

개별분산 공조시스템에 관한 고찰

On the Individually Separated Air-Conditioning System

태 춘 섭
C. S. Tae

한국에너지기술연구소 건축연구팀



- 1956년생
- 건물의 에너지절약과 관련 공조기술, 전열교환기, 개별공조기에 관심을 가지고 있음.

1. 서 론

개별분산 공조시스템은 현재 일본에서 가장 활발하게 연구가 진행되고 있으며 또한 제품 개발도 가장 앞서가고 있다. 그러므로 본 고에서는 일본의 개별분산 공조시스템에 관하여 소개하고자 한다.

일본경제의 전반적인 규모확대와 더불어 대형건축, 중형건축, 소형건축을 불문하고 냉난방설비와 환기설비를 포함한 의미에서의 공기조화설비는 양적이나 질적으로 비약적으로 발달해 현재에 이르고 있다. 또한 대기오염 등의 문제와 오일쇼크의 영향으로 질적 측면에서는 공조설비에 본래부터 요구되는 쾌적성과 더불어 공해방지, 에너지절약 등에 대한 기술도 크게 발달했다. 수십년에 걸친 변화속에서 수많은 공조방식이 생겼지만 그 중에서도 중앙집중방식과 패키지유니트방식을 대표적인 냉난방 공조방식으로 들 수 있다.

중앙집중방식은 열원기기를 한곳에 모았으므로 규모의 장점과 열회수장치와 축열조 이용에 의한 에너지절약기술에 의해 중형, 대형건축에서 발달했다. 한편, 패키지유니트방식은 시스템의 단순함, 용이한 조작, 개별제어 등을 이유로 소형,

중형건축을 중심으로 발달하였다. 최근 제어기술 등의 진보를 패키지유니트방식이 받아들여서 온도, 풍량, 풍속, 운전시간 등에 대해 개별제어가 가능케되어 이것을 개별공조방식이라 부르게 되었다.

정보활동과 사고작업이 활발하게 됨에 따라 사무실은 OA화가 진행될 뿐만아니라 플렉스타임의 채용과 기업활동의 국제화, 24시간 영업에 따라 주야를 불문한 기업활동이 현저하게 두드러지고 있다. 이러한 공간적, 시간적인 환경변화를 직면한 건물이 많아짐에 따라 공조는 건물전체의 집중제어에서 임대면적마다의 분산제어로 대응이 요청되고 있다.

사무소건물의 공조설비를 논할 때에는 이 배경을 무시할 수 없다. 여기에서는 최근 일본에서의 공조동향과 개별공조방식의 보급요인, 그리고 여러가지 개별공조기에 대해서 각각의 개요 및 기능, 특징 등에 대해서 기술한다.

2. 최근의 공조동향

2.1 공조시장과 수요동향

최근의 사무소건물에서 공조시스템의 동향을

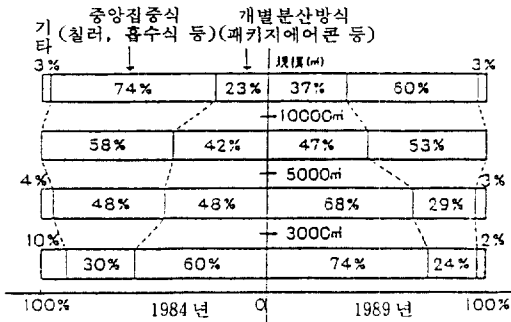


그림 1 건축규모와 공조시스템의 동향

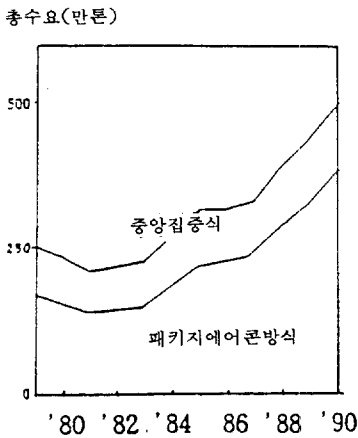


그림 2 공조 총수요량

아래에 나타낸다.

그림 1은 1984년과 1989년도의 대표적인 사무소건물의 경우 바닥면적규모별 공조기기의 사용 상황을 비교한 것이다. 모든 바닥면적 규모에서 개별분산방식이 증가하고 있음을 알 수 있다.

일본 냉동공조공업회의 국내업무용 공조기기의 출하통계 데이터 등으로 추정하면, 그림 2에서 보는 바와 같이 최근의 업무용 건물의 공조 총수요중 약 3/4이 패키지에어콘 등에 의한 개별분산방식이라고 할 수 있다.

2.2 개별분산공조의 보급요인

2.2.1 사용자의 수요의 변화

현재의 건축설비에 관한 불만중에 가장 많은 것이 공조설비의 야간정지이고 다음으로는 공조

의 효과가 한결같지 않다는 것이다.

정보화, 국제화가 진행되어 사무실작업시간이 불규칙하게 되기 쉬운 지금, 개별시스템이 지닌 가장 커다란 특징인 부분운전이 용이한 점, 이것은 개별분산공조의 가장 큰 장점이라고 말할 수 있다.

2.2.2 부하형태의 다양성

최근 OA화의 촉진에 따라 사무실의 콘센트부하가 크게 증가하였다. 사무소건물에서 OA기기가 균일하게 배치되어 있는 예는 거의 없고, 대개 워크스테이션과 같이 특정구역에 집중된다. 당연히 부하밀도가 다르기 때문에 공조의 효과가 한결같지 않다.

중양집중식에서는 이와 같은 경우에 구역마다에 분출하는 공기량을 바꾸는 VAV방식이나 터미널히터방식을 채용하여 처리한다. 그러나, 워크스테이션과 같은 고부하 밀도의 구역이 한정되어 있다면 처리는 용이하지만, 장래의 사무실에서는 기업의 형태나 조직이 지금 이상으로 변화하므로 사무실 레이아웃이 크게 변화할 것이다. 사무실 레이아웃에 대한 대응성은 세분화된 개별공조시스템이 지닌 커다란 특징의 하나이다.

2.2.3 토지의 가격상승

토지가 상승도 개별공조시스템의 수요증가에 무관하지 않다. 고가의 토지에 건축되는 건물의 고객은 그에 맞는 이익을 기대한다. 이를 위해서는 당연히 임대료도 높아지며 그와 동시에 임대면적을 조금이라도 늘리려고 한다. 역으로 말하면 빌려 줄 수 없는 쓸데없는 공간을 가능한 한 줄이려고 한다. 그렇게 되면 자연스럽게 기계실이 작게 만들어지던가 혹은 기계실이 전혀 불필요한 개별공조시스템의 수요가 높아지게 된다.

2.2.4 인건비의 상승

동경의 설비투자재 단가지수의 추이를 보면, 1975년을 100으로 한 경우에 냉동기나 소형패키지의 1988년 3월 지수는 각각 103.3, 117.3이다. 이에 비해 노무비는 163.7로 13년간에 70% 가까운 상승을 나타내고 있으며 앞으로 이 경향은 점점 증가하리라 추정된다.

건설 인건비가 상승하면 당연히 공조설비의

초기투자비에도 커다란 변화가 있다. 설치가 용이하여 덕트나 배관 등 현장작업이 적은 공조시스템의 쪽이 이 영향을 적게 받아서 비용면에서도 유리하게 된다. 또한 건설후의 건물의 관리비면에서도 전문기술자가 필요한 보일러나 냉동기 등이 없는 개별공조시스템은 보다 유리하다고 할 수 있다.

2.2.5 기술의 진보

컴퓨터를 비롯하여 전자기술이 크게 발전하였으며 대부분의 공조설비기도 그 혜택을 받고 있다. 전자화를 위한 기술개발에 의해서 개별공조시스템은 다음과 같이 변화하였다.

1) 다기능화

사무용 개별공조시스템의 기능은 크게 강화되었다. 일례로 개별 공조시스템의 일종인 월스루 시스템을 보면 한대의 유니트에 냉난방, 환기, 외기냉방, 먼지제거, 가습 등의 많은 기능이 있다.

2) 고성능화

가정용 룸에어콘에는 거의 정착단계인 인버트화는 사무소용으로 소형기종을 중심으로 급속히 진행되었다. 부하에 따른 용량제어를 하여 에너지절약 뿐만 아니라, 지금까지의 ON/OFF제어에 비해 실온의 변동폭이 작은 등 쾌적성의 향상에도 기여하고 있다.

