

하이브리드 환기시스템의 운영 및 제어방식

이 동 주

경민대학 실용건축과(djrhee@kyungmin.ac.kr)

머리말

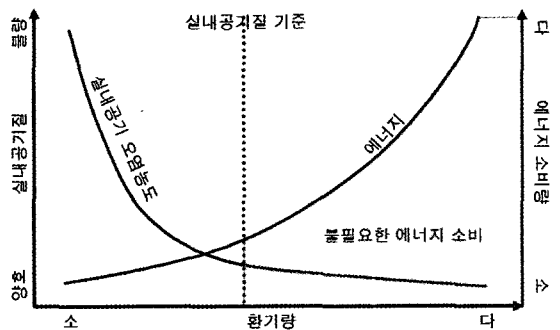
세계적으로 에너지 문제, 지구환경 문제로 인하여 에너지 절약적이고 환경친화적인 건축기법에 관한 관심이 높아지고 있다. 외부환경조건의 변화에 따라 적절히 제어할 수 있는 자연환기 또는 자연환기와 기계식 환기를 병용한 하이브리드(hybrid) 환기는 자연 환기방식의 한계인 불확실성을 극복하고, 공간의 환기요구를 만족시키면서 에너지절감 및 환경부하 절감에 상당 부분 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

자연환기시스템 또는 하이브리드 환기시스템은 주로 북유럽을 중심으로 에너지 절약적인 환기 및 공조의 방식으로 연구되어 왔으며, 최근에는 일본을 비롯한 아시아 지역에서도 그 적용가능성을 검토하고 있다.

하이브리드 환기시스템의 제어요소

하이브리드 환기시스템은 실내공기질을 만족시키면서 열쾌적과 에너지 소비를 최적화하기 위해서 자연환기와 기계환기를 병용하는 자동제어시스템을 갖춘 환기시스템이라 할 수 있다. 하이브리드 환기시스템은 환기의 주된 목적이 무엇이나에 따라 제어방법 및 운영방법에 많은 차이가 있다. 그러나 어떤 성능사항을 주된 목적으로 하든 환기량과 에너지 소비량 사이의 최적화는 반드시 필요하다(그림 1참조).

하이브리드 환기시스템에서 제어변수(control variable)와 제어대상변수(controlled variable)간의 상관관계를 설정하기 위해서는 공동주택의 냉·난방시스템 및 환기시스템의 운영과 상호 연관되는 요소들을 파악해야 한다. 환기시스템의 제어변수는 대상 공간의 실내공기질 뿐만 아니라 열쾌적과 냉·난방 에너지 소비량에 복합적으로 영향을 미치게 된다. 이에 제어변수와 실내외 환경과의 관계파악이 사전에 이루어져야 하며, 이러한 제어조건에 따라 제어모드를 수립하는 것은 중요한 고려사항이라 할 수 있다. 공동주택의 일반적인 냉·난방시스템과 환기시스템의 운영에 따른 시스템의 제어변수와 이에 따른 실내환경 및 에너지 소비에 영향을 주는 대상 실내공간의 제어대상변수 그리고 제어대상변수에



[그림 1] 환기량과 에너지소비량과의 관계



의하여 영향을 받는 실내환경 성능에 대해 정리하면 표 1과 같다.

- 제어조건에 따른 제 요소사이의 관계를 살펴보면,
- ① 환기장치모드에서 작동 기준이 되는 오염농도 허용치를 높이면 환기량은 줄어들어 에너지 소비량은 감소한다.
- ② 자연환기모드에서 외기도입의 기준이 되는 외기온도 설정조건을 높이면 실온 상승을 초래하

여 냉방에너지 소비량이 증가됨에 따라 같은 에너지를 소비하면서도 오히려 열쾌적도를 저하시킬 수도 있다.

- ③ 열교환기모드에서, 실내의 쾌적실온과 외기의 온도차를 크게 설정할 경우에는 열교환기를 통해 도입된 외기의 온도도 상대적으로 낮아지거나 높아짐에 따라 열쾌적을 해칠 수 있고 또한 이를 보상하기 위한 냉·난방에너지 소모량이 증가하게 된다.
- ④ 또한, 제어변수 설정의 변경에 있어 에너지 및 열쾌적 측면의 이익과 실내공기질의 향상은 상호 길항적인 경향으로 나타나게 된다.

