

하이브리드 환기설비의 적용사례

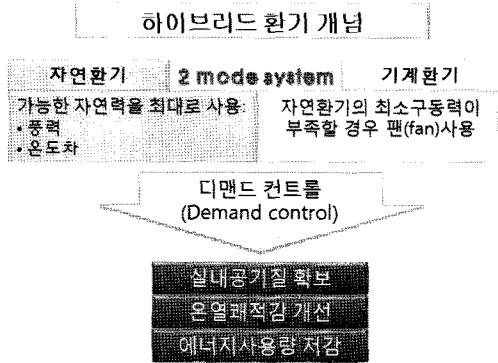
■ 이 윤 규 / 한국건설기술연구원 건축계획·환경연구실, yglee@kict.re.kr

하이브리드 환기의 개요

하이브리드 환기의 정의

하이브리드 환기는 자연환기(Natural ventilation)와 기계환기(Mechanical ventilation) 방식을 조화시켜 쾌적한 실내 환경을 제공하는 환기 시스템을 말하는 것으로, 외기조건과 실내 환경조건에 따라 각각 다른 시간에 각 시스템의 특성을 활용하는 것이다. 하이브리드 시스템에서 기계력과 자연구동력

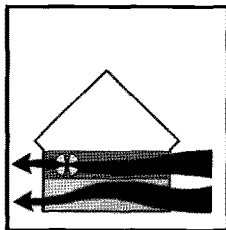
(풍력, 부력)은 두 가지 모드로 결합되며, 운전모드는 계절 및 각 시간대별로 변하게 된다. 따라서 운전모드는 외부환경을 반영하여, 외기가 가지는 실내 환경조절 능력을 최대한 활용할 수 있도록 작동된다. 기존의 환기시스템과 하이브리드 환기시스템의 가장 큰 차이점은 하이브리드 시스템이 에너지 소비를 최소화하기 위해서 자연환기 모드와 기계환기 모드를 자동적으로 전환할 수 있는 자동제어시스템을 가지고 있다는 점이다. 단, 하이브리드 시스템은 두 가지 모드, 즉 자연환기와 기계환기가 시간적으로 공존하지 않는 것을 원칙으로 한다. 예를 들어, 자연환기로 적정 환기회수를 확보하는 것이 불가능 할 경우에만 기계환기가 작동되고, 이 경우 기계환기에 방해가 될 가능성이 있는 자연환기는 정지된다.



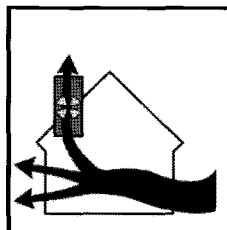
[그림 1] 하이브리드 환기의 개념

하이브리드 환기시스템의 유형¹⁾

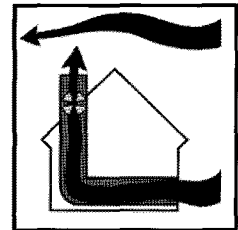
- 1) 자연 및 기계환기 병용시스템(Natural and mechanical ventilation)
: 자연 및 기계환기 설비가 외부환경조건(풍속, 온도, 엔탈피 등)에 따라 자동적으로 전환되는 가장 일반적인 하이브리드 환기시스템
- 2) 보조팬형 환기 시스템(Fan-assisted ventilation)



a) Natural and mechanical ventilation



b) Fan-assisted ventilation



c) Stack and wind-assisted mechanical ventilation

[그림 2] 하이브리드 시스템의 유형

1) IEA Annex 35(2002). Principle of Hybrid Ventilation. Aalborg Univ., Aalborg, Denmark.



: 급기 또는 배기용 보조팬과 자연환기설비가 연동되는 시스템으로, 자연구동력만으로 환기량이 부족할 경우에 급기 또는 배기 보조팬을 활용하는 환기시스템

3) 연돌효과와 풍압을 활용하는 환기 시스템 (Stack & wind-assisted mechanical ventilation)

: 자연적인 구동력(연돌, 풍압)을 효과적으로 최대한 이용하는 환기 시스템

하이브리드 환기의 적용 목적

실내 공기질 조절을 위한 환기(Ventilation for indoor air quality control)

환기의 가장 기본적인 역할은 실내에 신선한 공기를 도입하여 실내에서 발생한 오염물질을 제거함으로써 실내 공기를 항상 청정하게 유지하는 것이다. 거주공간의 필요 환기량을 결정하는 요인은 법적 환기량 또는 환기회수, 실내 공기질 상태에 따라 환기수요(Demand control)를 제어하는 방법 등으로 나눌 수 있다. 그러나 환기에 동반하여 겨울철 차가운 기류가 실내로 유입됨으로써 발생하는 콜드 드래프트(Cold draft)현상, 냉난방 부하의 증가, 건물 에너지 소모량의 증가 등을 고려하면, 법적 환기회수에 따르기 보다는 실내 공기질 상태에 기반하여 환기량을 결정하는 것이 보다 효율적이라고 할 수 있다.

환기와 관련된 모든 요소를 고려하여 가장 효율적인 환기를 실시하려면, 먼저 거주환경에서 오염원을 제거하거나 발생량을 최소화하는 것이 가장 유효한 방법이다. 그리고 환기에 따른 냉난방 부하를 줄이기 위해서는 열회수 시스템(Heat recovery system)을 사용하거나 건축적인 방법(예를 들면 이중외피, 구체냉각, 구체축열)을 통해 열을 보상하는 방법이 있다. 또한, 환기팬에 요구되는 에너지를 최소화하기 위해서는 압력손실을 최소화하도록 덕트를 제작하고, 풍력과 부력 등 자연적인 구동력에 의해 환기가 이루어지도록 계획하는 것이 중요하다. 그리고 외기조건이 양호한 중간기(봄, 가을)에 외부풍속에 의해 환기가 원활하게 이루어 질 수 있는 경우에는 환기량을 증대시켜 별도의 에너지소비 없이 실내 공기를 청정하게 유지할

수 있도록 환기 시스템을 설계하여야 한다.

