퇴근시간(오전 7시에서 오후 8시), 식사 시간(오전 7시, 오후 1시, 오후 8시), 취침시간 (오후 11시에서 다음날 오전 6시까지)등을 감안하여 각 실별 채실 스케줄을 설정하였다. 또한 기기 및 조명 스케줄은 채실자의 채실 스케줄과 연동하였으며, 조명 스케줄은 오후 7시 이후를 기준으로 취침시간인 11시까지 그리고 기상시간인 오전 6시에

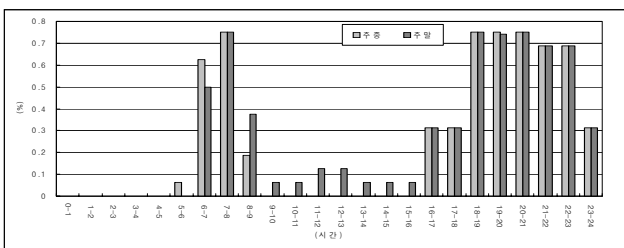


그림 2. 기기발열 스케줄

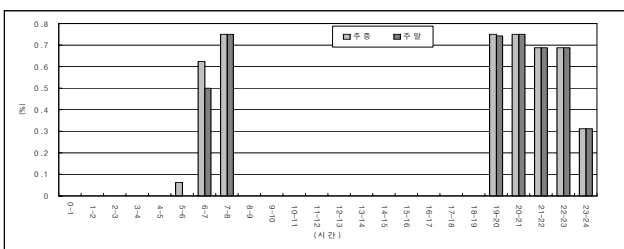


그림 3. 조명발열 스케줄

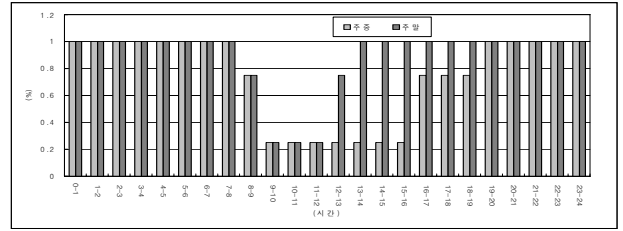


그림 4. 인체발열 스케줄

서 일출시간인 오전 8시까지 채실자 스케줄에 따라 연동하는 것으로 설정하였다.

조사된 대상 건물의 특징은 하이브리드 환기 시스템의 성능 평가를 위한 TRNSYS 시뮬레이션에 입력 조건으로 적용되었다.

### 2.2 대상건물의 실내공기질 특성

분석대상으로 설정한 건물과 동일 규모의 신축 아파트에 대하여 실내 공기질의 특성을 파악하기 위하여 간략한 실측을 실시하였다. 측정대상 실내공기 오염물질은 포름알데히드와 휘발성유기화합물이며 측정 결과는 다음과 같다.

측정결과는 포름알데히드의 경우 앞서 언급한 다중이용시설등의 실내공기질관리법에서 제시하는 권고기준인 0.12 μg/m<sup>3</sup>을 만족하고 있는 것으로 측정 되었으나, 휘발성유기화합물의 경우에는 500 μg/m<sup>3</sup>과 비교하여 5~8배 높은 오염농도를 나타내고 있는 것으로 측정되었다.

이를 기초로 하여 하이브리드 환기시스템의 실내공기질 관리를 위한 제어 대상 오염물질은 휘발성유기화합물로서 설정하였다.

표 4. 휘발성유기화합물(TVOC)의 측정 결과 (단위:μg/m<sup>3</sup>)

구 분	거실	주방
저 층	2926.4	2963.6
중 층	2901.6	2814.8
고 층	3534.0	3596.0

표 5. 포름알데히드(HCHO)의 측정 결과 (단위 : μg/m<sup>3</sup>)