하이브리드 환기시스템 운영에 따른 제어변수와 시스템 구성요소사이의 관계를 요약하면 그림 2와 같다.

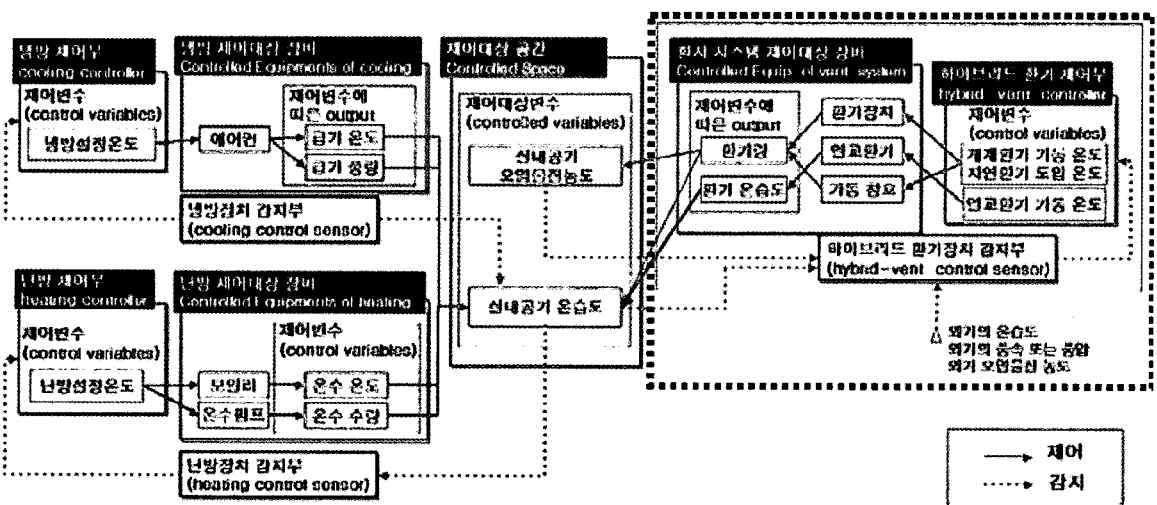
<표 1> 하이브리드 환기시스템의 제어변수

구분	장치	제어변수	대상변수	영향인자
하이브리드 환기	환기장치	실내 오염물질의 농도	실내온습도	에너지 소비 열쾌적
			실내오염물질 농도	실내공기질
하이브리드 환기	열교환기	실내외 온도	실내온습도	에너지소비 열쾌적
			실내외 오염물질 농도	실내공기질
하이브리드 환기	가동장치	실내외 온도	실내온습도	에너지 소비 열쾌적
			실내외 오염물질 농도	실내공기질
냉방	에어컨	냉 방 설 정 온도	실내온도	에너지 소비 열쾌적
난방	온돌난방	난 방 설 정 온도	실내온도	에너지 소비 열쾌적

하이브리드 환기시스템의 운영방식

자연환기 + 기계환기 방식

이 방식(그림 3 참조)은 자연환기 및 기계환기시스템의 적절한 전환에 초점을 둔 것으로 중간기에는 자연환기 시스템을 적용하고, 하계와 동계에는 기계환기시스템을 적용할 수 있도록 계획된 환기방식이다. 또한, 재실자수가 증가한 경우에는 기계환기시스템을 적용하고, 하계에 야간냉방을 위해서는 자연환기



[그림 2] 하이브리드 환기시스템 및 냉·난방 설비의 관계

방식을 선택적으로 사용할 수 있도록 되어 있다.

자연환기+보조팬 환기방식

배기 및 급기 용도의 저압의 보조팬을 자연환기와 결합한 형태로 자연환기의 구동력이 약하거나 환기량을 늘려야 할 기간에는 보조팬을 이용하여 환기량을 적절히 증가시킬 수 있다. 최근 가장 많이 개발·적용되고 있는 방식(그림 3 참조)이다.