3) 형상의 다양화 및 소형화

종래는 상치형이 주류였으나 최근에는 천장매립형, 천장 매달립형, 천장 카세트형이 급속히 신장하고 있다. 실내유니트를 세분화하여 실내 거주성을 향상시키고 동시에 유니트의 일체화에 의한 설치공간 삭감 등의 효과도 있다.

4) 멀티화

냉매분배기술이 진보하여 복수의 실내유니트를 1대의 실외유니트와 조합하는 멀티형이 급속히 발전하여 실내거주성의 향상과 실외 유니트의 일체화에 의한 설치공간 삭감효과도 있다.

5) 고양정화

분리형 패키지에서는 실내외 유니트 사이의 냉매배관의 길이에 제한이 있다. 각 메이커의 기술개발결과 현재는 고저차 40~50m, 배관상당 길이 70~100m 정도까지 가능하게 되었다. 이에 비하여 1975년의 조사에서는 고저차 30m, 상당

길이 50m가 한도였었다.

6) 집중제어 시스템의 개발

개별 공조시스템이 분산화할수록 건물내의 유니트 댓수가 증가하여 건물관리에서는 마이너스 요소이므로 최근에는 개별시스템의 많은 기능을 살려가면서 중앙에서도 집중적으로 감시나 제어가 가능한 집중감시제어시스템이 개발되고 있다. 건물의 규모, 유니트의 대수 및 존수에 따라 나누어 사용할 수 있고 관리비절약, 인원절약에도 효과가 있다.

7) 주변기술의 진보

앞에서 말한 중앙감시 제어시스템만이 아니라 개별공조시스템의 보급에는 몇가지 주변기술의 진보가 기여하고 있다. 예를 들면 외기처리유니트가 있다. 전열교환기를 설치한 소형으로 경량의 외기처리 유니트는 개별공조시스템의 약점인 환기기능을 향상시키고 동시에 유니트의 설비용량의 삭감과 에너지절약에 기여하고 있다.

2.3 최근의 공조설비기의 동향

공조설비기의 정격점에서의 효율향상은 에너지절약을 크게 진행시켰다. 그러나 최근의 에너지절약에는 부분부하시의 효율상승의 기여가 크다. 이것은, 전자제어기술의 발전에 힘입은 바가 크고 주요항목은 이하와 같다.

- (1) 인버터제어에 의한 압축기의 회전수제어
- (2) 전자제어팽창밸브의 채용
- (3) 에너지소비의 최소화하는 마이크로컴퓨터 제어
- (4) 에너지비용 및 유지비를 최소화하는 원격 관리용컴퓨터에 의한 관리

공조설비기의 정격점효율은 크게 향상되었고 근래에도 효율상승은 계속되고 있지만 부분부하시의 효율향상이 특히 현저하다. 에어콘에서는 인버터에 의한 속도제어, 전동칠러에서는 냉수출구온도, 흡수냉동기에서는 용액순환량의 외기보상제어가 크게 기여하고 있다.

최근의 공조설비기는 신뢰성향상과 전자제어기술의 발전에 힘입어 전화회선에 의한 원격가동 및 정지 등의 제어와 감시를 하는 경우가 늘고, 외부의 관리용 컴퓨터와 디지털통신에 연

결될 수 있는 터미널유니트를 갖추고 있다.

1) 히트펌프화

에어컨디셔너는 아래와 같은 이유로 히트펌프화가 급격하게 진행되고 있다.

- ① 냉난방비가 액분사, 바이패스 특히 인버터 제어에 의해 1.7로 증대했다.
- ② 외기 0°C까지는 보조열원이 불필요하게 되었다.
- ③ 인버터제어에 의해 입상특성이 향상되었다.
- ④ 냉난방시 모두 EER이 향상되었다.
- ⑤ 제어성향상, 제어손실의 저감 등에 의해 실내온도환경이 안정, 유지되었다.

2) 소형 분산화

중소규모에서는 최근 멀티에어콘의 채용이 덕트, 수배관이 필요없이 설치가 간단하고, 전자제어기술의 발달에 의해 중앙식공조와 같이 쾌적하도록 추진되고 있다.

에어컨디셔너의 조합에서 15~50HP를 담당할 수 있는 현대의 실외기에 여러대의 실내기가 냉매배관에 연결되어 있다. 멀티 콘트롤러가 그 중간에 있고 각 실내기로의 냉매분류와 유량제어를 함과 동시에 실외기와 실내기와의 최적제어를 하는 역할을 맡고 있다. 실외기는 동시에 또는 개별적으로 운전가능하므로 부분부하효율이 높다.

3) 압축기의 효율상승

룸에어컨디셔너와 패키지형 공조기의 압축기는 왕복동식에서 회전식으로 이동하고 있다. 2.3~3.75kW의 범위에서는 스크롤 압축기가 사용되고 있는데 이 압축기의 효율이 높고 저소음이므로 스크롤로 전환되고 있다고 생각된다. 원심냉동기에서는 전산기를 이용한 유선해석기술의 향상에 따라 날개 바퀴내의 유선해석이 가능하게 되어 압축기 효율이 상승했다.

4) 흡수냉동기에서의 성적계수 향상

최근 10, 20USRt의 공냉 소형 가스 흡수냉은수기가 개발되어 시판되고 있다. 또한 성적계수가 냉방시 1.3, 난방시 0.95의 잠열회수형 고효율 가스 흡수냉은수기가 개발되어 성적계수가 한층 향상된 제품이 시판되고 있다. 후자의 용액펌프는

흡수냉은수기의 부하에 따라 인버터에 의해 회전수가 제어되고 있다. 그 결과 부분부하시의 성적계수는 최고 20% 상승하였고 펌프동력을 절감하고 있다.

5) 열교환기의 전열효율 향상

에어컨디셔너 등에 스트리트 팬의 채용, 또한 칠러에서의 증발기에 대한 액비등 전열관, 응축기에 대한 고성능 전열관의 채용에 따른 증발온도의 상승, 응축온도의 하강은 크고 그 때문에 성적계수의 향상도 크다.

6) 부분부하시의 효율상승

저부하시는 냉각수온도가 저하되고 있으므로 용액은 저농축으로 이행해 결정곡선과의 사이에 여유가 생기므로 농도폭을 넓혀서 발생기에 보내는 용액량을 감소시킬 수 있다. 용액량이 작으면 현열에 상당하는 가열량이 감소해 성적계수가 향상된다. 그 때문에 운전점 결정선에 대한 여유도를 항상 감시하면서 부하에 걸맞는 최소순환량이 되도록 마이크로 컴퓨터에서 용액순환량을 제어하여 높은 부분부하효율을 얻을 수 있다.

7) 집중관리

전회회선을 이용한 공조설비기기의 집중관리가 보급되고, 이 때문에 다음과 같은 각각의 관리요구에 맞는 기능을 가진 제어패널이 설치되고 외부의 관리컴퓨터와 디지털통신에 연결하기 위한 터미널유니트가 갖춰지게 되었다.

- ① 고장예지, 조작성 향상을 중시한 기능을 가진 주로 운전관리용인 것
- ② 자기진단, 보수성 향상을 중시한 것으로 주로 서비스효율의 향상을 기한 것
- ③ 고장예지 외에 에너지절약을 중시한 코스트관리와 유지관리용인 것

3. 개별분산공조기

개별분산공조기는 현재 일본에서 가장 활발하게 연구가 진행되고 있으며 또한 가장 발달되어 있다. 이하에는 일본에서 개발된 개별분산공조기에 대해서 각각의 개요 및 기능, 특징등을 기술한다.

3.1 빌딩용 멀티에어콘 시스템

3.1.1 개요

공기열원 히트펌프 VRV(가변냉매용량) 에어컨 개별분산 공조시스템인 빌딩용 멀티가 건물 공조에 채용되기 시작한지 10년 이상 경과하였다.

당시는 거국적으로 에너지절약화를 추진하고 있던 때로, 건물의 공조시스템에 있어서도 그 주류였던 센트럴방식에서 VAV방식, VWV방식, 전열교환기 등 에너지절약기술이 많이 개발, 실시되었지만 투자액에 맞는 효과를 기대할 수 있었던 것은 비교적 큰 건물에 한정되었다.

한편, 숫자상으로는 단연 많은 200~1,500M²(바닥면적)정도인 중소규모건물의 공조는 이렇다할 에너지절약대책이 없는 실상이었다.