구 분	거실	주방
저 층	0.00	0.00
중 층	0.05	0.00
고 층	0.02	0.00

표 6. 침기량 측정결과

구 분	CFM	환기회수(회/h)
저 층	10.37	0.22
중 층	10.42	0.22
고 층	10.63	0.22

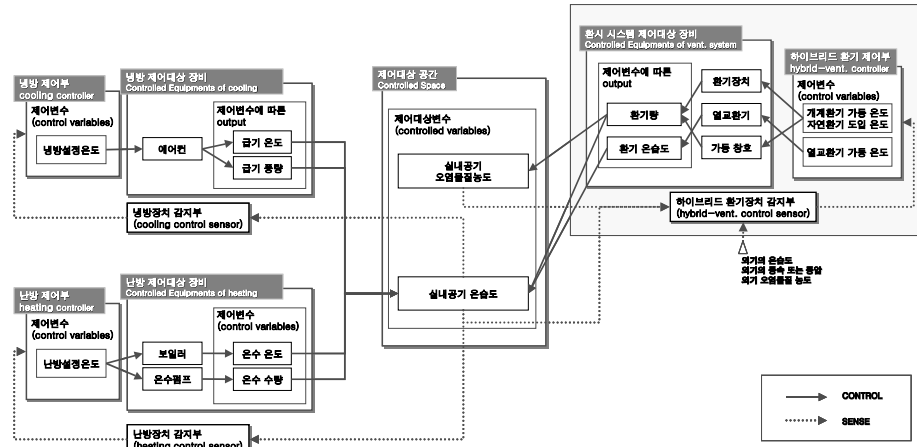


그림 5. 하이브리드 환기시스템 및 냉난방 설비의 관계도

제어 대상 오염물질의 방출특성을 계산하기 위하여 Blower Door를 이용하여 측정 대상 공간의 침기량을 측정하였으며 침기량은 평균 0.22 회/h의 침기 횟수를 나타내는 것으로 측정되었다. 이를 다음의 오염물질 제거를 위한 필요환기량 산출식에 대입하여 오염물질의 방출량을 역산하였다.

$$Q = m / Cr - Co \quad (1)$$

- 여기서, Q : 환기량 (m<sup>3</sup>/hr)  
 m : 오염물질 방출량 (mg/hr)  
 Cr : 실내의 오염물질 농도 (mg/m<sup>3</sup>)  
 Co : 실외의 오염물질 농도 (mg/m<sup>3</sup>)

시간당 단위면적당 제어대상 오염물질의 방출량은 0.403 mg/m<sup>2</sup>h으로 산출되었다.

2.3 대상건물의 냉난방 및 환기 설비 설정

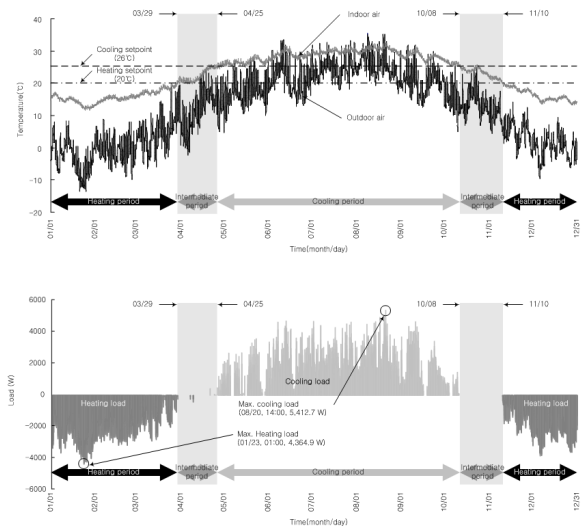


그림 6. 거실+주방의 냉난방 기간 및 최대 냉난방 부하

설정된 대상 건물의 냉난방 및 환기 설비를 설정하기 위하여 대상 건물의 최대 냉난방부하를 TRNSYS 프로그램을 이용하여 분석하였으며, 이를 기초로 하여 냉난방 설비의 용량을 설정 하였다.

본 연구에서 설정한 냉난방 설비는 일반적인 판상형 주거에서 사용되는 패키지형 에어컨과 온수 온돌을 이용하는 것으로 하였다. 이는 기존의 아파트에 추가적으로 하이브리드 환기 시스템을 적용할 경우에 대한 조건을 고려하기 위한 것으로 차후 설정된 하이브리드 환기 시스템의 제어모드도 냉난방 설비에 대한 제어는 제외하는 것으로 하였다.

또한 환기 장치의 사양은 기존에 제품화된 열교환겸용 환기장치 중에서 앞에서 언급한 측정에 의한 실내 오염물질의 방출에 따른 농도를 다중이용시설물의 실내공기 질관리법에서 제시하는 권고 기준 이하로 유지시키기 위한 최소 환기량을 산출하여 이를 공급할 수 있는 최소 용량의 환기장치로 설정하였다.