실내 온도 조절을 위한 통풍(Ventilation for temperature control)

하이브리드 환기가 친환경성을 가지는 이유 중의 하나가 외기도입을 통해 실내 환경을 조절할 수 있다는 점이다. 하이브리드 환기는 기본적으로는 실내 공기질을 조절하기 위해 환기를 실시하지만, 외기조건에 따라서는 도입 풍량을 실내 공기질 조절에 요구되는 필요 환기량 이상으로 유입하여 실온을 조절하는 역할을 기대할 수도 있다. 특히 외기조건이 양호한 중간기, 즉 외부의 온·습도가 실내에 비해 쾌적한 계절에는 유입 외기량을 필요 환기량 이상으로 하여 실내의 공기질을 청정하게 하는 것은 물론 실내의 열을 제거하여 실온을 쾌적한 상태로 제어할 수도 있다. 또한 비교적 고온다습한 여름철의 경우에도 야간에는 외기온도가 실온보다 낮아지는 시간대가 발생하기 때문에, 이 시간대에 실내로 외기를 도입하여 실내에 정체되어 있는 열을 제거하고 건물 구조체를 냉각시켜 구조체에 적체되어 있는 축열성분을 제거한다. 보통 여름철 아침시간대에 냉방을 시작할 경우, 구조체의 축열성분에 의해 실온이 쾌적한 상태에 이르기까지 다소 많은 시간과 냉각량이 소요되지만, 이러한 야간환기를 통한 냉각을 이용하면 빠른 시간 내에 실내를 쾌적하게 제어할 수 있으며 에너지 소비도 절감할 수 있다. 이러한 개념을 야간축열냉각(Night time ventilation)이라고 한다.

이처럼 여름철 야간의 환기를 통한 구조체 냉각은 인공적인 냉방시스템이 없는 건물에서 거주자의 열적 쾌적성을 향상시키기 위해 사용하는 중요한 방법이며, 냉방시스템이 구비된 건물에서도 에너지 절감 차원에서 많이 시도되고 있는 수법이다. 이러한 효과가 실현되기 위해서는 건물 구조체가 충분히 축냉될 수 있도록 설계되어야 한다.

하이브리드 환기의 구성요소 및 제어방법

하이브리드 환기와 관련하여 하이브리드 환기시스템이라는 별도의 전용설비가 존재하는 것은 아니다. 하이브리드 환기가 자연환기와 기계환기가

통합된 시스템이기 때문에 기존의 자연환기와 기계환기에 적용되는 시스템이 동일하게 사용되어진다. 하이브리드 환기시스템 하에서 자연환기와 기계환기의 두 가지 시스템이 모두 효과적으로 운전되기 위해서는 다음과 같은 사항을 검토하여야 한다.

- 압력손실이 적은 덕트
- Frequency control 또는 Air-flow control 등의 제어논리를 구비한 저압력 팬
- 압력손실이 적은 열교환기와 필터
- 배기를 촉진하는 Wind tower 및 Solar chimney
- 도입외기의 온도보상을 위한 지중덕트 또는 천정구조
- 환기와 관련하여 실내 공기질, 열쾌적성, 기류 분포를 조정하기 위해서 요구되는 장치로 외벽 및 내벽에 설치되는 수동 또는 자동 개폐창, 통기구와 실온센서, CO₂센서, 풍속센서 등의 기상계측 및 조절기능이 있는 컨트롤시스템

하이브리드 환기시스템의 제어는 시간과 유입공기량 조절로 결정된다. 하이브리드 환기에서는 외기조건에 따라 각각 다른 제어방법이 선택되어야 한다. 그러나 실제 환기시스템의 제어는 환기관련 법규, 건물사용자의 환기 수요, 건물 소유자의 요구 등을 반영하여 결정해야 할 것이다. 다음은 하이브리드 환기시스템과 관련된 제어 내용이다.

- ① 재실 시간의 실내 공기질 제어(IAQ during occupied hours)
 - 거주자에 의한 수동 제어
 - 간이 타이머에 의한 제어
 - 인체 감지 센서(Human motion detection or Occupants presents)에 의한 제어
 - 실내 공기질의 직접 측정 결과에 따른 제어
- ② 비 재실 시간의 실내 공기질 제어(IAQ during non-occupied hours)
 - Built-up pollution을 제거하기 위한 비 재실시간에 대한 환기
 - 건축자재에서 방출되거나 일상적으로 사용되고 있는 생활용품에서 방출되는 화학물질을 배출하기 위한 비 재실시간에 대한 환기
 - 아침 출근 시간 전 건물에 신선공기를 공급하

기 위한 환기

한편, 하이브리드 환기시스템에서 유입 외기량 및 자연환기 모드에서 기계환기 모드로의 전환은 주로 외기온도와 습도, 풍속 등을 기준으로 하고 있다. 외기 엔탈피가 실내 설정 엔탈피에 비해 높을 때에는 벤트슬릿과 같은 자연환기 장치에 있는 유입공기량 조절장치(댐퍼)를 적정하게 조정해 최소환기량만을 유입하게 된다. 하지만 창문을 사용하는 경우나 자연환기 장치에 댐퍼가 없는 경우에는 기계환기 모드로 전환되어 최소환기량만을 실내로 도입하게 된다.