이와 같은 중소규모건물의 공조에 주목하여, 에너지절약을 위한 새로운 공조시스템으로서 빌딩용 멀티가 개발되었으며 그후, 빌딩용 멀티는 기종의 확장, 기능향상에 의해 그 대상도 사무소건물 뿐만 아니라, 점포, 병원, 학교, 공공시설 등으로 확장하고 건물규모도 중소건물에서 대형 건물까지 채용되고 있다.

건물용 멀티에어콘은 개발된 후 규모별, 용도별, 지역별의 다양한 공조수요에 대해 개량되어 왔다. 그 주된 기술개발핵심은 다음과 같다.

1) 용량제어기술의 인텔리전트화

- 개별제어의 소용량화와 제어용량의 변화 향상
- 인버터 압축기를 고도로 이용하는 기술의 개발

2) 열운송기술의 고도화

- 설계, 시공의 자유도를 향상시킬 후렉시블한 냉매배관 시스템의 확립
- 단순한 냉매배관에 의한 높은 신뢰성의 확립
- 냉매제어 기술의 향상에 의한 신뢰성의 확립

3) 고품위 온도제어기술의 확립

- 쾌적한 공조환경을 위한 온도제어의 고정밀화, 습도제어

4) 다양한 시스템제어기술

- 집중제어, 그룹제어, 원격제어 등에 대응할 수 있는 제어기술
- 개별요금계산의 시스템화

최근의 빌딩용 멀티는 그림 3과 같이 실외유니트로 부터의 냉매배관 1계통에 다른 용량, 다른 타입의 실내유니트를 8대까지 자유롭게 접속시킬 수 있다. 더우기 최소운전 단위는 0.8HP 클래스 까지 개별제어운전이 가능하므로, 동일계통내의 소용접실에서 회의실 등 용도, 스페이스에 맞춰 편성할 수 있다.

3.1.2 빌딩용 멀티시스템의 성능 및 기능

1) 온도정밀도의 향상

온도정밀도에 대해서는 센트럴시스템과 개별분산시스템의 비교시에 개별분산시스템의 문제점 중의 하나였다. 이는 개별공조에 사용되는 패키지 에어컨이 ON-OFF제어인 때문이다.

최근의 빌딩용 멀티는 실외유니트에 인버터에 의해 제어하는 압축기를 탑재하여 냉동사이클에 부착된 냉매압 센서에 의해 부하에 따라 능력이

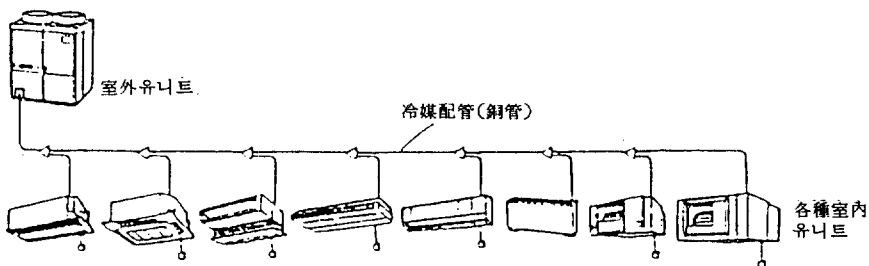


그림 3 실외유니트와 실내유니트의 접속

조절되고(제어범위 100% - 16% 정도까지), 또한 실내유닛 측에서는 설정온도와 실내 흡입공기 온도와의 차, 열교환기의 출입구온도 등 많은 상태변화를 검지하여 냉매유량을 선형제어하므로 종래의 ON-OFF제어에 비해 순조로운 온도 정밀도가 실현되어 온도의 문제가 해소되었다.

2) 외기처리 유닛의 접속

쾌적한 실내공기 환경을 실현하기위해 열회수로 효율을 높힌 환기, 건물관리법에 적합한 먼지제거, 깨끗한 자연증발식 가습, 전원열원을 이용하지 않는 냉난방코일의 내장 등 다기능적인 외기처리 유닛 접속이 가능하다.

3) 건물 관리시스템과 직결된 DDC(Direct Digital Control)

건물공조의 인텔리전트화를 추진하기 위해 건물관리 컴퓨터와 빌딩용 멀티를 DDC에 접속해, 분산설치된 빌딩용 멀티시스템의 운전감시와 제어를 리얼타임으로 처리하는 DDC터미널이 개발되고 있다. 이 시스템은 건물컴퓨터의 디지털제어 지령을 DDC터미널로 교신하고 빌딩용 멀티 시스템의 제어신호로 교환해 송신, 운전/정지, 온도설정 등 여러가지 제어를 한다.

4) 계통간 열이동유닛에 의한 장치용량의 감소

개별분산 시스템에서 각 공조존마다의 최고부하에 대응하는 기기를 선정하면 자기 높은 부하일 때를 기준으로 선정함에 따라 장치용량이 커지는 경우가 있다. 이것은 센트럴시스템처럼 높은 부하가 발생한 때의 시간적 차이를 이용할 수 없기 때문이다. 이를 해결하기 위해 계통간 열이동유닛이 개발되었다. 이것은 각 존에서 발생하는 피크부하의 시간적 차이를 이용하여, 서로 낮은 부하계통이 높은 부하계통으로 냉방능력을 이동시켜서 시스템 전체의 실외기용량을 감소시킨다.

5) 냉매배관의 자유도 향상

그림 4와 같이 실재길이 100m, 실내외 유닛 고저차 50m, 실내유닛간 고저차 15m의 냉매배관 자유도를 실현하여 복잡한 레이아웃에 자유롭게 대응할 수 있을 뿐만 아니라 1냉매배관으로 4-5층에 걸친 종배관이 가능하며 중소규모건물은 1시스템으로 대응할 수 있다.

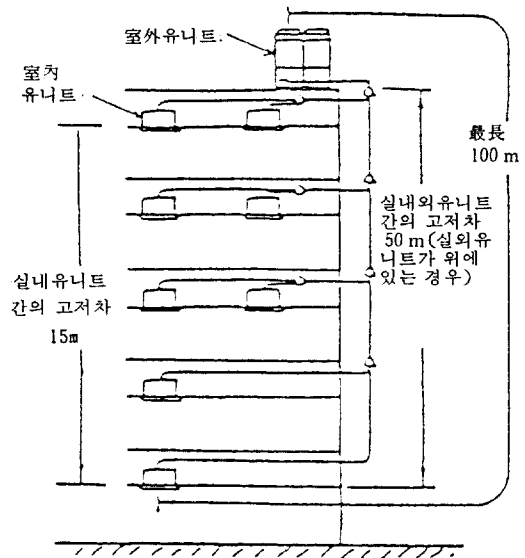


그림 4 냉매배관

5) 냉난방 동시운전형 빌딩용 멀티(냉난 FREE)

냉난 Free 건물용 멀티의 옥외유닛에는 배출관, 흡입관, 액관용의 세종류의 배관접속구가 설치되어 있고 실내측의 천장속 등에 BS(Branch Selector)유닛을 설치하여 두개의 배관으로 실내유닛에 접속한다. BS유닛에는 실내유닛의 냉매배관을 절환하는 기능이 있는데 그것이 실내유닛내의 전자팽창밸브와 연계하여 냉매유량을 제어하여 실내유닛으로 냉난방을 수행한다.

6) 빙축열형 빌딩용 멀티

직팽 과냉각방식에 의한 고효율 축열운전을 하는 빙축열 빌딩용 멀티의 특징은 첫째로 인버터에 의한 축열운전제어의 채용으로 연간 공조 운전비용을 약 40% 절약이 가능한 에너지절약 시스템이다. 두번째는 축열시스템을 채용하고 있음에도 불구하고 통상의 빌딩용 멀티에어콘과 같이 설계, 시공의 간소화와 자유로운 적용이 가능하다.

이 시스템은 야간에 실외유닛으로 열을 빙축한다. 압축기에서나온 고온고압의 냉매가스는 실외유닛의 열교환기기로 열을 빼겨 액화되고,

축열유니트내의 팽창밸브에서 감압되어, 수조내의 열교환기를 통해 물에서 열을 빼앗아 가스화해서 압축기로 되돌아 온다. 이때, 수조내의 열교환기가 쿨러가 되어 열교환기 주변의 물이 열을 빼앗겨 서서히 얼음이 되는 것이다. 이처럼 야간에 만든 얼음을 낮에 이용하여 냉방운전을 한다.

7) Hi-VAV시스템

종래방식에 의한 VAV시스템의 문제점을 해결하고 현지공사 하는데 힘을 덜들이면서 높은 수준의 공기질환경을 실현하기 위해 개발된 것이 「Hi-VAV」시스템이다.