표 7. 분석 대상 건물에 적용 에어컨 사양

구 분	냉방 용량(W)	COP(w/w)	풍량(m <sup>3</sup> /min)
15평형 패키지 방식	6,000	3.14	15

표 8. 분석 대상 건물에 적용 보일러 사양

구 분	정격 용량 (kW)	효율 (%)	온 수 (Lit/min)
순간식 가스보일러	16,000	LNG : 85.3	Δt=25°C : 16.7
		LPG : 84.4	Δt=45°C : 10.4

표 9 분석 대상 건물에 적용 환기장치 사양

구 분	풍량 (CMH)	소비전력 (W)	온도효율 (%)		
현열 교환 환기 장치	일반 환기	특강	250	127	-
		강	250	85	-
		약	150	58	-
열회수 환기 장치	열회수 환기	특강	250	139	78
		강	250	106	78
		약	150	60	84

위의 그림5는 대상건물의 냉난방 기간 및 이에 따른 냉난방 부하 분포이며, 상기의 표7에서 표9는 설정된 대상 건물의 냉난방 및 환기 설비의 설정사항을 정리한 것이다. 그림6은 대상 건물의 공간에 설정된 장비의 상호 관계를 나타낸 것으로 본 연구에서는 음영으로 표시된 하이브리드 환기시스템만을 제어 하는 것으로 제어 모드를 설정하였다. 이에 따라 냉난방 설비는 기존의 각각의 제어 방식에 따라 실내 온도를 제어하고 하이브리드 환기 시스템은 실내외 온도 및 실내 공기의 오염물질 농도를 기준으로하여 필요 환기량을 조건에 따라 공급하는 것으로 설정하였다. 그 결과 환기에 의하여 영향을 받은 실내 온도의 변화에 따라 냉난방 설비가 제어 되고, 제어된 실내외 공기온도에 따라 환기 시스템이 제어되어 서로 영향을 주고받게 된다.

### 2.4 대상건물의 자연환기량 산정

본 연구에서 제안하고자 하는 하이브리드 환기시스템은 기계환기와 자연환기를 병용하는 것이 기본으로 이를 위해서는 대상 건물의 자연환기량을 산출하여 이의 도입에 따른 영향을 평가하여야만 한다. 이를 위하여 본 연구에서는 TRNSYS 프로그램의 환기량 산출 모듈인 type159을 이용하여 대상 공간에 유입되는 자연환기량을 산출하였다. 다음의 그림7은 대상 공간에 도입 가능한 자연환기량의 연간 분포이다. 이를 간략히 정리하면 표10과 같다.

표 10. 거실+주방의 자연환기량 특성

실 구분	최대환기회수 (회/hr)	최소환기회수 (회/hr)	연평균 (회/hr)
거실+주방	9.66	0.37	1.56

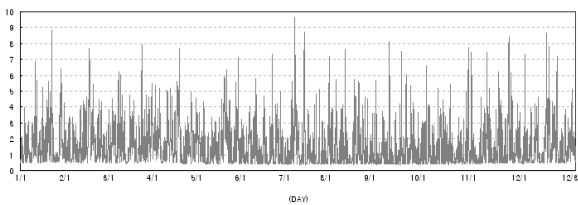


그림 7. 거실+주방의 연간 자연환기량 분포

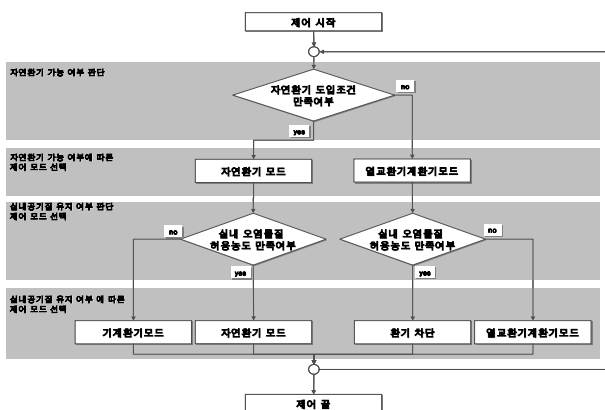


그림 8. 하이브리드 환기 시스템의 제어 흐름

### 3. 제어모드의 설정

#### 3.1 하이브리드 환기시스템의 제어흐름

본 연구에서는 고려 성능 중 실내공기질의 제어를 최우선으로 만족시키는 것으로 하였으며, 이와 함께 에너지 소비와 실내 열쾌적 성능을 최적화 하는 것을 제어의 목적으로 하였다. 이를 위하여 하이브리드 환기시스템의 제어 흐름을 설정하고 이에 따른 제어 변수들을 제어하는 알고리즘을 작성하였다. 위의 그림9는 설정된 제어 흐름을 나타낸 것이다.