하이브리드 환기 시스템에서는 외부풍속에 따라 제어모드의 변환이 요구된다. 외부풍속이 약한 경우에는 자연환기를 통해 실내의 필요환기량을 충족시킬 수 없기 때문에 제어모드는 자연환기 모드에서 기계환기 모드로 전환되어 실내에 일정 환기량이 확보되도록 제어된다. 외부풍속이 지나치게 강한 경우에는 자연환기 장치에 설치된 댐퍼를 통해 유입공기량이 조절될 수 있으나, 댐퍼가 없는 경우에는 기계환기 모드로 전환되어 일정량만 실내로 유입되게 된다. 그러나 외기조건이 양호한 중간기(봄, 가을)의 경우에는 외부풍속이 약간 강하여 자연환기를 통해 실내로 유입되는 공기량이 필요환기량 이상이 되는 경우에도 자연환기 모드는 지속된다. 유입외기를 통해 실내공기질 개선뿐만 아니라 실내 냉방에도 이용할 수 있기 때문이다.

하이브리드 환기의 해외 적용 사례

ANNEX 35

ANNEX 35 HybVent 연구에서 정의하고 있는 하이브리드 환기시스템의 분류방식에 따른 적용 사례를 살펴보면 다음과 같다.

- 자연 및 기계환기 병용시스템 : Liberty Tower, Meiji Univ., Tokyo (Japan)
- 메이지대학의 리버티타워는 “도심형 대학”의 모델로 계획된 것으로 최대 특징은 도심에 위치한 고층형(지상 23층, 지하 3층) 학교 건물로 자연환기 방식을 채용했다는 점이다. 또한, 대학 건물의 특성상 재실 밀도가 높으며 도심부 대학 건물이라는

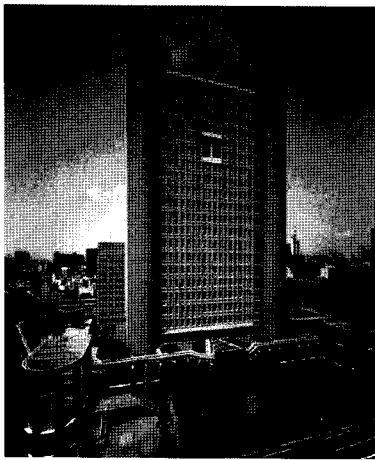


면에서 정보시스템, OA시스템 등으로 인해 연간 냉방 부하가 높다. 이에 따라 중간기에는 자연환기를 통해 냉방부하를 줄임으로써 에너지 절감을 시도하였다.

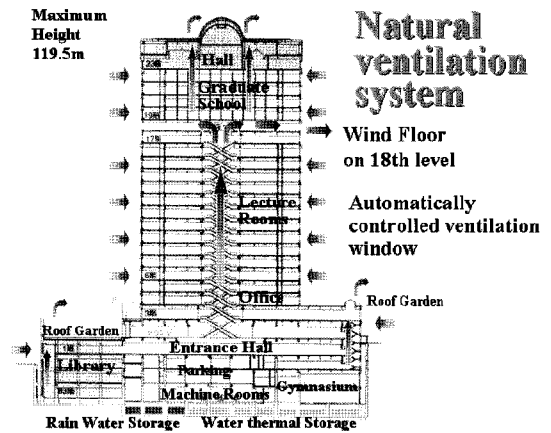
리버티타워는 주변에 고층 건물이 없어 통풍이 잘 되는 대지 특성에 따라 고층 건물임에도 불구하고 거의 전 실에 원격 자동개폐형 자연환기 시스템을 도입하고 있다. 학생들의 교실이동을 위해 1층에서 17층까지 설치된 에스컬레이터를 이용하여 연돌효과에 의한 자연환기를 도모하고, 상승된 열 및 오염물질은 18층에 설치된 통기층(Wind Floor)을 통해 배출된다. 그리고 19층 이상의 대학원 연구실 및 강의동에는 별도의 상하환기구를 통해 23층 레벨에서 배기되도록 하고 있다.

각 실의 환기창은 실내 온·습도와 외부 온·습

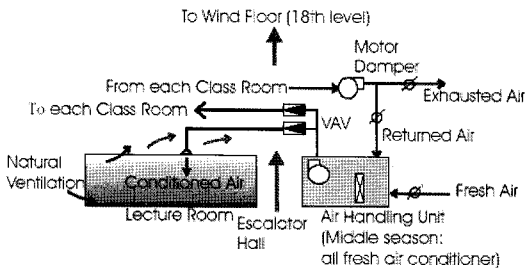
도 센서, 우량센서, 외부풍속 센서 등의 정보를 기초로 자동개폐되며, 환기창은 인접도로의 교통소음에 대비하여 차음성능을 가지도록 설계되었다. 환기창은 자동제어에 의해 작동되며, 환기를 통해 실내 축열성분 및 공기오염 물질을 제거한다. 자연환기만으로 부족한 경우에는 공조(AHU)로 보충하는 하이브리드 공조제어를 통해 자연환기의 에너지절감 효과를 최대화하도록 계획하였다. 1999년 4월부터 11월까지 BEMS에 의해 측정된 결과를 보면, 자연환기 회수는 외부풍속과 풍향 및 계절에



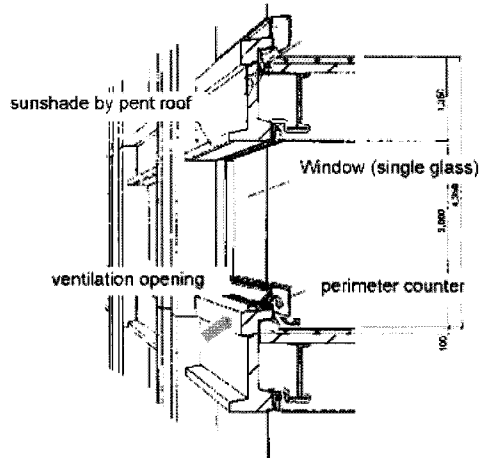
[그림 3] 리버티타워의 전경



[그림 4] 건물환기의 개념도



[그림 5] 하이브리드 환기제어개념



[그림 6] 시스템 상세

다른 차이는 있으나 약 3회/h 전후였으며, 자연환기창의 개폐시간은 대략 연간 500 ~ 600시간으로 나타났다. 이 때, 자연환기를 통한 에너지 절감 효과는 연간 17% 정도인 것으로 분석되었다.

