

# 초고층건물에 적용하는 수열원 공조시스템

초고층 건물에 적합한 수열원 히트펌프시스템에 대한 개괄적인 소개와 국내외의 개발현황 및 현재 국내에 적용되고 있는 수열원 공조시스템의 사례에 대해 소개하고자 한다.

전 홍 기

(주)창조건축, CM본부 기계부(hkchun@cja.co.kr)

김 인 규

(주)LG전자, 에어컨사업부 B2B 그룹(ikkim@lge.com)

안 영 산

(주)LG전자, 에어컨사업부 CAC 시스템설비그룹(krheatpump@lge.com)

진 심 원

(주)LG전자, DAC연구소 에어컨그룹(swjin@lge.com)

## 머리말

시스템에어컨디셔너의 기술적인 발전, 대용량화 및 사용자를 중시하는 개별 공조방식의 전환으로 과거 원심식, 흡수식 등 중앙공조 방식의 영역으로 간주되었던 중·소형 건물의 공조시장에 변화가 일어나고 있다. 일본의 경우 80년대 초반까지만 해도 7,000 m<sup>2</sup> 이상의 대형 건물에 시스템에어컨디셔너를 적용하는 사례가 거의 없었으나, 2002년에는 44%의 시장점유율을 보이고 있고, 7,000 m<sup>2</sup> 이하의 중·소형 빌딩에 대해서는 약 71.5%를 차지하고 있다. 또한, 건축 환경, 사용자 및 관리자의 요구에 따라 중·대형빌딩 공조방식에도 시스템에어컨디셔너를 활용한 공조가 확대되고 있다. 특히 일본의 경우 Open plan 및 All glass 타입의 건물에 있어, 부하의 변동폭이 적고 환기가 중요한 내부존에는 공조기를 이용하고, 부하의 변동폭이 심한 외부존에는 개별 냉·난방 제어가 가능한 시스템에어컨디셔너를 활용하는 하이브리드 공조 방식을 적용하는 사례가 늘고 있으며, 주로 공랭식 시스템에어컨디셔너를 적용

하고 있다. 우리나라의 경우에도 2006년도에 전체 공조시장의 약 58%를 시스템에어컨디셔너가 차지하고 있을 정도로 적용이 늘어나고 있는 추세이다 (건교부, 통계청 KOSIS 자료).

그러나, 현대의 건물들이 초대형화, 초고층화를 지향하고, 기하학적 미를 추구하고 있다는 점에서 공랭식 시스템에어컨디셔너만으로는 건축, 환경, 설비 설계 등의 조건에 100% 부합하는 데는 다소 한계가 있다. 특히 고층건물 주변의 복잡한 빌딩풍의 영향과 건물 외벽에 실외기실을 설치하기 때문에 발생하는 외관 손상, 더 높은 에너지효율을 추구하는 사회적/국가적 에너지 정책 등에 부합할 수 있는 시스템의 개발이 요구되고 있는 실정이며, 이러한 문제를 해결할 수 있는 적합한 시스템 중의 하나가 수열원을 이용한 히트펌프 공조시스템이라고 할 수 있다. 수열원 히트펌프 시스템은 냉각탑과 보일러를 열원으로 사용할 수 있을 뿐만 아니라 지역난방, 지열, 하천수 또는 건물의 폐수와 같은 미활용열원의 사용이 가능하여 이를 응용한 에너지 절약 설계가 가능한 시스템이다.