표 11. 제어 성능에 따른 제어변수의 설정조건

제어변수 구분	설정 조건
환기장치의 가동설정농도 (Dset)	<ul style="list-style-type: none"> <li>실내오염물질허용농도 (Dstnd)</li> <li>환기장치가동 설정농도(Dset)</li> <li>실내공기오염 농도 (DIN)</li> </ul> <p>환기장치 가동을 위한 제어변수 설정조건 (DIN &lt; Dstnd)</p>
열교환기 가동을 위한 설정 외기온도 상한 (TsetexU)	<ul style="list-style-type: none"> <li>냉난방 설정온도 (난방 TsetH, 냉방 TsetC)</li> <li>균형점온도 (난방 TbalH, 냉방 TbalC)</li> </ul> <p>열교환기 가동을 위한                      ■ 설정외기상한온도 (TsetexU)                      ■ 설정외기하한온도 (TsetexL)</p>
열교환기 가동을 위한 설정 외기온도 하한 (TsetexL)	<ul style="list-style-type: none"> <li>열교환기 가동을 위한 제어변수 설정조건 (TsetexU ≤ TbalH and TsetexL ≥ TsetC)</li> </ul>
자연환기 도입을 위한 설정 외기온도 상한 (TsetnvU)	<ul style="list-style-type: none"> <li>냉난방 설정온도 (난방 TsetH, 냉방 TsetC)</li> <li>균형점온도 (난방 TbalH, 냉방 TbalC)</li> </ul> <p>자연환기 도입을 위한                      ■ 설정외기상한온도 (TsetnvU)                      ■ 설정외기하한온도 (TsetnvL)</p>
자연환기 도입을 위한 설정 외기온도 하한 (TsetnvL)	<ul style="list-style-type: none"> <li>자연환기 도입을 위한 제어변수 설정조건 (TsetnvU ≤ TbalH and TsetnvL ≥ TsetC)</li> </ul>

### 3.2 하이브리드 환기시스템의 제어 변수의 설정조건

위의 표11은 하이브리드 환기시스템의 제어 변수의 설정 조건을 정리한 것이다.

하이브리드 환기 시스템의 제어를 위한 제어 변수는 실내 공기질의 제어를 위한 실내공기의 오염물질 농도, 열교 환기 가동을 위한 실외 온도의 상한 및 하한 온도, 자연 환기 도입을 위한 실외 온도의 상한 및 하한 온도로 설정하였다.

실내외 습도 또한 에너지 소비와 열쾌적에 많은 영향을 미치고 있으나 일반적으로 관상형 공동 주택에 적용되는 냉난방 설비는 습도를 조절하지 않으며 설비 자체도 온도에 의하여 제어되기 때문에 하이브리드 환기 시스템도 온도만을 감지하여 제어하는 것으로 하였다.

열교환기의 가동과 자연환기 도입을 위한 외기의 상한 및 하한 온도는 동일한 조건을 적용하였는데 상한 온도의 경우, 실내 냉방 설정온도로, 하한 온도조건은 대상 건물의 난방 균형점온도로 설정하였다.

### 3.3 하이브리드 환기시스템의 제어모드의 설정

다음의 표12은 4가지 환경 조건에 따라 적용되는 하이브리드 환기 시스템의 제어 모드이다. 각 환경 조건에 따라 ‘열교환기계환기’, ‘자연환기’, ‘기계환기 모드’, ‘환기차단 모드’가 적용되는 것으로 설정되었으며, 이는 실내 공기질을 유지하기 위하여 일정수준의 환기를 지속적으로 공급하여야 하는 조건에서 실내 냉난방 부하를 최소화시킬 수 있는 실외 온도 조건에 따라 상기 4가지 제어모드가 적용될 수 있다.