연돌효과 + 기계환기방식

자연환기를 최대한 활용하기 위한 시스템 구성으로, 필요한 환기량의 일부를 자연환기로 담당할 수 있도록 조절가능한 방식(그림 3 참조)이다.

하이브리드형 환기시스템 개발현황

환기 및 실내공기질에 대한 지속적인 연구를 수행하고 있는 IEA¹⁾산하의 ECBCS²⁾에서 추진하고 있는 연구 과제를 살펴보면 최근의 연구동향은 다음과 같은 내용에 초점이 맞추어져 있음을 알 수 있다.

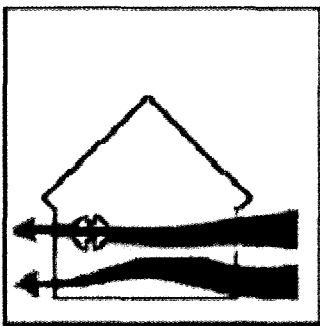
- 자연 및 기계환기 시스템을 적절히 조화시켜 실내공기환경의 효과적인 유지와 에너지소비량을 최소화할 수 있는 하이브리드 환기시스템(hybrid ventilation system)의 개발

- 재래의 환기개념에 renewable 및 hybrid technology를 결합
- 주거용 건물의 환기에 필요한 하이브리드환기시스템(hybrid ventilation system)의 평가 및 제어 방법 개발

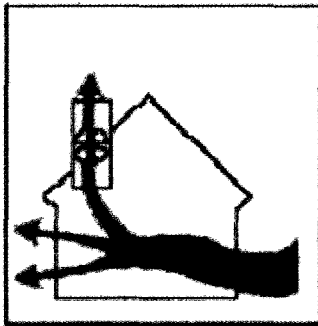
하이브리드 환기방식은 비교적 오랜 기간에 걸쳐서 도출된 환기시스템 개념으로 환기와 냉난방이 동시에 요구되는 건물을 대상으로 하는 에너지 절약적인 접근방법 중 하나이다. 그동안에는 주로 사무사용 건물에 활용되던 방식이었으나, 최근 유럽 및 일본을 중심으로 주거용 건물에 적용하기 위한 연구와 제품개발로 이어지고 있다.

European NatVent 프로젝트에서 개발한 하이브리드 환기시스템

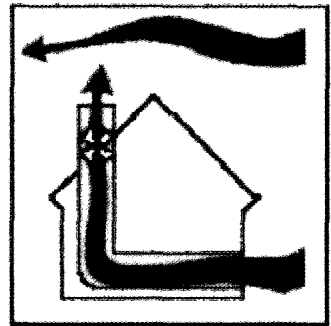
본 시스템은 European NatVent 프로젝트의 일환으로써 개발된 것으로 벨기에, 덴마크, 네덜란드, 노르웨이, 스웨덴, 스위스, 영국 등 7개국 9개 사업체의 컨소시엄에 의해 운영되고, 영국의 Building Research Establishment가 조정 역할을 맡았다. 시스템은 기본적으로 자연환기(온도차에 의한 부력 및 풍력)를 활용하도록 디자인되었다. 따라서 시스템 전반에 걸쳐 환기장치로 인한 압력저하가 최소화되도록 설계되었고 고효율의 급기용 보조팬, 정전기식



a) 자연환기 + 기계환기



b) 자연환기 + 보조팬



c) 연돌효과 + 기계환기

[그림 3] 하이브리드 환기시스템 개념

1) International Energy Agency
2) Energy Conservation in Building & Community Systems Programme



공기필터, 열교환기를 갖추고 있다.

그림 4는 European NatVent의 파일릿 시스템으로 3~4층의 집합주택과 사무소 건물에 적합한 환기시스템(환기 용량 400 l/s, 거주 인수 약 40인)으로 고안 되었다. 시스템 주요 구성요소는 다음과 같다.

- 루프유닛 : 열교환기, 필터, 보조배기팬, 풍압증폭형 배기유닛, 풍압증폭형 흡인유닛.
- 플로어 유닛 : 정전식 필터, 열교환기, 보조급기팬.
- 덕트시스템 : 3계층의 배기구 부착 배기 덕트.
- 3계층의 급기구 부착 급기덕트 : 급기시스템의 일부로서 단열수직덕트 본관이 루프유닛의 외기 흡입구와 플로어 유닛을 연결.