• 보조팬형 환기 시스템 : Bang & Olufsen Headquarters, Struer (Denmark)

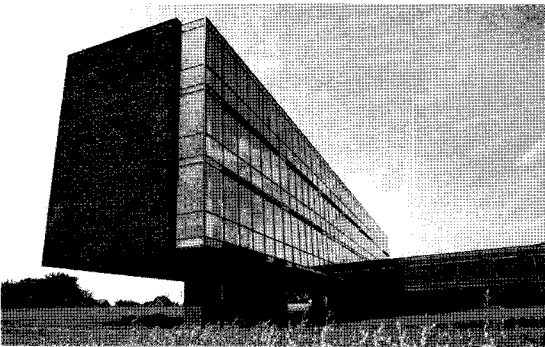
Bang & Olufsen 본사 빌딩은 바닥면적 1,650 m²의 3층 오피스 건물로 1998년 덴마크의 Struer 지역 교외에 건설되었다. 건물의 북측 파사드는 전면 유리 마감으로 각 층의 하부에 환기창이 설치되어 있으며, 남측 파사드의 각 층 상부에는 거주자가 임의로 개폐 가능한 창이 설치되었다.

건물내로 유입된 외기는 계단실을 통해 옥상에 설치된 배기탑에서 배출되며, 배기탑에는 팬이 설치되어 있다. 환기창은 온도 및 CO₂ 농도에 따라 개폐가 제어된다. 적정 환기량(동계 1.5회/h, 하계

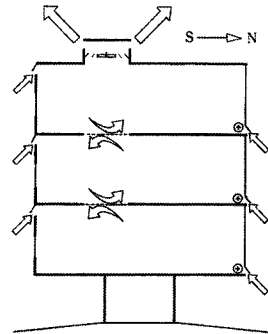
3회/h)이 확보되지 않은 경우에는 배기탑 내부의 팬이 가동되어 배기탑 내의 공기 속도가 설정치가 되도록 제어하고, 이에 따라 적정 환기회수를 확보하게 된다. 또한, 환기시스템은 외기온도가 5℃ 이하일 경우에는 난방 배관의 동결 방지를 위해 우천 또는 강풍 시에는 정지되도록 하였다.

환기창에서 실내로 도입되는 공기는 외기 유입구에 설치되어 있는 난방코일에 의해 실온보다 약간 낮은 온도까지 예열되어 실내에 도입된다. 여름철 야간의 경우는 패시브쿨링을 위해 자동적으로 환기창의 개폐가 제어된다. 이 건물의 하이브리드 환기시스템 초기 설치 비용은 기존의 환기시스템에 비해 약 60% 정도로 경제적이다. 치환환기를 통해 실내 공기질은 청정한 상태로 유지가능하며 각 실의 환기효율 또한 상당히 높은 것으로 나타났다.

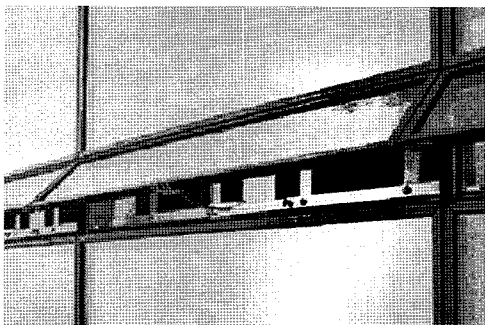
2000년 2월부터 1년간에 걸쳐 BEMS시스템을 통해 모니터링을 실시하였는데, 당초 CO₂농도 설정



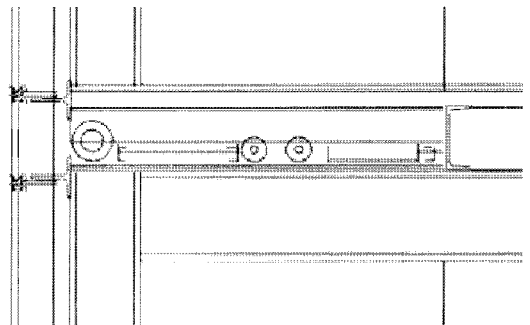
[그림 7] Bang & Olufsen 건물 전경



[그림 8] 환기시스템 개념도



[그림 9] 적용된 환기창의 상세도





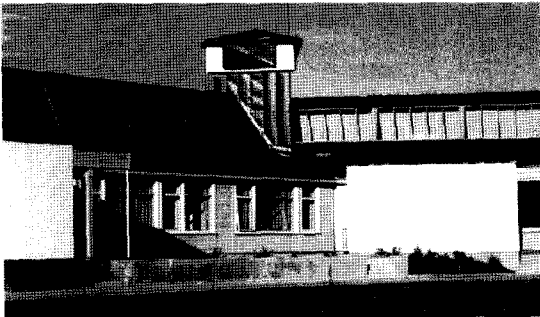
치를 600 ppm으로 하였으나 환기량이 과다한 것으로 판명되어 7월부터는 설정치를 1,000 ppm으로 변경하였다. 실온이 설정온도 25℃를 초과할 경우에는 CO₂제어를 온도제어로 전환하도록 하고 있다. 준공 후, 최초 3년간은 외기도입구 댐퍼 및 배기댐퍼가 제대로 작동되지 않아서 침기(누기)로 인해 적정 환기량을 초과하는 결과를 보이기도 했다. 또한, 보조팬의 소음으로 인한 클레임이 있었으나 최대 회전수를 낮춤으로써 해결하였다.