VAV유니트에는 운전리모콘과 복합센서가 접속된다. 실내공기환경의 제어는 VAV리모톤의 온도센서 및 복합센서내의 공기오염센서-복사센서에 의해 실내공기온도, 실내오염상태, 복사온도가 항상 모니터링되고 있다.

VAV유니트의 풍량제어는, 운전리모콘으로 설정된 실내온도와 실제로 느끼는 실내온도와의 차를 정보로서 각각의 VAV유니트마다 목표풍량 및 요구능력을 결정해 이들 정보를 동일계통의 실내유니트에 보낸다. 실내유니트는 말단 VAV 전체의 합계풍량 및 합계능력을 결정해 그 합계풍량, 합계능력이 알맞는 송풍기 회전수 및 전자팽창밸브 개도로 운전한다.

3.2 월스루형 개별공조시스템

건물의 목적과 형태에 대응한 경제성이 높은 공조시스템으로서, 공간적으로 합리적인 대응과 공조관리 집중 간이화 대응에 따라 인텔리전트 빌딩, 호텔, 맨션, 연구소 등의 쾌적공간을 창조하는 공조시스템으로 「월스루형 개별공조시스템」을 개발하였다.

3.2.1 월스루시스템의 분류

- 방 식 : 히트펌프식
- 설 치 : 상치형, 천장매립형
- 구 조 : 일체형, 분리형, 트윈형
- 외벽대응 : 첩버식, 덕트식, 무덕트식
- 환 기 : 흡기식, 배기식, 흡배기식
- 공기정화 : 고성능 필터 부착, 중성능 필터 부착, 프리필터 부착

에너지절약 : 전열교환기 포함형, 외기냉방기능, 마이크 제어기능

3.2.2 특징

- ① 공냉 히트펌프방식의 개별유니트를 사용하므로 각실마다 거주자의 기호에 따라 쾌적한 공조공간을 창조할 수 있다.
- ② 보일러, 냉동기의 기계실 및 복잡한 덕트와 배관이 불필요하므로 건축공간을 유효하게 이용할 수 있다.
- ③ 공조설비의 유니트화, 프리패브화에 따른 공사절감에 따라 공기가 크게 단축된다.
- ④ 사용하는 방의 고효율 히트펌프 운전과 전열교환기에 의한 배열회수, 외기냉방 등이 가능한 에너지절약 시스템이다.
- ⑤ 보수관리에 유자적 오퍼레이터가 불필요하다.
- ⑥ 레이아웃의 변경에 유연하게 대응할 수 있다.
- ⑦ 중앙제어장치와 네트워크에 의해 세세한 존마다의 감시제어를 할 수 있다.

3.2.3 종래시스템과의 비교

종래의 일반적인 'FCU+단일덕트' 방식과 월스루형 개별공조방식 시스템을 비교한 일례는 다음과 같다.

1) 시스템 설치스페이스의 일반적 비교

- 층고의 감소 : 상치형을 사용하면 공조용덕트와 배관스페이스가 불필요하므로 각종의 층고를 150~200mm 축소가능

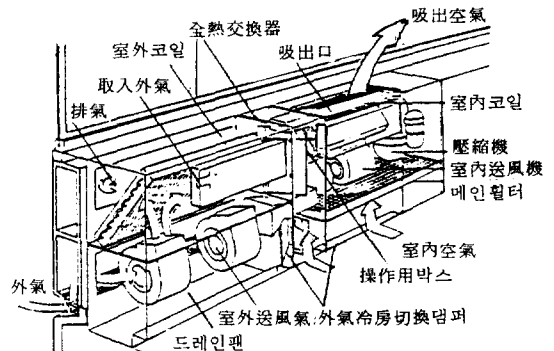


그림 5 상치형 월스루시스템

- 유효스페이스 확대 : 천장형을 사용하면 페리미터 부분의 기계도 불필요하므로 유효스페이스를 충분히 이용가능
- 기계실 면적의 축소 : 보일러와 냉동기의 공간이 필요없으므로 전기실, 위생기계실을 포함해도 약 1/2~1/3도 축소가능
- Shaft 면적 축소 : 공조용 덕트, 배관 샤프트 면적이 없으므로 각 층의 샤프트 면적을 약 1/3~1/4로 축소가능

2) 초기투자비, 운전비의 비교

건축과 융합한 공조시스템에서 초기투자비와 운전비는 중요하다. 녹도건설(주)의 시산에 의하면 그림 6과 같다. 바닥면적 약 12,000m²의 건물은 종래건물에 비해 건물전체로 초기 투자비 87.1%, 운전비 76.6%로서 경제적으로도 큰 장점이 있다.

3.2.4 외벽성능, 외벽 유닛

1) 외벽성능

유닛은 냉난방능력, 환기량, 저소음, 저입력, 소형화 등의 공조기로서 성능, 안정성, 신뢰성, 내구성을 만족시킬 뿐 아니라 건축의 외벽으로서의 성능을 확보하여야 한다. 월스투유닛은 비바람에 대한 내풍압, 수밀성능, 극간풍에 대한 기밀성능을 비롯하여 차음성능, 내화성능, 방수성능을 확보하고 있다.

2) 외벽유닛

외벽유닛은 월스투유닛과 접속하고 외벽성능을 확보하기 위해 월스투유닛의 히트펌프 성능을 가지고 있다. 냉방시의 외기온이 상승할 경우 과부하 대책, 난방시의 낮은 외기온에 대한 제상대책 및 연간 기기를 고효율로 운전하기 위하여 실외 열교환기에의 순환공기량을 확보하여야 한다. 유로내의 풍속은 2.5~4m/sec 정도이다.

외벽면은 흡기와 배기의 Short Cycle을 방지하기 위하여 200~250mm의 간격이 필요하다. 외벽샤시는 빗물의 침입에 대해 입상부의 물막이와 오버랩을 둔다. 또한 조류의 침입을 방지하기 위하여 방조망의 설치가 필요하다.

3.2.5 마이콤 제어

월스투유닛의 마이콤화는 쾌적성, 에너지절약성을 추구하고 있다. 전자동운전을 비롯하여

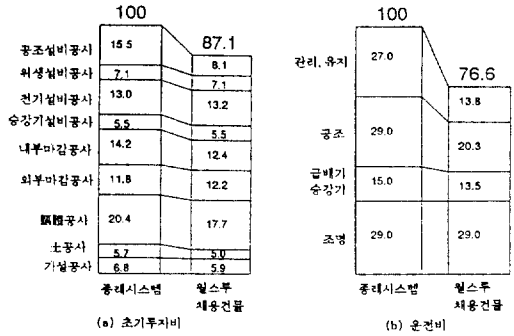


그림 6 초기투자비와 운전비의 비교

냉난방, 냉방전용, 난방전용, 외기냉방전용 등의 모드 선택이 가능하고 원격제어와 대표 1대의 조작에 의해 다른 기기 7대(합 8대)의 그룹제어도 가능하다.

타이머제어의 시간설정은 17시간+48시간의 장시간으로 되어 있으므로 주휴 2일제도에도 충분히 대응할 수 있고 간단한 조작으로 쾌적공간을 실현한다. 또한 DDC를 내장하여 공조중앙감시 제어 시스템의 네트워크가 용이하다.

3.3 냉매 자연순환 개별공조시스템 Vapor Crystal System

3.3.1 개요

이 시스템은 일본의 5대 건설업체중의 하나인 (주)竹中工務店에서 새로이 개발하여 오오사카의 크리스탈 타워 빌딩(1990년 8월 준공)에 최초로 채용한 것으로서, 개발회사에서는 Vapor Crystal System으로 명명하고 있다.

수열원 히트펌프 개별공조시스템은 실내의 필요한 장소마다 히트펌프를 수많이 설치하는 것에 비하여, Vapor Crystal System은 커다란 히트펌프 하나로 실내에 냉매를 공급하여 냉풍 또는 온풍을 만드는 것이다. 냉매는 R-22를 사용하며 이 냉매의 상변화(증발, 응축)가 실내 유닛에서 일어나게 하여 그 잠열을 직접 이용하는 공조시스템이다. 전에도 이러한 시스템은 개발되어 있었으나, Vapor Crystal System에서는 열매를 자연순환시키고 심야전력을 이용하는 것이 큰 특징으로 꼽히고 있다. 즉 열매의 운송이 기체와 액체의 밀도(비중량)차이에 의한 자연순환으로 이

루어지기 때문에 물순환펌프와 냉매압축기 등의 운송동력이 필요하지 않게 되고, 열원으로 심야 전력을 이용할 수 있는 빙축열시스템을 개발하여 야간축열에 의한 전력의 평준화가 가능하다.