원활한 자연환기를 위하여 장치의 크기와 덕트계통은 압력손실을 최소화 하였고, 덕트내 풍속은 압력손실을 고려하여 수직덕트 본관내의 통과 풍속은 약 2 m/s, 수평덕트 내 통과 풍속은 1 m/s가 되도록 설계되었다. 한냉지의 경우, 쾌적한 온열 환경과 에너지절약을 실현하기 위해서는 열회수가 필요하다. 그러나 자연환기를 통한 구동력이 불충분한 경우 즉, 열회수장치에서의 압력손실로 인한 공기흐름이 부족할 수 있다. 이러한 경우에는 보조팬의 사용이 불가결하다. 한편, 외기도입구에는 풍압증폭셔터를 구비하고, 배기구에는 자연환기에 의한 구동력 증대를 목적으로 풍향계를 도입함으로써 팬동력을 절감토록 하였다. European NatVent 하이브리드 환기시스템은 압력 저하가 작기 때문에 팬의 회전속도가

최고속도의 50% 미만으로 억제되어 운전되므로 소음레벨이 낮아 귀에 거슬릴 정도의 소음은 전혀 발생하지 않는다. 이러한 장점에도 불구하고 현재로서 파일릿 시스템과 유사한 하이브리드시스템을 실용화하기 위해서는 선결되어야 할 과제가 적지 않다. 즉, 채용되는 덕트 및 환기컴퍼넌트의 크기가 기존의 기계환기시스템 보다도 커 많은 공간을 차지할 뿐만 아니라 초기설치비 증가로 인한 경제적 부담을 유지비용절감액으로 충분히 상쇄시킬 수 있는 정도로 발전시켜야 적용이 가능할 것이다.

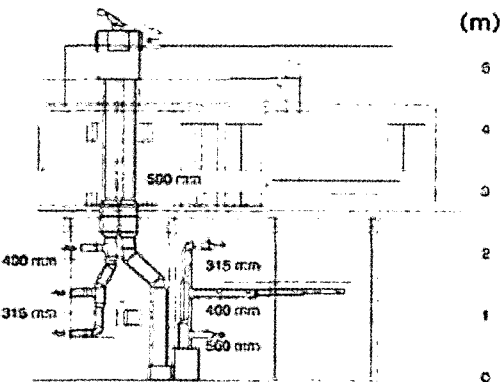
가지마 건설의 24시간 환기 시스템

일본 가지마 건설은 실내에 적용되는 건축자재의 선정은 물론 실내유해물질의 지속적인 농도저감을 목적으로 하는 24시간 환기시스템을 도입하였다. 24시간 하이브리드 환기시스템은 소량의 환기를 장시간 실시하는 것이 기본 개념으로 이를 위한 다양한 적용방법이 있다. 가지마 건설에서 실시하는 뉴플랫코어 방법을 포함하여 현재 적용되고 있는 환기시스템을 기능적 측면에서 살펴보면 다음과 같다.

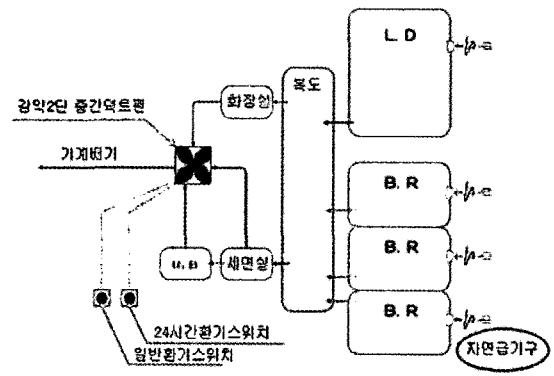
• 유틸리티팬에 의한 강제배기타입

위생(화장실, 욕실 등) 배기계통의 중간 덕트팬을 약운전 모드로 운전하여 배기하고 급기는 외벽에 설치한 자연급기구로 자연스럽게 급기하는 시스템.