이 건물의 난방 소비 에너지는 약 124 kW · h/(m² · 년)로 이것은 덴마크 건축법에 정해진 69 kW · h/(m² · 년)를 상당히 초과하는 수치이다. 이처럼 에너지 소비가 과다한 것은 이 건물의 북측면이 전면 유리로 마감되어 있어 단열성이 낮은 점, 침기로 인해 환기량이 약 0.5회/h ~ 1회/h 정도 증가한 점에서 그 원인을 찾을 수 있다. 또한,

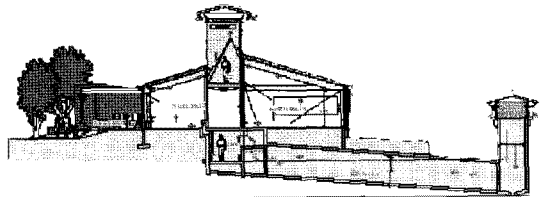
전기 소비량 역시 66 kW · h/(m² · 년)로 덴마크의 빌딩 표준치 44.3 kW · h/(m² · 년)를 상회하고 있다. 이것의 주요 원인은 이 건물에서 1인당 1대의 PC를 사용하고 있는 점을 들 수 있다. 환기팬 동력에 의한 전기 소비는 전체의 약 3%로 전력 소비에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

• 연돌효과 및 풍압을 활용하는 환기 시스템 : Media 초등학교 (Norway)

노르웨이의 Media 초등학교는 단층으로 침기가 많았던 오래된 학교 건물을 1998년에 개수한 예이다. 개수의 주 목적은 거주자 호흡역의 공기질을 개선하고, 모든 거주자의 열적쾌적성을 보장하며, 최소의 에너지로 쾌적한 실내 환경을 조성하는 것이었다. 외기의 도입은 건물로부터 약간 떨어진 곳에 위치한 급기타워를 통해 이루어지며, 도입된 외기는 지중의 급기팬이 설치된 쿨튜브를 통해 챔버 역할을 하는 지하층 복도를 경유하여, 환기효율을 높이기 위해 각 실의 바닥에 설치된 취출구를 통해 각 실에 공급된다. 바닥의 취출공기는 0.05 ~ 0.1 m/s, 19℃이다.



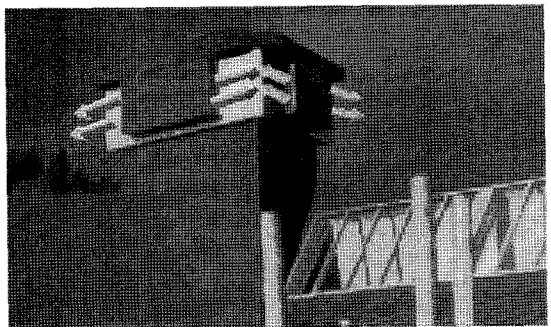
[그림 10] Media 초등학교의 전경



[그림 11] 환기개념도



[그림 12] 실내에서 공기의 흐름



[그림 13] 옥외 배기탑

실내 공기는 채광 천정에 모아지고 배기팬에 의해 배기타워에 도달하게 되며 배기타워에 있는 3면의 배기구를 통해 외부로 배출된다. 이 과정에서 열교환 시스템을 거치게 되고 현열교환이 이루어진다. 배기구는 열교환 효율을 높이기 위해 외기가 역류/유입되지 못하도록 설계되어 있으며, 외부 풍압력을 이용하여 배기를 촉진시키도록 설계되어졌다. 환기량은 각 실에 설치된 CO₂센서에 의해 조절되며, 만약 설정된 CO₂레벨을 초과할 경우에는 실 상부에 있는 배기창이 자동으로 열려 배기 및 환기를 촉진하게 된다. 1999년 11월부터 2002년 2월에 걸쳐 BEMS에 의해 수집된 데이터를 살펴보면, 실내 공기질 및 열적쾌적성 측면에서 상당히 유효한 결과를 보이고 있다. 또한, 지중 쿨튜브의 효과는 기대 이상으로 높게 나타났다.

에너지 사용 면에서는 노르웨이의 초등학교 평균치와 거의 동일한 결과를 보이고 있으나, 이것은 예상보다 높게 나타난 것이다. 그 이유는 초기에 건물제어 시스템이 제대로 보정되지 못한 점과 BEMS나 난방용 펌프 동력에 대해 과소하게 평가한 점에 기인한다. 현재는 건물제어 시스템이 제대로 작동되어 에너지효율 측면에서 상당히 개선된 결과를 보이고 있다.

EU RESHYVENT²⁾

2002년 1월부터 2004년 12월까지 노르웨이, 스웨덴, 네덜란드, 벨기에, 프랑스 등이 참여하여 연구를 수행한 RESHYVENT Project에서는 유럽을 크게 4개의 기후 지역으로 구분하여 각 기후별 주거용 건물에 적합한 하이브리드 환기방식을 개발하고자 하였다.

• Cold climate (Sweden)

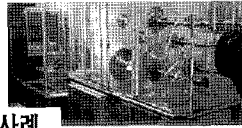
스웨덴의 추운 기후를 위한 하이브리드 환기의 개념은 각각의 세대에 압력손실을 최소화하고 분리된 팬을 설치하는 배기시스템 체계에 기반을 둔다. 각각의 팬은 경제조건에서 독립적으로 일정한

풍량을 적당히 조절할 수 있는 내장된 제어시스템을 가지고 있어 연돌효과나 바람이 충분히 강할 때, 팬은 작동을 멈추게 된다. 건물 내에 사람이 없을 때에는 출입문에 설치된 시건 장치의 작동유무 및 예약기능을 통해 적당한 환기량으로 조절될 수 있다.