### 수열원 공조시스템의 구성

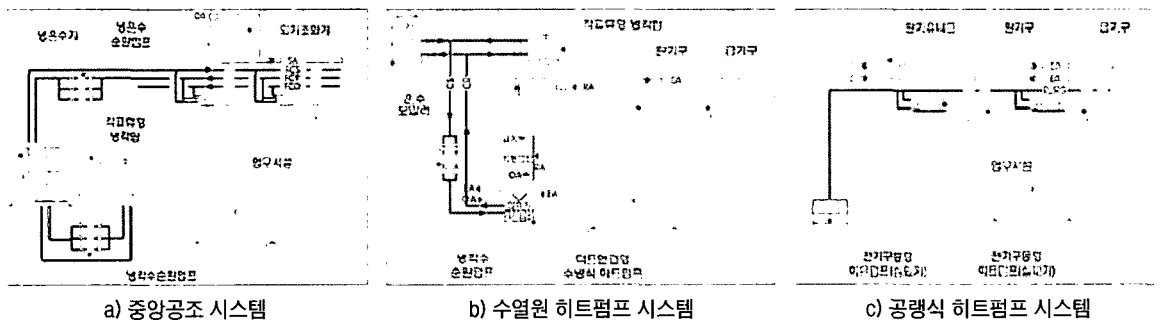
수열원 공조시스템은 기존의 중앙공조시스템과 공랭식 히트펌프 시스템의 장점을 두루 반영하고 있다. 표 1에 나타난 바와 같이 흡수식 냉온수기를 사용한 중앙공조시스템은 전체 수전설비용량을 감소시키고, 외기온도에 대한 난방효율이 비교적 높은 장점이 있지만, 대형 유닛의 단일 운전에 따른 부분부하 효율이 떨어지며, 냉동기, 냉각탑, 보일러 등 메인 유닛의 고장 시 건물 전체의 냉·난방에 지장을 초래할 우려가 있다. 또한, 공랭식 히트펌프 시스템은 압축기, 송풍기 등의 인버터 제어를 통해 부분부하 효율은 높지만, 혹한기, 혹서기의 외기온도 변동에 따른 성능변화가 발생할 우려가 있다. 그림 1은 공조방식에 따른 시스템 개략도를 나타내고 있다.

그러나, 수열원 히트펌프 시스템은 실내·실외 유닛에 인버터 방식의 압축기 및 송풍기를 적용하여 부분부하 효율이 높고, 수냉식 열교환기를 사용하여 외기 온도변화에 따른 성능변화를 최소화 할 수 있다.

수열원 공조시스템은 그림 2 a)와 같이 실외기와 실내기가 하나의 유닛으로 구성된 일체형 수열원 히트펌프와 그림 2 b)와 같이 응축기 유닛과 증발기가 분리된 멀티형 수열원 히트펌프로 구분할 수 있다. 일체형 수열원 히트펌프는 밀폐된 공간에 실외기와 실내기가 포함된 일체형 수냉식 유닛을 설치하고, 냉·난방부하 공급은 덕트를 통해 급기하는 방식으로 이루어지며, 냉각탑 및 보일러와 연결된 수배관으로 구성된다. 또한 신선외기 도입을 위한 별도의 공조기(AHU)를 설치하여 환기를 담당할 수 있다. 반면, 멀티형 수열원 공조기의 경우, 실외기실에는 냉각탑 및 보일러와 연결된 수열원 실외기유닛을

<표 1> 공조방식에 따른 시스템 특징비교

구 분	중앙공조	수열원 히트펌프		공랭식 히트펌프
		멀티형	일체형	
열원설비	냉각탑, 냉동기, 보일러	냉각탑, 보일러		공기
실외기	-	실외기 유닛	일체형 유닛	실외기 유닛
실내기	덕트형, FCU	매립덕트 카세트, FCU		매립덕트, 카세트, FCU
환 기	공조기	개별환기 공조기	좌동	개별환기 공조기
특 징	· 수전설비 용량감소 외기온도에 의한 난방능력 영향 없음 · 부분부하 효율이 나쁨 · 장비 고장 시 냉·난방 지장 초래	· 인버터제어, 부분부하 효율 우수 · 외기온도에 의한 난방능력 영향 적음 · 냉·난방 동시운전 가능		· 인버터제어, 부분부하 효율 우수 · 혹한기 난방능력 저하 · 냉·난방 동시운전 가능