• 거실에 급기팬 설치 타입



[그림 4] European NatVent 환기시스템 개념



[그림 5] 유틸리티 팬에 의한 강제배기 타입

거실외벽에 급기팬을 설치하여 강제적으로 급기하고, 배기는 위생용 덕트계통에 있는 배기팬을 약운전 모드로 운전하여 배기하는 시스템.

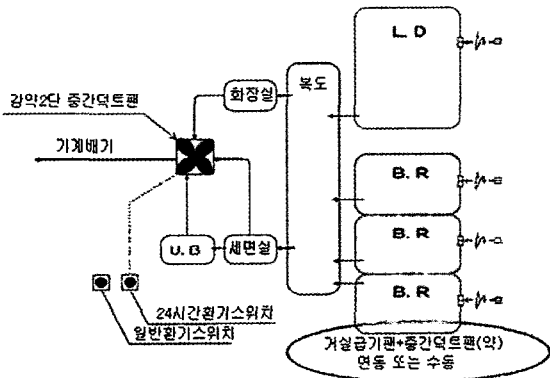
• 실내덕트 중간에 급기팬 설치타입

복도천장에 있는 덕트중간에 설치한 팬을 이용하여 거실에 덕트로 급기한다. 배기는 위생용 덕트계통 중간에 있는 배기팬을 약운전모드로 운전하여 배기하는 시스템.

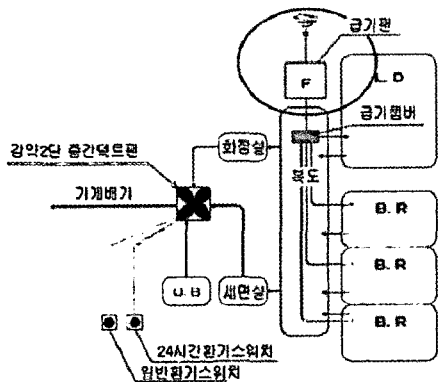
• 뉴플랫코어 강제 급배기 타입

공동주택 전체의 상시 소풍량 환기 시(강제급기, 강제배기)에 적용되는 시스템으로 주방용 배기팬, 급기팬, 위생배기팬을 내장한 환기유닛을 발코니 천

장에 설치하여 거실 전체를 상시 소풍량 환기하는 방식이다. 레인지후드와 거실의 급기경로 전환은 모터댐퍼를 이용하고 배기는 위생용 배기팬에 의한다. 실외기유닛이 위치한 발코니 전면부는 인근의 외벽보다 3배 정도의 동압이 걸려 정압이 감소되는 특성을 활용하여 급기구는 정압이 작용하는 부위에, 배기구는 동압이 작용하는 부위에 배치함으로써 작은 팬동력으로도 배기되도록 하였다(그림 7참조). 뉴플랫코어시스템은 거실 및 각 방에 한하여 급기를 하는 반면에 배기는 레인지후드 및 위생계통의 국소형 배기팬에 의하도록 되어있으나 실내의 차압을 30 Pa 이하로 유지하여 새시에서 발생하는 소음을 억제함과 아울러 실외 발코니 천장의 덕트계통에 소음기를 설치함으로써 팬 소음이 실내로 전파되지 않도록 하였다(그림 8, 9, 10 참조).



[그림 6] 거실 급기팬 설치 타입

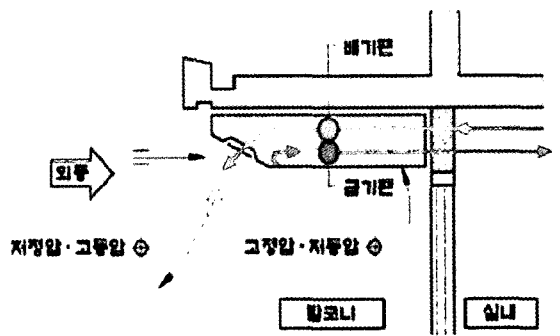


[그림 7] 실내덕트 중간에 급기팬 설치 타입

미쓰비시의 24시간 환기시스템

미쓰비시사는 주택에서 상시환기를 도입하도록 일본의 건축기본법이 개정된 취지에 따라 주택전체를 대상으로 하는 계획 환기가 필요함을 인식하고 환기 전략으로 다음과 같은 지침을 수립하였다.