환기량은 재실자의 수에 따라 설정되거나, 필요 시에는 사용자에게 의해 세대의 컨트롤 패널에서 조절할 수 있고 이는 습도와 외기조건에 의해 자동적으로 제어되어진다. 이 프로젝트의 목표는 기존의 열교환기가 없던 기계환기 시스템에 비해 에너지 효율을 증대시키고 보다 편리하게 사용할 수 있는 환기시스템을 개발하는 것이다. 이 시스템의 주된 특성은 다음과 같다.

- 재실자 개인이 각 아파트의 실내 온도와 환기를 제어할 수 있음
- 재실자가 에너지를 효율적으로 운영할 수 있도록 에너지사용량, 환기량, 실내온도 등을 개별 세대별로 확인할 수 있음
- 개선된 모니터링 기능을 갖는 BEMS
- 환기에 소모되는 전기 에너지 절감을 위한 환기시스템의 압력손실 최소화
- 습기로 인한 문제점을 해결하기 위해 건물 내 육실 공간을 활용한 습기 제어
- 연돌효과와 역류방지장치로 실내공기의 배기 효과를 개선하고 배기팬의 성능을 향상시키며, 재실자가 없는 경우에는 팬 작동을 감소시켜 에너지소비를 줄임.
- 세대 내의 환기
 - 각 아파트마다 환기량이 자체적으로 조절되도록 하여 일정한 유량을 확보
 - 배출 공기는 최종적으로 화장실과 부엌공간을 이용하여 배출
 - 거실과 침실에 위치한 외기도입구에 역류방지댐퍼를 설치
 - 일반적인 환기는 사용자가 입력하는 재실자 수에 따라 조절

2) Viktor Dorer, Andreas Pfeiffer, Andreas Weber (2005). Parameters for the Design of Demand Controlled Hybrid Ventilation System for Residential Buildings, AVIC Technical Note 59, 5



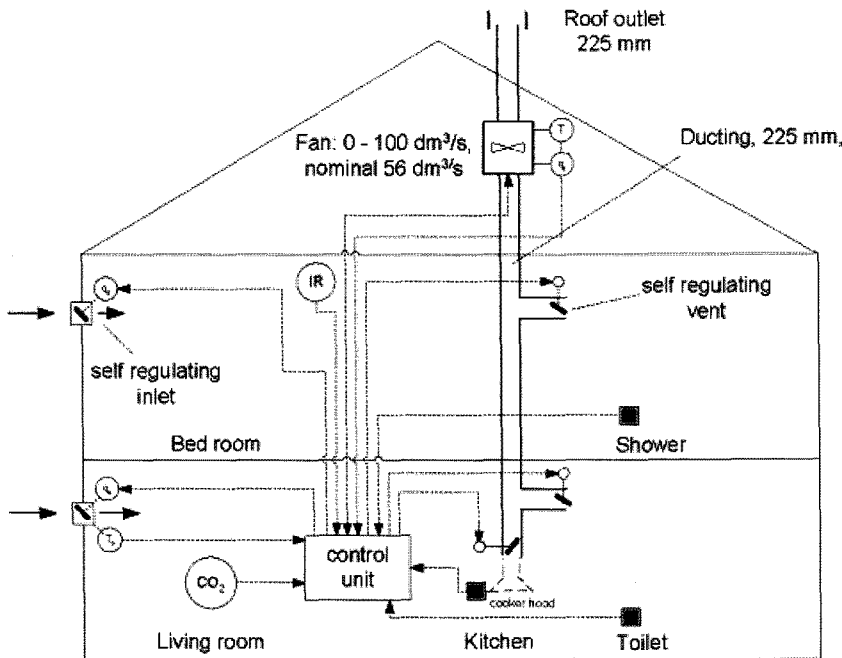
- 타이머와 수동제어 환기가 가능한 고효율의 주방후드 설치
- 비재실시의 경우의 환기량이 수동 또는 자동으로 제어되어 팬의 작동감소
- 야간의 거실환기는 수동 또는 자동으로 적은 양으로 제어
- 재실자가 없고 습도가 높으면 화장실 환기가 가능하도록 상대습도로 제어
- 공용공간의 환기
계단실, 창고, 세탁실 및 기계실 등과 같은 공용 공간에 설치된 demand controlled ventilation은 배기공기와 급기공기 간의 열교환을 통해 이루어짐
- 실내 난방
 - 침실에 공급되는 공기는 라디에이터에 의해 예열
 - 침실은 라디에이터로 난방
 - 거실 공급공기는 역류방지덤퍼의 컨벡터로 18℃까지 예열
 - 거실은 라디에이터와 컨벡터에 의해 난방

- 실내설정온도는 19℃~23℃

• Moderate climate (Netherlands)

네덜란드에서의 연구는 파사드를 통한 국부적인 흡기와 기계중앙배기를 통합하여 운영하는 완전한 하이브리드 디맨드 컨트롤(Demand control) 시스템에 관한 것이다. 이 연구에서는 low-resistance ductwork(< 2 Pa at 56 dm³/s)를 개발한 것이 특징으로 사용된 특수한 팬은 20 Pa, 56 dm³/s에서 2 Watt만 사용되도록 개발되었다. 이와 같이 낮은 팬 동력은 압력손실이 적은 덕트와 최적 설계된 역류 방지장치의 결합으로 가능하다(< 1 Pa at 56 dm³/s). 이 시스템은 2004년 Technology Czech Republic의 Brno University에 설치되어 계속적으로 연구되고 있다.