3.3.2 시스템의 구성

그림 7은 시스템이 구성과 냉난방 사이클을 나타내고 있다.

1) 냉방사이클

냉방용 응축기(①)에 빙축열조(⑤)에서 사베트형 얼음을 공급하여 냉매가스를 응축, 액화시킨다. 액화된 냉매(비중량 $1,257\text{kg/m}^3$)는 수액기(②)에 일단 저장된 후, 액체측 배관(③)을 통해서 아래쪽의 실내유닛(증발기=냉방코일(④))로 자중에 의해 자연스럽게 흐르게 된다. 여기에서 실내공기와 열교환하면서 실내공기로부터

열을 빼앗아 증발하게 된다. 증발된 냉매가스(비중량 28.9kg/m^3)는 액체와 가스의 밀도(비중량) 차이에 의해서 가스측 배관(⑤)내로 상승하여, 다시 냉방용 응축기(①)로 돌아가서 자연순환의 냉방사이클을 반복한다.

2) 난방사이클

난방용 증발기(⑦)에서 가스측 배관(⑧)을 통해 실내유닛(응축기=난방코일(⑨))로 들어온 냉매가스는 실내공기와 열교환하면서 실내공기에서 열을 얻어 응축, 액화된다. 액화된 냉매(비중량 $1,142\text{kg/m}^3$)는 액체측 배관(⑩)을 통해서 최하부의 난방용 증발기(⑦)로 자연스럽게 흘러 들어가게 된다. 여기에서 온열원 등에서 공급된 온수에 의해서 가열되어 증발, 기화된다. 기화된 냉매가스(비중량 66.4kg/m^3)는 냉방사이클과 마

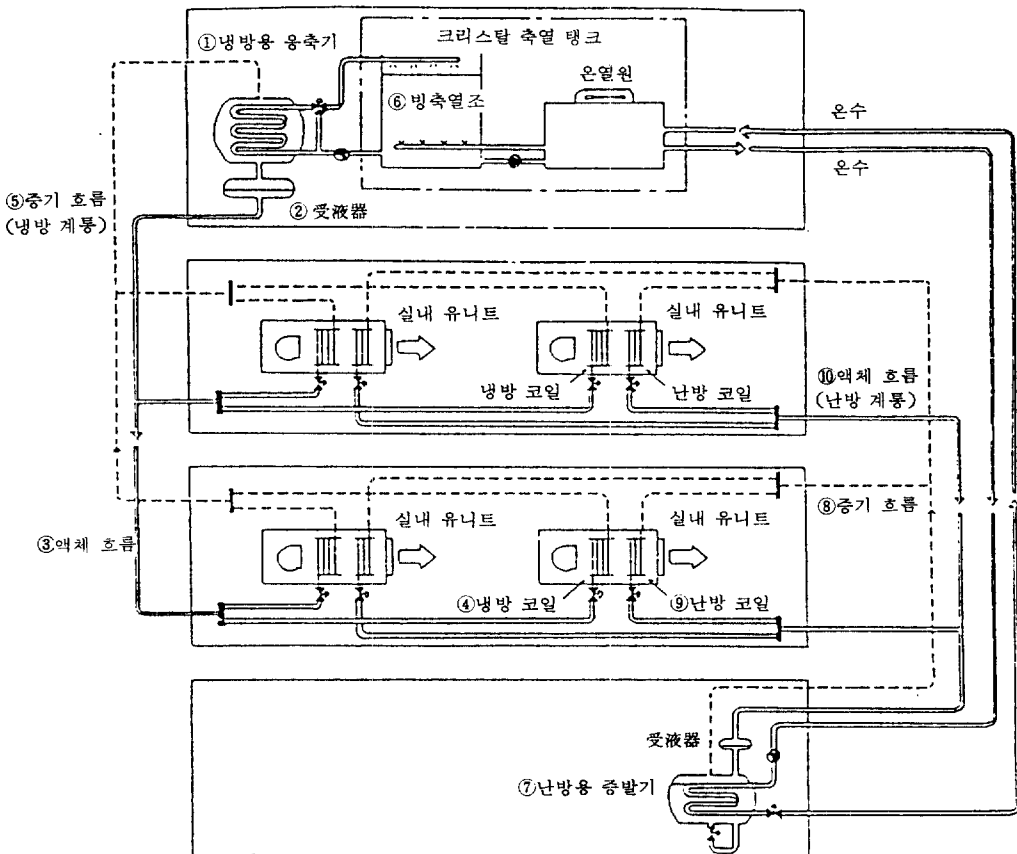


그림 7 Vapor Crystal System의 구성과 냉난방 사이클

찬가지로 액체와 가스의 밀도(비중량)차이에 의해서 가스측 배관(⑧)내를 상승하여 다시 실내 유니트(⑨)로 들어와서 응축하는 자연순환 난방 사이클을 반복한다.

3.3.3 빙축열 이용

이 시스템은 심야전력을 이용한 빙축열시스템의 운전을 통하여 최대부하를 줄일 수 있고, 결과적으로 열원설비의 용량을 경감시킬 수 있다.

빙축열시스템을 이용한 공조설비의 연간 운전 패턴은 다음과 같다. 여름철 냉방기에는 야간 심야전기 시간대(22:00-08:00)에 빙축열운전을 하여 주간 급탕 및 재열용으로 활용한다. 겨울철 난방기에는 주간 난방사이클의 운전으로 난방부하에 대응하고, 야간의 빙축열운전시 배열을 회수하여 온수에 축열한 후에 주간 난방에 활용한다. 또한, 중간기에는 주간 냉난방 부하 특성에 따라 냉방부하가 클 경우에 야간의 빙축열 운전을 실시하여 이에 대응한다. 이러한 운전특성에 따라 공조시스템 전체의 초기투자비는 종래 시스템과 별로 차이가 없으나, 운전비는 1/3 정도이다.

3.3.4 장점

1) 냉매 운송동력이 불필요

냉매 R-22가 자연순환하기 때문에 운송동력이 필요하지 않고, 따라서 펌프와 압축기를 위한 공간과 운전비를 대폭 절감할 수 있다. 또 -150℃까지 동결될 걱정이 없기 때문에 초저온의 열운송도 가능하다.

2) 모든 고층건물에 대응가능

압축기를 사용하지 않는 자연순환식이기 때문에 건물의 높이, 면적에 대해서 자유롭게 설계할 수 있고, 증설도 용이하다.

3) 재실자의 요구에 따라 실온을 제어할 수 있는 개별분산형 공조시스템

외기온도에 관계없이 연간을 통해 각 실내 유니트에서 따로따로 냉난방을 자유로이 구분하여 사용할 수 있으며 실온을 세밀하게 제어하는 개별분산제어가 가능하다. 따로따로의 개별운전이 용이하므로 경제적으로 24시간 가동에 대응할 수 있다.

4) 공간의 유효면적을 증가

주요기기는 옥상과 지하의 일부, 천장내에 설치되어 있기 때문에 건물내 유효이용면적을 크게 증가시킬 수 있다. 또한, 기존건물의 개수에도 쉽게 대응할 수 있다.

5) 빙축열시스템에 의한 이점

열원용량을 종래 시스템의 약 1/2로 줄일 수 있고, 심야전력을 이용하므로 운전비를 절감할 수 있으며, 건물전체의 전기설비 용량이 줄기 때문에 계약전력을 절감할 수 있다.

3.4 하이브리드에어

3.4.1 개요

오늘날 중소건물의 공조설비는 거의가 개별분산 패키지 에어컨시스템, 즉 빌딩용 멀티시스템이라 해도 과언이 아니다. 빌딩용 멀티시스템이 발전한 이유로는 개별냉난방, 개별계량, 스페이스 잇점, 용이한 공조계획 등을 들 수 있고 이들을 한마디로 말한다면 '순쉬운 개별대응'이라는 말로 집약할 수 있다.

한편 개별분산형 패키지 에어컨시스템에도 개별대응과 스페이스 잇점을 취하기 위해서는 이율배반적인 약점이 있다. 이들을 열거해 보면 다음과 같다.

- ① 소용량기기의 분산설치에 따른 관리유지의 빈도증대
- ② 천장설치에 따른 관리의 번잡
- ③ 외부공기처리 곤란(가습기능 포함)
- ④ 공기청정기능의 불충실
- ⑤ 실내소음치의 증대
- ⑥ 실내기류분포의 불량
- ⑦ 사용년수의 감소

이들은 센트럴방식의 공조시스템이라면 용이하게 해결할 수 있는 문제이다.