표 12. 환경 조건에 따른 제어모드

환경조건	제어 모드	
<p>CASE 1.</p>	(열교환 기계환기 mode) 환기장치 : on 자연환기 : off 열교환기 : on	
<p>CASE 2.</p>	(열교환 기계환기 mode) 환기장치 : on 자연환기 : off 열교환기 : on	(자연환기 mode) 환기장치 : off 자연환기 : on 열교환기 : off
<p>CASE 3.</p>	(기계환기 mode) 환기장치 : on 자연환기 : off 열교환기 : off	(자연환기 mode) 환기장치 : off 자연환기 : on 열교환기 : off
<p>CASE 4.</p>	(열교환 기계환기 mode) 환기장치 : on 자연환기 : off 열교환기 : on	

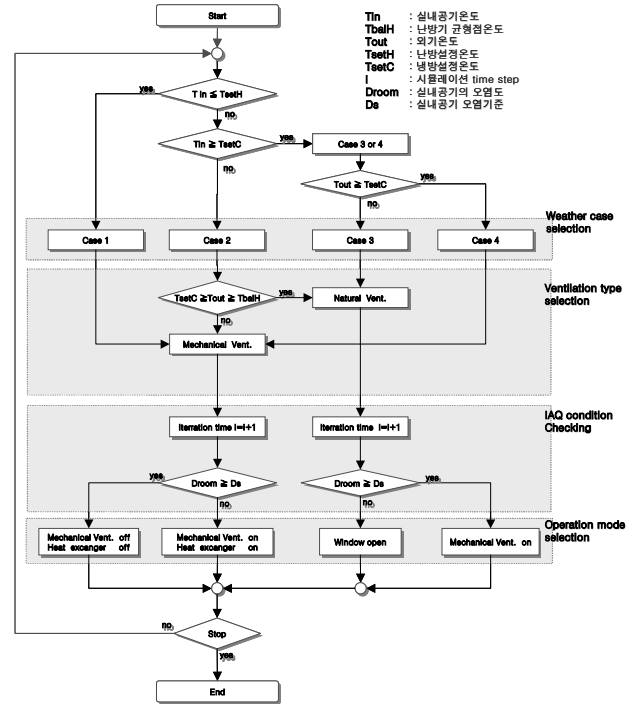


그림 9. 하이브리드 환기시스템 제어 알고리즘

### 3.4 하이브리드 환기시스템의 제어 알고리즘의 설정

앞에서 설정한 제어변수 및 변수 설정 조건 그리고 외부 환경 조건에 따른 제어 모드에 따라 하이브리드 환기 시스템의 제어 알고리즘을 작성하였다.

다음의 그림9은 본 연구에서 설정한 제어 알고리즘의 흐름도이다.

작성된 알고리즘은 우선 실내외 공기온도 조건에 따라서 4가지 기후 조건의 유형을 결정한 후, 실외공기온도 조건과 열교환 및 자연환기 변환을 위한 상하한 온도 조건을 비교하여 환기 제어모드를 결정한다. 이후 실내 공기의 오염물질 농도와 기준 농도를 비교하여 결정된 제어모드에 따라 환기를 공급할 것인지의 여부를 결정한다.

이와 같은 과정에 의하여 결정된 환기 모드를 적용하여 환기를 공급하며, 공급된 환기에 의하여 실내 공기의 오염농도와 공기온도가 영향을 받게 되고 이에 따라 냉난방 설비가 제어 된다.

제어된 실내 환경 조건과 실외 온도 조건 그리고 실내 공기질 조건에 따라 같은 과정이 반복되면서 각각의 조건에 따라 가장 유리한 환기 모드로 전환하면서 지속적으로 실내에 환기를 제공하도록 작성하였다.

## 4. 성능 평가

### 4.1 환기 분석대안의 설정

하이브리드 환기시스템의 성능과 비교하기 위하여 환기 분석대안을 비교 대안으로 설정하고 각각의 대안에 대하여 본연구에서 고려한 성능을 비교 분석하였다. 다음의 표13은 본 연구에서 설정한 비교 대안의 구성을 정리한 것이다. 설정된 대안은 환기장치를 설치하였느냐의

표 13. 분석 대안의 설정조건

구분	구 성	대안 구분
환기 장치 미설치	냉난방설비: 온수온돌 + 패키지 에어컨 환기 장치 : 미설치 (침기에만 의존)	S1 비교 대안
	냉난방설비: 온수온돌 + 패키지 에어컨 환기 장치 : 미설치 (자연환기 도입)	S2 비교 대안
환기 장치 설치	냉난방설비: 온수온돌 + 패키지 에어컨 환기 장치 : 기계환기+자연환기 (하이브리드 환기의 제어모드 적용)	H1 비교 대안
	냉난방설비: 온수온돌+패키지 에어컨 환기 장치 : 기계환기+전열교환기+자연환기 (하이브리드 환기의 제어모드 적용)	H2 제안 대안

여부와 자연환기를 도입하는가의 여부 그리고 열교환기를 적용하였느냐의 여부로 나누어 하나의 '제안대안'(H2)과 3개의 '비교대안'을 설정하였다.