거실과 부엌은 1층, 욕실과 침실은 2층에 있는 단독 주거형 주택으로 기류저항을 감소시키기 위해 배기구는 지붕출구(roof outlet)아래에 위치한다. 거실과 침실에 설치된 CO₂센서로 측정된 값에 의해 환기 작동이 제어된다. 이외에도 적외선 센서와



[그림 14] 디맨드 컨트롤 하이브리드 환기시스템 (Netherlands : Moderate climate)

같은 재실자 유무를 판단하는 센서를 사용할 수도 있다. 중앙제어부분은 센서에서 정보를 받아 자동 조절되는 흡기구와 통풍구에 설정 값을 제공하거나 팬의 작동을 제어한다. 전체 유량의 기본 설정 값은 56 dm³/s이지만, 요리나 샤워를 하는 동안이나 Passive cooling을 위해 사용되는 최대 유량은 100 dm³/s까지 변화한다.

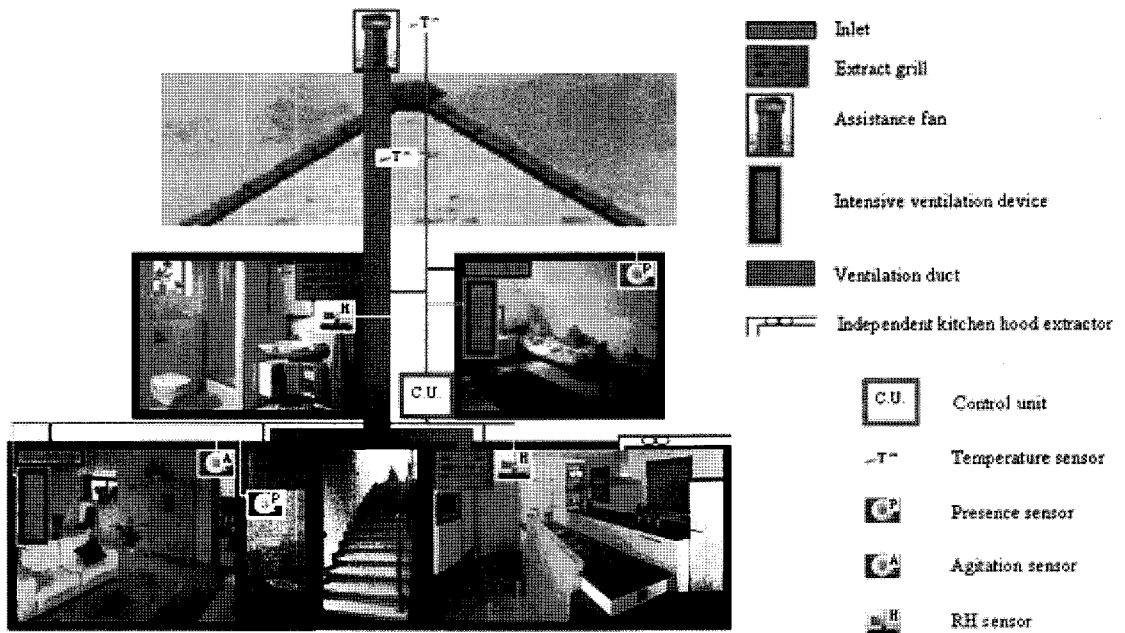
외기의 급기와 기류확산을 위한 구성요소는 다음의 요구에 따른다.

- 급기
 - 자동 조절 기능의 흡기구
 - 창문 프레임에 위치된 흡기구
 - 콜드드래프트의 방지 기능
 - 컨트롤 유닛에 의해 주방 후드가 가동되는 동안의 급기 보상 제어
 - 개구부 등에 고정되어 있는 부가적 급기구를 통한 passive cooling의 가능성
 - 흡기구를 통한 누기의 보상 가능
- 기류의 확산
 - 압력 손실 이상의 덕트 설계 (56 dm³/s 최대 2 Pa)

- 최대 덕트의 둘레 길이는 225 mm
- 창호 구성방법의 개선
- 팬의 소음 제한
- 중앙 배기에 있어 개별단위 세대의 급기를 위한 특수한 창호 설치
- 제어가능한 유량과 약 5 Pa 압력 차이에서 자동조절이 가능한 흡기장치 개발

• Warm climate (Belgium/France)

France와 Belgium에서 실시한 이 연구의 목적은 쾌적한 실내 공기질 유지, 냉·난방 에너지 절감, 여름철 온열 쾌적감 제공, 신재생 가능 에너지를 사용한 환기시스템을 제안하는 것이다. 이 시스템은 욕안하는부엌의 상대습도 및는 것하는화장실의 재실 여부를 제안의 재실자수를 감지하여 제어에 반영한다. 및는구동력은 가능한 한 자연적인 힘(연돌효하는및는풍압)을 사용하되 효하는부족한 경우에는 그는부족함을 보상하및는위하여 광전지 욕안여 하는 지붕팬(roof cowl fan)이 및량을 확보하게 된다. 주로 야간과 같이 외기온도가 실온보



[그림 15] 디맨드 컨트롤 하이브리드 환기시스템 (Warm climate : Belgium/France)



다 낮은 경우에는 야간냉각 환기모드로써 팬 가동을 최소화 하고, 창문을 개방하여 최대 환기(Over-ventilation)를 실시한다.

온화한 기후를 위해 개발한 이 하이브리드 환기 시스템은 재실자 탐지, 공기청정도 탐지, 상대습도 및 온도를 감지하는 센서에 기초하는 디맨드 컨트롤 환기시스템(Demand control ventilation system)이다. 이는 Intensive ventilation devices와의 통합에 의해 여름철 냉방기 동안의 열 쾌적을 제어한다.