개별분산형 패키지 에어컨시스템의 이점인 순쉬운 개별대응을 적당히 유지하고 센트럴 공조시스템의 가장 큰 이점인 공조의 질을 최대한 높이는 것을 목적으로 발전한 것이 하이브리드 에어 공조기이다.

3.4.2 하이브리드에어의 구조

하이브리드에어는 냉온수와 냉매의 혼합이다.

냉온수시스템과 냉매시스템을 갖춘 형태로 되어 있다.

외기처리, 가습, 분진처리 등 중앙집중식으로 처리하면 좋은 것에 대해서는 주로 냉온수를 이용하는 중앙식공조기(親機)로, 또한 페리미터 대응, 내부발열대응, 잔업대응 등 개별로 대응하면 좋은 것에 대해서는 냉매계 분산형 실내기(子機)로 대응하는 親子 공조시스템이다.

그림 8은 하이브리드에어의 개략적인 시스템을 나타낸다.

하이브리드에어(親機)에는 통상 공조기가 갖추고 있는 급기팬, 배기팬, 필터, 냉온수코일, 가습기 외에 공기압축기, 냉매코일, 냉매폐열코일이라는 냉매시스템 특유의 기기군과 급기량, 환기량, 배기량, 발열량을 배분하기 위한 환인버터, 기내 VAV시스템이 있다.

子機가 되는 냉매계 분산형 실내기는 빌딩용 멀티의 실내기인데 완전히 같은 이용형태로 생각된다. 더구나 실외기에 해당부분이 親機에 내장되어 있기 때문에 실외기를 건물옥상에 설치하는 일반적인 패키지 에어컨시스템과 비교해서 실외기 설치장소의 확보와 실내외기 사이의

냉매관, 배관배선망이 그다지 번잡하지 않아서 경제적이다.

한편, 하이브리드에어(親機)는 외기냉방 혹은 전외기공조가 가능한 공조기를 사용하고 있다. 열교환을 위한 폐열환을 따로 설치하는 것은 아니고 원래 있는 환을 이용해서 그 환의 풍량 조달범위내에서의 냉동사이클 운전이 하이브리드에어의 기본 개발개념이다.

3.4.3 열부하의 성장과 시스템의 대응

설치되는 건물 특유의 열부하의 성상을 파악하고 어떤 일정조건하에 산출된, 예를 들어 110 Kcal/h · m²이라는 단위열부하를 기본열부하라 한다. 이것을 하이브리드에어의 냉온수코일로 처리한다. 그리고 이 기본열부하를 초과하는, 말하자면 테넌트 특유의 열부하를 테넌트부하라고 이것을 냉매코일에 의해 처리한다.

또한 건물이 서비스하는 냉온수의 공급시간대, 예를 들면 8:00-18:00이란 시간대를 기본 운전시간대라 하고 냉온수코일과 냉매코일의 병렬운전을 행한다. 한편 기본운전시간 이외의 시간대를 시간외 운전시간이라 부르고 냉매코일만을 운전하여 부하를 처리한다.

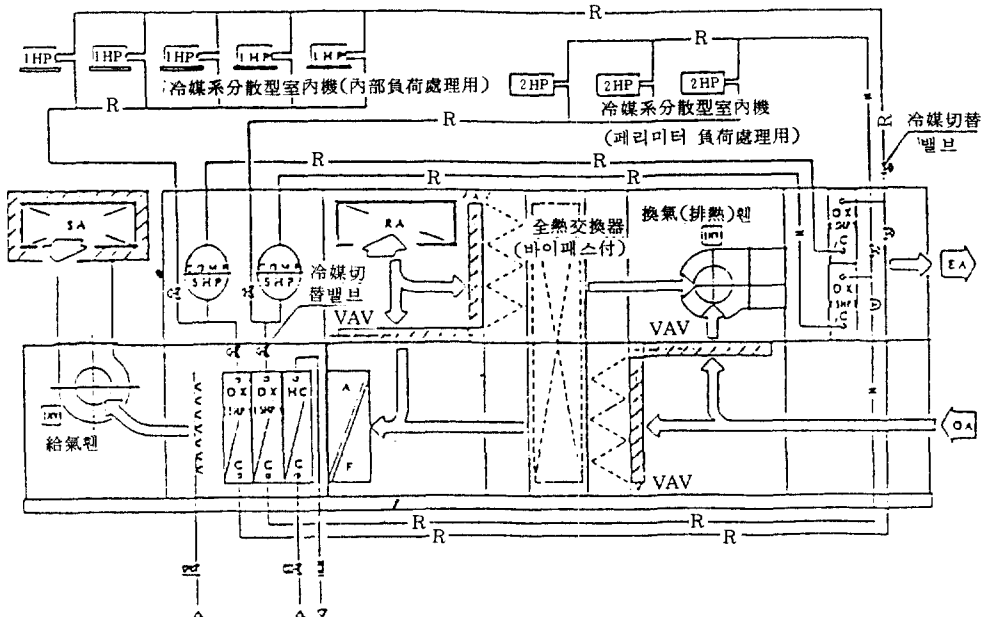


그림 8 하이브리드에어의 개략도

전자는 건물의 열부하형태와 하이브리드에어의 특징적 용량형태와의 매치이고 후자는 건물의 시간적 이용형태와 하이브리드에어의 특징적 용량형태와의 결합이라고 할 수 있다.

3.4.4 하이브리드에어의 특징 및 구조

하이브리드에어의 구체적 특징은 다음과 같다.

- ① 외기부하처리, 분진처리, 가습 등 중앙에서 일괄처리하는 것에 대해서는 하이브리드에어 본체(親機)에 맡기고, 창가부하, OA기기 부하, 회의실부하 등 주로 온열에 관계하는 개별 대응에 대해서는 냉매계 분산형 실내기(子機)에 맡기는 시스템이다.
- ② 동시냉난방과 같은 역작업대응도 내장된 냉매시스템으로서 용이하게 대응할 수 있다.
- ③ 필요에 따라 전외기공조가 가능하며 또한 기내 VAV시스템 채용에 의해 일반적인 VAV시스템에서 흔히 발생하는 급기의 감소량에 대한 등비적인 외기도입량 감소의 걱정도 없다.
- ④ 습기가 많은 장마때 등 저온고습의 불쾌한 실내환경이 되기 쉽지만, 냉매제열기에 의한

제습공조가 가능하므로 온도는 높지만 습도가 낮은 쾌적한 환경의 제공도 가능하다.

- ⑤ 전용리모콘 패널이 사용되고 있으므로 일일이 관리사무소에 연락하는 등의 번거로움도 없고 테넌트 스스로 간단히 공조운전 상태를 변경할 수 있다.

그림 9는 실제로 검토중인 5HP 압축기 3대와 전열교환기를 탑재한 급기량 12,000CMH의 하이브리드에어이다. 그런데 하이브리드에어를 설치하기 위해서는 각 층에 공조기실이 필요한 것은 말할 것도 없지만 그외에도 그 근방에 외기냉방 혹은 전외기공조가 가능한 급배기 갤러리를 취할 수 있어야 한다.

3.5 멀티공조시스템 냉난후렉스멀티

3.5.1 개요

도시바에서 개발한 냉난후렉스멀티는 이러한 요구에 대응하기 쉽도록 개발한 냉난동시운전 멀티공조시스템으로서 그 개발개념은 다음과 같다.