4.2 시뮬레이션 입력 조건 설정

위의 표 14는 분석대안의 평가를 위한 시뮬레이션 프로그램(TRNSYS ver.15)의 입력 조건을 정리한 것이다.

표 14. 대안 성능 평가를 위한 시뮬레이션 입력조건

제어변수		입력 조건	비고
난방 설정온도		20℃	dead band ±0.5℃
냉방 설정온도		26℃	dead band ±0.5℃
하이브리드 환기 시스템	실내 공기질기준	0.5 mg/m <sup>3</sup>	다중이용시설물의 실내공기질관리법 권고기준
	자연환기 및 열교환 상하한온도	26℃	대상건물의 냉방설정온도
		8.3℃	대상 건물의 균형점온도
인체 쾌적성	대사량	1.2 met	매우 가벼운 작업
	착의량	0.6clo (하계) 0.7clo (동계)	-
	기류 속도	0.1 m/s	-
	외부일	0	-
기상데이터		서울지역 표준 기상데이터 (설비공학회, 1990)	
자연환기량을 위한 (type159) 입력 조건		풍압계수 : 정압 0.75, 부압 -0.5 discharge coefficient : 0.65	

5. 결 론

5.1 실내 열환경 및 열쾌적

각 대안별 실내 열환경 및 열쾌적 조건은 네 가지 분석 대안이 모두 냉난방 설비에 의하여 실내 온도를 조절하고 있기 때문에 크게 차이가 나타나지 않는 것으로 나타났다.

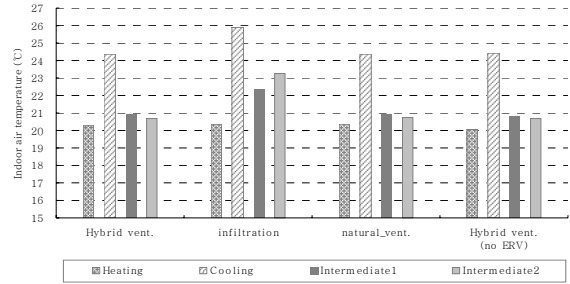


그림 10. 냉난방 기간에 따른 대안별 평균 실내온도분포

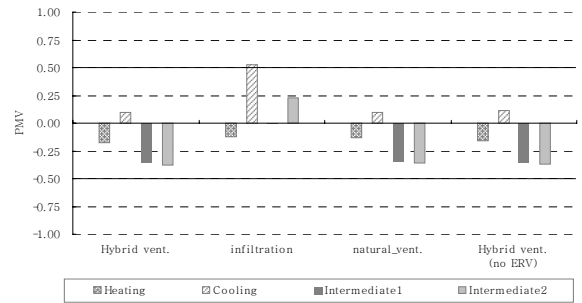


그림 11. 냉난방 기간에 따른 대안별 평균 PMV

5.2 실내 공기질

실내공기질은 환기의 도입 방법에 따라 매우 큰 차이를 보이고 있는데, 침기에만 의존하는 대안은(대안 S1) 연중 모든 기간에서 높은 실내공기 오염 농도를 나타내었다.

이에 비하여, 자연환기만 도입 하는 대안(대안 S2)은 자연환기가 도입되는 기간에는 실내 공기의 오염 물질 농도가 현저히 저감되나 자연환기가 중단되면 짧은 기간 내에 실내의 오염물질 농도가 상승하여 환기 이전의 상

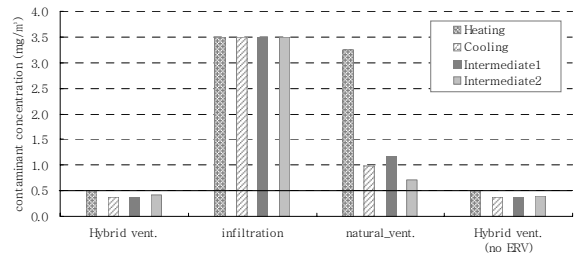


그림 12. 냉난방기간별 대안의 실내공기 오염농도분포

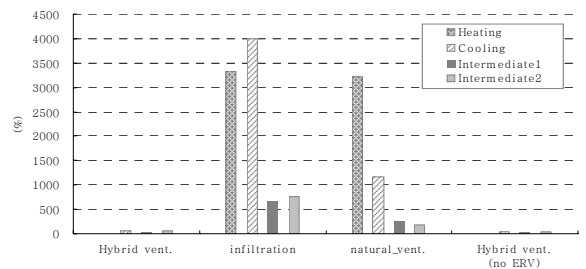


그림 13. 냉난방 기간별 전체 시간 대비 각대안의 실내공기 오염농도의 기준농도 초과 시간

태로 환원되는 것으로 나타났다.