환기와 팬의 가동을 위해 자동화된 급·배기구, Intensive ventilation devices와 중앙 제어 유닛을 통해 팬 가동을 제어하며, 각 방의 풍량 및 팬의 회전 속도와 창문의 개폐 여부를 결정한다. 또한 중앙 제어 유닛에 의해 급기와 배기 간의 균형이 유지된다. 센서에 의해 재실자가 없는 것으로 감지되면 부엌 및 목욕탕 안의 기류는 상대 습도 제어 장치에 의해 통제되며, 재실 여부 및 공기청정도의 탐지에 의해 거실과 침실의 기류가 관리되어 재실자가 없을 때에는 최소량으로 환기된다.

이 시스템에서 가장 중요한 부분은 팬으로 팬의 전원이 꺼져있을 때에도 자연환기가 가능하도록 특별히 개발된 것이다. 팬에서 발생하는 압력손실은 70 dm³/s의 환기를 위한 1 Pa의 압력보다 더 낮은 것이 특징이다.

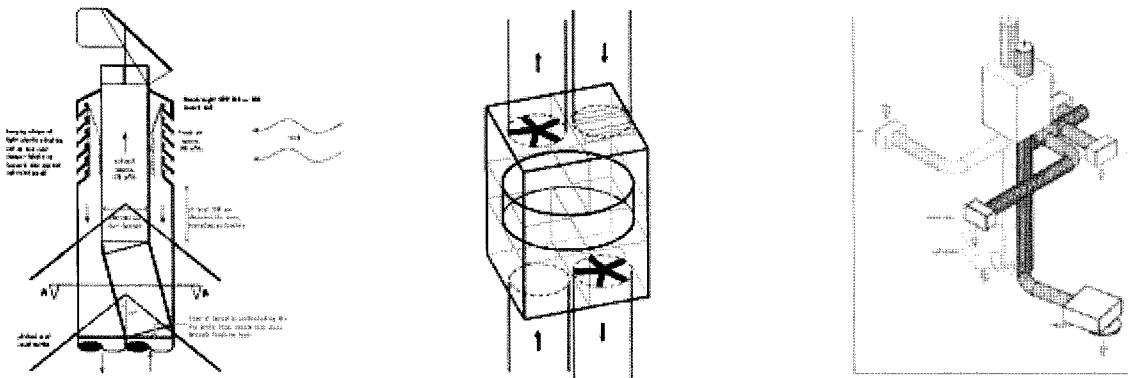
지붕에 설치된 팬은 자연환기가 가능하도록 바람의 효과를 최대화하기 위한 지붕의 바람유도장치

(roof cowl)로써 최적화되었다. 팬의 에너지 소비는 6 Pa 또는 70 dm³/s의 경우에 2 Watt를 소비한다. 또한 팬은 태양광 발전시스템(PV)을 보조 에너지원으로 사용하는 것도 가능하다. 시스템의 구성 요소 간 통신은 유·무선을 통해 가능하며, 여름철의 열 쾌적을 위해 최적화된다. 루버나 차양 장치는 자연환기를 집중적으로 가능케 하며 주로 밤 시간의 야간냉각환기의 목적으로 사용된다.

• Severe cold climate (Norway)

노르웨이의 연구는 극도의 추운 기후에 대해 진행되었다. 이러한 기후에서의 열교환은 예열 기능과 에너지 보존을 위해 필요하다. 이 연구의 개념은 매우 낮은 압력 손실을 갖는 시스템과 열교환의 장점을 통합하고자 하는 시도으로써, 다음의 특징을 가지고 있다. 기류저항이 최소화된 모듈화된 통합 공조유닛(modular packaged air handling unit)으로 환기의 균형을 유지하며 EC-모터로 작동하는 2개의 고효율 축류식 송풍기와 로터리식 전열교환기, 세척가능한 정전기식 금속에어필터로 구성된다. 자연환기는 지붕에 위치한 급배기가 통합된 형태의 wind cowl의 보조로 이루어진다. 환기회수는 재실자가 없을 경우에는 0.5에서 0.2회로 이루어지도록 설계되었으며, 시스템의 압력손실이 환기회수 0.2회/h에서 5 Pa일 때 자연환기가 가능한 추진력을 얻도록 설계되어진다.

CO₂ 센서 또는 환기 유닛의 배기구에 놓여진 상



[그림 16] 급기구, 로터리식 열교환기 및 덕트시스템의 개념도

대습도 센서에 의해 환기량이 관리된다. 환기량을 일정 수치 이하로 유지시키기 위해 공기량은 제어된다(PI-controller). 건물이 사용될 때, 팬의 파워는 25 W이며 부가적으로 5 W는 자연 환기력으로 보장된다. 건물 내에 오랜 시간 동안 재실자가 없을 경우에는 자연 환기력만으로 요구되는 5 Pa를 충족하기 때문에, 팬 파워는 0 W가 되기도 한다.

모터에 의해 작동되는 댐퍼는 거실의 급기 덕트

에 위치하며, 거실의 적외선 센서를 통한 재실여부에 의해 댐퍼는 제어된다. 만약 거실에 사람이 없을 때는 보다 많은 급기가 침실로 전환되며, 모든 구성요소는 낮은 압력손실을 갖도록 설계된다. 보다 편리한 유지·보수를 위해 짧고 넓은 덕트를 사용했으며 송수관과 낮은 속도의 공기 급배기 터미널을 설치하여 잡음 발생을 낮추고 침실 내에서의 치환환기를 가능하게 한다. (※)