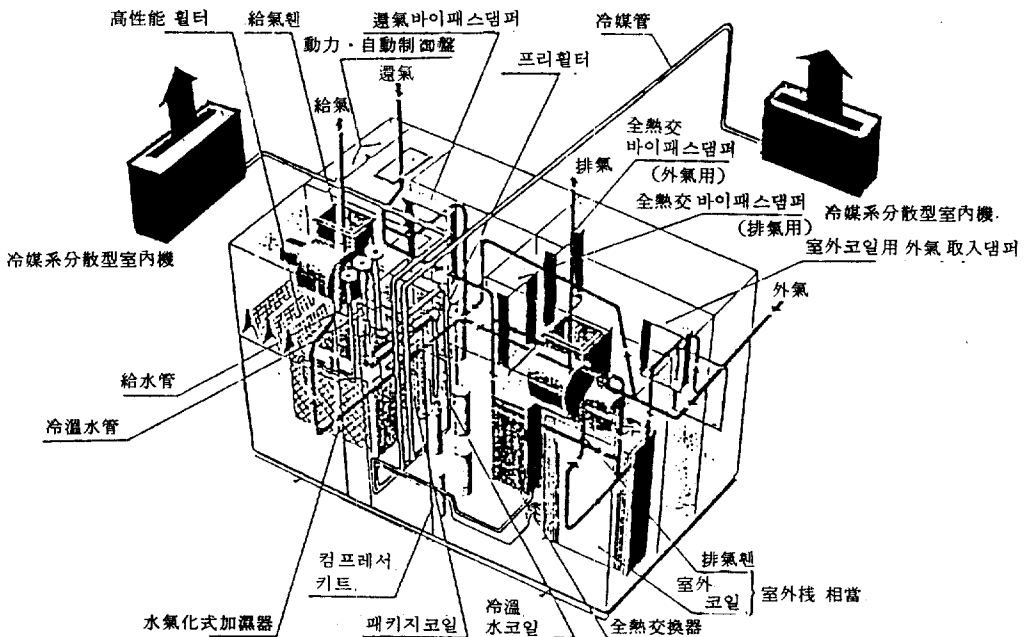


그림 9 하이브리드에어 구성도의 일례

- 인버터에 의한 쾌적성, 에너지절약성
- 멀티컨트롤러에 의한 최적 냉매분류
- 고낙차, 장배관 대응
- 냉난동시운전 자동절체 및 냉난동시운전의 자유로운 조합
- 열회수방식방식에 의한 에너지절약

3.5.2 시스템의 개요

냉난후렉스멀티는 실외기, 실내유닛, 그리고 냉매를 분류하고 실내유닛마다의 냉난절체를

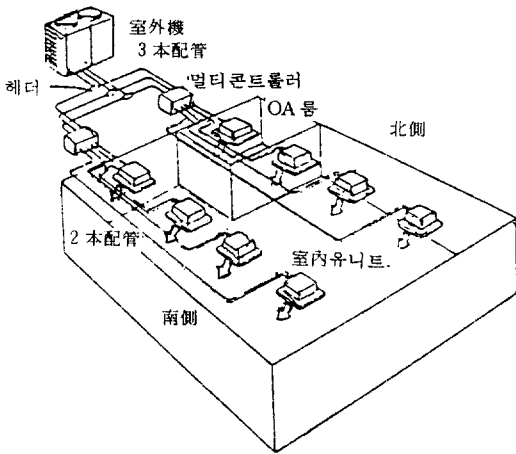


그림 10 냉난후렉스멀티 시스템의 구성도

하는 멀티컨트롤러로 구성되어 있다.(그림 10 참조) 실외기로부터 멀티컨트롤러까지는 3본의 배관, 멀티컨트롤러로부터 실내유닛까지는 2본의 배관으로 접속되어 있다. 1대의 실외기에 최대 8대까지의 실내유닛을 접속시켜 실내유닛마다의 자유로운 조합에 의해 냉난동시운전이 가능하다.

3.5.3 시스템의 구성부품

실외기를 구성하는 유니트는 8HP, 10HP가 있는데 조합에 의해 50HP까지 대응할 수 있다. 황으로 나란히 집중설치할 수 있으므로 공간절약적이다.

실내유닛은 1HP 상당으로부터 5HP까지 12가지 능력으로 대응하며, 천장캐세트형과 천장매립형 등의 117기종으로 되어 있다.

멀티컨트롤러는 도시마의 독자적인 냉매분류기인데 2분기용, 3분기용, 4분기용이 있으며 조합에 따라 2분기로부터 8분기까지 대응할 수 있다. 또한 멀티컨트롤러는 각 실내유닛의 냉난자동절체 기능을 가지고 있다.

3.5.4 냉난후렉스멀티의 열회수

냉난후렉스멀티는 냉방과 난방의 동시운전이 필요한 경우 냉방운전의 폐열을 열원으로 회수하여 유효하게 이용하는 에너지절약시스템이다.

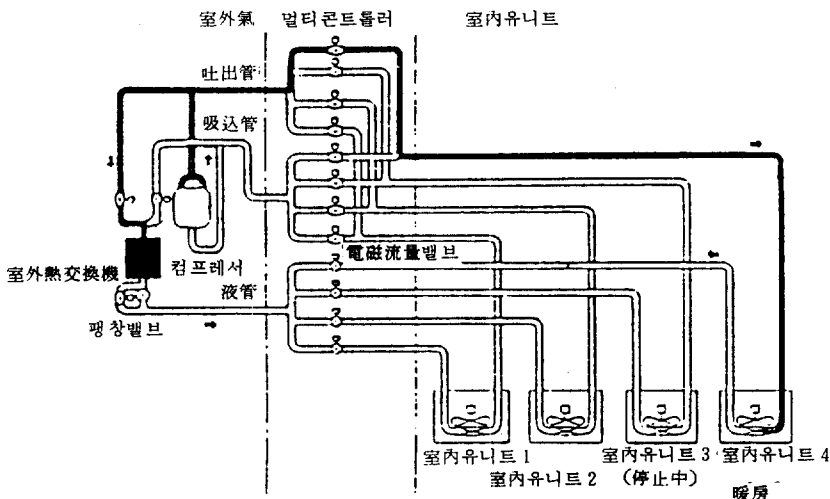


그림 11 냉난방 동시운전상태의 개념도-냉방주체

그림 11과 같이 실내유닛 ①과 ②는 냉방운전, 실내유닛 ③은 정지, 실내유닛 ④는 난방운전을 동시에 하는 상태에서는 ①의 폐열을 이용하여 4를 운전하므로 시스템 전체에서는 ①, ②의 냉방운전만의 일을 하면 된다.

3.5.5 냉난후렉스멀티의 특징

1) 쾌적성

- 4계절 공조부하에 대응하여 실내유닛마다의 냉난동시 자동절체운전이 가능하다.
- 압축기의 인버터운전에 의해 10-100%의 능력비례제어가 가능하여 부하에 대응한 세밀한 제어에 대응할 수 있으므로 실내온습도의 변화가 작아져서 쾌적공간을 실현한다.

2) 자유로운 설계

- 멀티콘트롤러의 동작에 의해 실외기와 실내유닛조합이 자유롭다.
- 고낙차 50m, 장배관 120m(상당길이) 대응이 가능하여 16층 건물에도 설치가능하다.
- 냉매의 최적제어에 의해 분기후 실내유닛간의 낙차는 15m까지 대응할 수 있다.
- 외기온 -5°C 까지 냉방운전이 가능하여 겨울에도 냉방운전에 대응할 수 있다.

3) 에너지 절약

- 인버터에 의한 동력절감과 냉난동시운전시의 열회수에 의해 에너지절약
- 실내유닛은 최소 1HP 상당으로 개별운전이 가능

4) 공사간소

- 멀티콘트롤러에 냉난절체 운전기능이 있으므로 멀티콘트롤러로부터 실내유닛간은 2본배관이 된다.(일반적인 배관으로는 3본배관임)

5) 설비간소

- 실외기용량의 130% 용량의 실내유닛를 접속할 수 있으므로 1호마다의 피크부하 발생이 시간에 따라서 다른 건물은 약 20%의 설비용량(실외기용량) 저감가능

6) 관리간소

- 원격제어, 집중제어, DDC제어 등 시스템에 대응한 토탈제어 가능

3.6 터미널 공기조화기 캠펠티

3.6.1 캠펠티의 개요

캠펠티는 변화하는 건물환경에 예민하게 대응할 수 있는 건물 일체형의 개별제어시스템을 가능하게 한다.

가장 큰 특징으로는 공기조화기의 소형화 설계에 따라 기계실이 없다는 것이다. 더우기 유닛에는 저소음, 저진동 설계를 채용하고, 또한 소형 전용 DDC기기를 장치하여 정숙한 환경, 열량관리, 잔업시 운전, 온습도조절 등을 포함한 개별제어기능을 구비하고 있다. 제어를 포함한 패키지화 설계에 의해 시공시의 초기비용을 크게 삭감할 수 있고, 구성요소로서 저압력손실 장수명휠터와 고효율팬의 개발, 채용 및 열교환기의 소수량 설계 등에 의해 에너지를 절약하도록 설계되어 있다.