- 24시간 상시 환기 : 주택전체를 24시간 환기하여 오염물질이 체류함 없이 항상 깨끗한 상태를 유지시킨다.
- 소풍량 환기 : 냉난방에 영향을 주지 않도록 소풍량으로 환기한다.
- 환기경로의 명확화 : 오염된 공기나 악취가 장시간 체류하지 않도록 주택 내 환기경로를 명확히 한다.

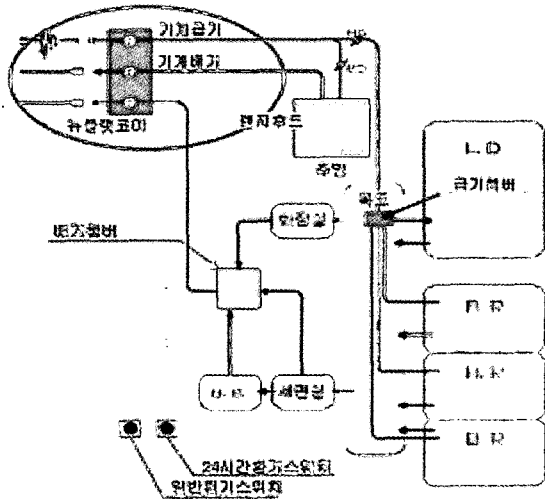


[그림 8] 뉴플랫코어방식의 실외기



이를 바탕으로 세대 내에 소량의 공기가 지속적으로 흐를 수 있도록 하는 계획 환기개념 하에 지역성(한랭지/준한랭지), 주택의 종류(단독/공동), 주택의 기밀성 등 3가지 적용기준을 복합적으로 고려한 주거용 24시간 환기시스템을 개발 보급하고 있다.

- ① 먼저 주택의 기밀성이 낮은 경우, 제2종 및 제3종 환기방식으로는 환기경로가 확보되기 어렵기 때문에 제1종 환기방식을 채택한다.

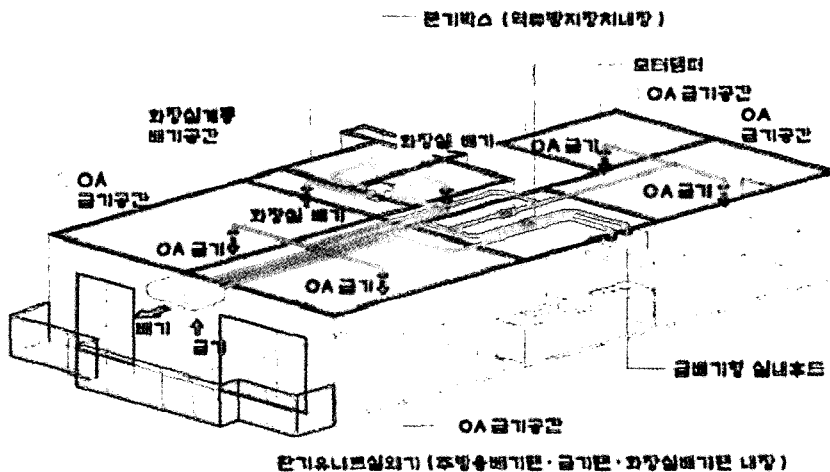


[그림 9] 뉴플로코어 시스템의 계통도

- ② 둘째로 제2종 환기방식은 자연배기구가 외풍의 영향을 받기 쉽고, 배기경로가 확보되기 어렵기 때문에 추천이 불가능하므로 배기용 환기계통과 조합하여 제1종 환기방식으로 전환하여 채택한다.
- ③ 셋째는 한랭지에서는 겨울철 콜드드래프트(cold draft)를 막기 위해 열교환방식을 채택한다.