자연환기와 기계환기를 병용하여 실내공기질의 유지를 위한 최소환기량을 공급하는 대안과 하이브리드 환기 제어 모드를 적용한 대안은 실내공기의 오염물질 농도를 지속적으로 기준 농도 이내로 유지하는 것으로 나타났다.

### 5.3 에너지 소비

에너지 소비의 경우 하이브리드 환기 제어 모드를 적용한 대안은 침기만 도입하는 경우에 비하여 연간 약 49%의 에너지 소비가 증가하는 것으로 분석되었다.

이는 외기 조건이 불리한 기간에도 실내공기질 유지를 위하여 최소환기량을 공급하기 때문으로, 증가된 에너지의 대부분은 난방에너지의 증가에 기인하는 것으로 평가되었다.

그러나 열교환 없이 기계환기와 자연환기를 병용하는 대안은 침기만을 도입하는 경우에 비하여 약 193%의 연간 에너지 증가를 나타내고 있어 외기 조건이 불리한 경우, 특히 난방기에 실내 공기와 도입 외기의 열교환은 필수적인 것으로 사료된다.

냉방 에너지만을 고려할 경우 자연환기를 도입함으로써 40%에서 45%의 에너지를 절감할 수 있는 것으로 분석되어 냉방기 및 중간기에 자연환기 도입은 에너지 소비 저감에 매우 효과적일 것으로 판단된다.

### 참고문헌

1. 이경희, 건축환경계획, 문운당, 1997.
2. 장현재, “自然換氣併用型 하이브리드 空調時에 空調方式과 오피스 室內條件의 變化가 室內環境에 미치는 影響”, 대한건축학회논문집, 2002년 9월, pp223-230
3. 인하대학교 건축환경설비연구실 편저, ‘TRNSYS를 이용한 건물에너지 해석’, 도서출판 건기원, 2004.1
4. Angelo Delsante et.al, ‘Hybrid ventilation-state of the art review’. IEA-ECBCS Annex 35 Hybvent, p7
5. Per Heisilberg, ‘Principles of Hybrid Ventilation’, Aalborg University Hybrid ventilation centre, Denmark, 2002
6. IEA Annex35 Hybvent
7. TRNSYS, A Transient System Simulation Program Reference Manual, Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin~Madison
8. TRNSSOLAR, TRNSYS TYPE 159 Interzonal change of air and pollutant exchange manual

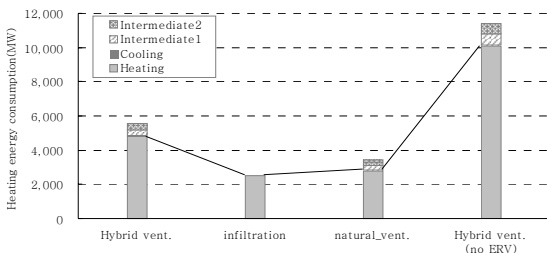


그림 14. 각 대안별 난방에너지 소비량

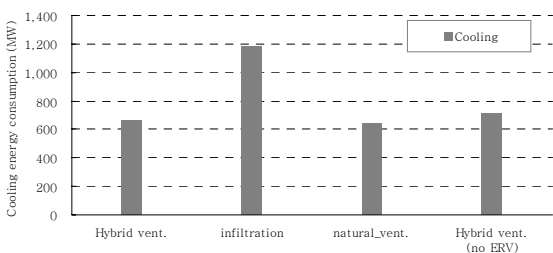


그림 15. 각 대안별 냉방에너지 소비량

상기와 같은 분석 결과, 난방 에너지 소비가 일부 증가하기는 하나, 연중 실내공기질과 열쾌적을 유지하는 조건에서 세가지 성능을 모두 고려할 때, 하이브리드 환기 시스템의 적용 가능성은 높은 것으로 판단된다.