3.6.2 특징

- ① 초기비용 및 운영비용의 절감은 물론, 사무공간을 최대한으로 이용할 수 있는 무기계실 시스템에 의해 경제성이 향상된다. 유닛를 공조공간 근방 혹은 데드스페이스에 콤팩트하게 설치함으로써 덕트 및 배관거리를 최소로 하여 운송동력, 초기비용을 절감시키고, 유닛와 제어계를 일체화하여 공장 생산함으로써 현장공사가 최소로 된다.
- ② 천장안에 설치하여 기계실을 완전히 필요 없게 만든 천정매립형과 관리가 쉬운 50cm 두께의 상치형에 의해 다양한 건축양식에 자유롭게 대응할 수 있다.
- ③ 저소음, 저진동 유닛인 점과 온습도조절은 물론 섬세한 개별제어에 의해 쾌적한 실내 공기환경을 가져온다.
- ④ 잔업시간운전 및 수시사용운전, 스페이스 용도, 열부하, 인원의 증감, 설비변경 등에 대응할 수 있는 유닛이다. 좁은 장소에 분산설치가 가능하므로 스페이스의 용도, 열부하, 인원증감에의 대응은 물론 설비변경에 대응할 수 있다.
- ⑤ 기기자체의 긴 수명과 함께 관리의 간이화, 방화상의 안전성을 추구한 유닛이다.

분산설치된 각각의 공기조화기 캠-멀티가 독립해 가동하고, 동시에 전체시스템의 운전상황을 파악할 수 있는 분산관리-집중감시를 구체화한 시스템으로 구성되어 있고 항상 중앙감시패널에 의해 관리시기 및 운전상황 체크가 가능하다.

이상과 같이 엄선된 각 부품의 장수명화를 가져오고 동시에 유지관리성을 고려해 설계된 각 부품의 적절한 관리가 실시 가능하게 되고, 또한 유니트 운전상태감시 및 운전지시에 의해 시스템 운전상의 안전성이 확보될 수 있다.

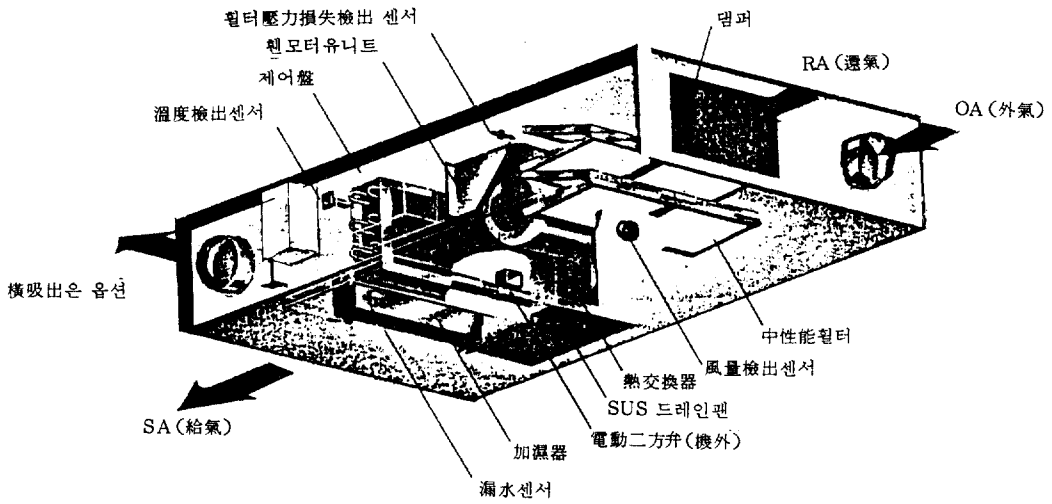


그림 12 천장매립형 캠멀티의 구조도

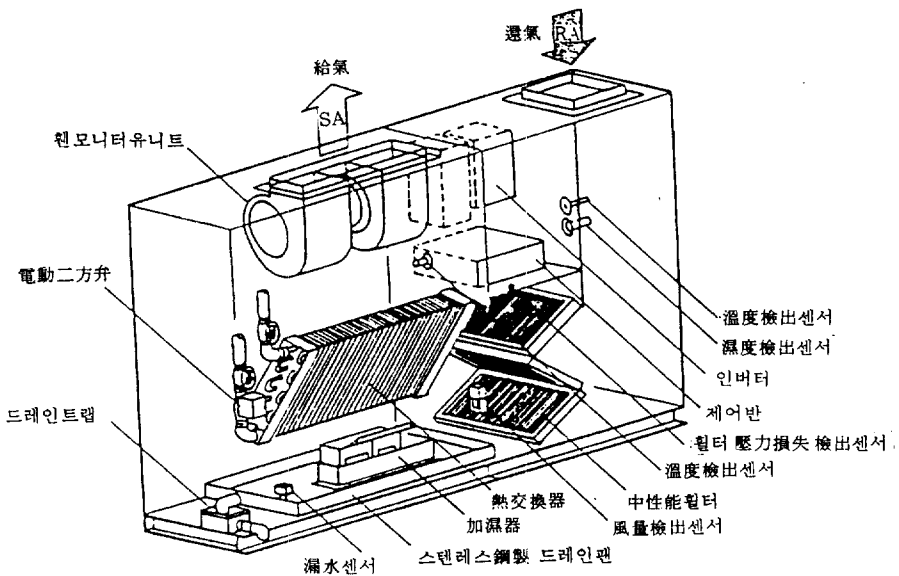


그림 13 상치형 캠멀티의 구조도

4. 결 론

이상으로 일본에서의 개별분산 공조시스템에 대하여 소개하였다.

사무소건물의 공조방식의 채용에 있어서는 주어진 조건에 따라 판단이 달라진다. 이것은 본사건물인가, 임대건물인가, 대규모인가, 소규모인가, 도심에 건축되는가 그리고 건축예산은 어느 정도인가 등에 따라 정해진다.

총래 일반건물에서는 중앙식 공조기가 주류이었지만 최근 수요구조가 변화하여 분산공조가 주류를 이루고 있다. 건물용 분산공조시스템은 매우 다양하며 분산식공조는 최근에 건물의 복합화, 다용도화에 따른 복잡한 기능에 대응하는 방식으로서 급속하게 보급되어 왔다. 또한 24시간 건물이용에 따른 공조운전시간의 자유화, 개별화 등도 보급요인이다.

일본의 건물공조에 개별공조방식이 채용된지 이미 10년 이상 지났지만 최근의 인텔리전트빌딩의 공조설비 동향을 보거나 또한 실제로 요구되는 내용의 다양화, 다목적화, 세분화 등에서 생각해도 추후 계속 그 이용범위는 확대해 가리라 생각한다.

우리나라에는 아직 이러한 개별분산 공조시스템에 관한 연구와 개발이 미흡한 상태이지만 앞으로 개별분산 공조방식에 관한 인식이 확산되면 이에 관한 연구 및 개발이 활발해질 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

1. 태춘섭 외, 건물의 냉난방 열원운송동력 절감에 관한 연구(I), KE-92016G, 한국에너지기술연구소, 1992.
2. 태춘섭 외, 건물의 냉난방 열원운송동력 절감에 관한 연구(II), KE-93014G, 한국에너지기술연구소, 1993.
3. 손장열 외, 개별분산형 공조시스템의 특성과 에너지절약에 관한 연구, 제7회 에너지절약 기술 워킹 논문집, pp.IV.27-IV.43, 1990.
4. 徳永研介, 自然循環方式空調システムの開發(その1), 空氣調和・衛生工學會學術論文集, pp.129-132, 1990
5. 中里秀明 外, 冷媒強制循環による熱搬送システム(その1 搬送動力の検討), 空氣調和・衛生工學會學術論文集, pp.297-300, 1991.
6. 高田秋一, 最近の空調設備機器の動向, 空氣調和・衛生工學, Vol.64, No.5, pp.1-3
7. 和田榮一, カームマルチ(ターミナル空氣調和機), 空氣調和・衛生工學, Vol.64, No.12, pp.95-97
8. 岡本 章 外, インテリジェントビル用空調システムについて, 空氣調和と冷凍と, pp.57-64, 1988. 3
9. 岡本, 章 外, 最近の個別空調システムの動向, 空氣調和と冷凍, pp.57-64, 1988.9
10. 星野十五 外, ビル用システムマルチによる個別空調について, 空氣調和と冷凍, pp.95-100, 1988. 9
11. 平澤邦彦, 新型空調機“ハイブリットエア”について
12. 原 正譽, 最新のマルチ空調システム“冷暖フレックスマルチ”, 建築設備と配管工事, pp.90-92, 1990. 1
13. 岡本 章 外, イソテリジェントビル用空調システムについて, 空氣調和と冷凍, 1988. 3