다이세이 건설의 환기시스템

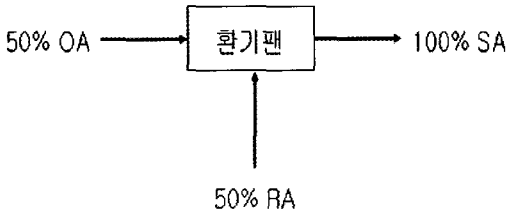
공기청정겸용 24시간 환기시스템으로 외기용 필터와 순환용 필터를 내장하였으며 외기용 필터는 표준필터와 NOx필터를 사용하였고 순환용 필터는 포름알데히드나 휘발성 유기화합물, 냄새 등을 제거하기 위한 활성탄 필터(carbon filter)와 곰팡이와 세균 제거를 위한 카테킨필터(catechin filter)로 구성되어 있다. 강제 급·배기 방식이며 덕트를 설치하는 방식과 덕트가 없는 무덕트 방식이 있다. 그림 11은 기본 개념을 나타낸 것으로 50%의 공기가 재순환되어 결로현상을 방지하고 재실자로 하여금 저온으로 인한 열적 불쾌감을 방지하고자 하였다. 그림 12는 덕트를 이용한 환기시스템으로 환기유니트를 설치하여 외기 및 실내공기를 각각 50%씩 흡입하고 필터링하여 공급하는 시스템이다. 그림 13은 무덕트 방식의 환기시스템 방식으로 환기유니트를 이용하여 덕트방식과 동일하게



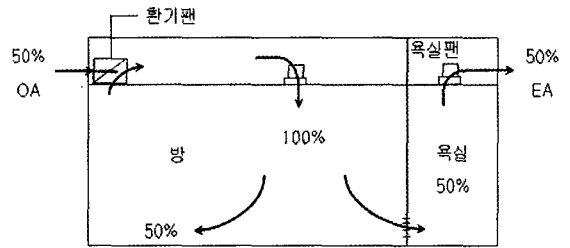
[그림 10] 가지마의 24시간 하이브리드 환기시스템

<표 2> 일본 가지마건설의 24시간 하이브리드 환기시스템의 기능별 비교

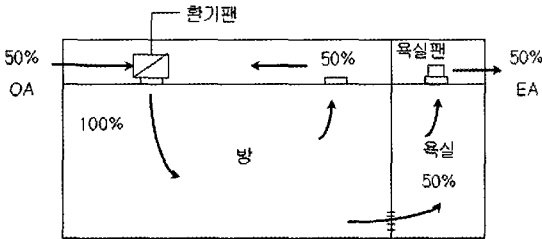
24시간 환기시스템의 종류	VOC 제거효과	에어뮌런스	기계소음	외부소음침입	황사분진대응	시공성
유틸리티 팬에 의한 단순 강제배기+ 자연급기 타입	△	△	○	△	△	◎
강제급기+유틸리티팬에 의한 강제배기 타입(거실외벽에 급기팬 설치형태)	○	◎	△	△	○	◎
강제급기+유틸리티팬에 의한 강제배기 타입(실내덕트 중간에 급기팬 설치형태)	○	◎	△	○	○	○
뉴플랫코어시스템 발코니 외부에 급·배기팬(열교환유닛)을 설치한 강제급배기 타입	○	◎	◎	○	○	○



[그림 11] 환기시스템 기본 계통도



[그림 12] 덕트방식 환기시스템



[그림 13] 무덕트방식 환기시스템

50%씩 외기 및 실내공기를 각각 흡입하여 100% 급기하는 방식이다. 두 방식 모두 인접한 욕실의 배기팬을 이용하여 외기인입 풍량 만큼인 50%를 상시 배기하게 된다.

맺음말

재실자의 건강을 확보하는 가운데 설치 및 유지비용이 저렴하며 성능이 우수한 환기시스템을 개발하기 위한 노력이 계속되고 있다. 하이브리드 환기시스템은 이러한 문제를 해결할 수 있는 주요 대안의 하나로서 에너지 절약적인 면 뿐만 아니라 운용적인 측면에서의 유연성과 유지관리비를 절감할 수 있다는 관점에서 매우 유용할 것이다. 그러나 아직까지 자연환기와 기계환기시스템을 효과적으로 통합운영할 수 있는 제어기법과 관련 요소기술이 완벽하게 제시되지 못하고 있는 바, 우리의 주거문화적 특성과 기후에 적합한 환기시스템의 연구·개발을 기대한다. ㉔