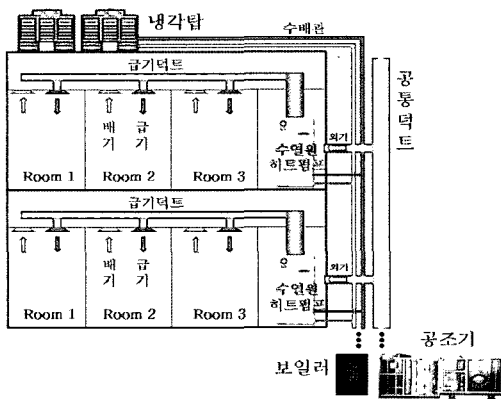
[그림 1] 공조 방식에 따른 시스템 개략도



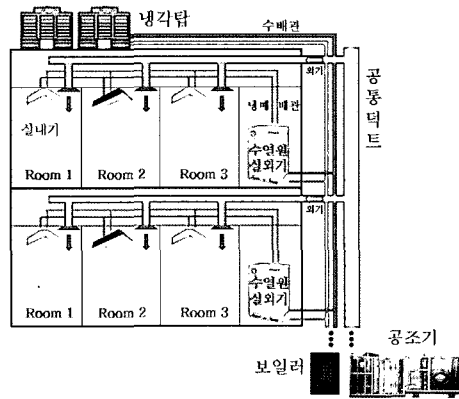
설치하고, 실내기는 각실 또는 각존의 인테리어, 기류, 소음특성 등을 고려하여 설치하며 실외기 유닛과는 냉매배관을 통해 연결된 구조로 되어있다. 일체형 수열원 히트펌프는 주거용 건물에 적용 시 외조기를 이용하여 중앙에서 덕트를 통해 신선외기를 실내기실로 공급하여, 별도의 환기장치를 설치하지 않아도 되는 이점이 있으며, 실별로 풍량/온도제어를 하기위한 풍량제어용 댐퍼를 적용할 경우, 쾌적성 및 사용편리성은 극대화 될 수 있다. 반면 세대별로 멀티형 수열원 히트펌프를 적용한 경우에는 세대별로 환기장치를 설치하거나 공조기를 설치할 수 있으며, 실별로 별도의 실내기를 설치하여 실내부하에 대한 사용편리성을 높이고 있다.

공랭식 시스템이 그림 3 a)와 같이 핀-튜브 열교환기를 이용한 냉매-공기의 직교류방식의 열교환을 하는 것에 반해 수열원 시스템은 그림 3 b)와 같이 대향류방식의 냉매-물 열교환기를 채택하고 있기 때문에 열교환 효율 및 단위 체적당 열교환량이 우수하며, 동일한 실내기 용량에 대한 실외 열교환기의 크기를 1/3 로 줄일 수 있다. 또한, 실외기와 실내기를 하나의 유닛으로 구성하는 것도 가능하다. 수열원 시스템은 고효율의 인버터 압축기 및 이중관 또는 관형열교환기를 채택하여 그림 4와 같이 공랭식 시스템의 성능계수(COP)보다 44~50% 정도 높은 값을 보이고 있다.

수열원 시스템의 또 다른 특징은 공랭식 시스템이

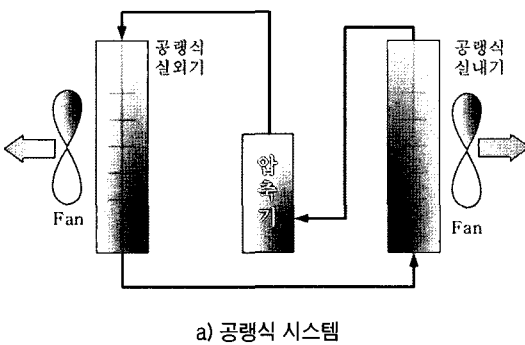


a) 일체형 수열원 히트펌프 시스템

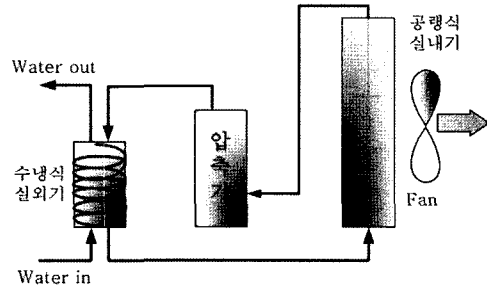


b) 멀티형 수열원 히트펌프 시스템

[그림 2] 수열원 공조시스템 개략도



a) 공랭식 시스템



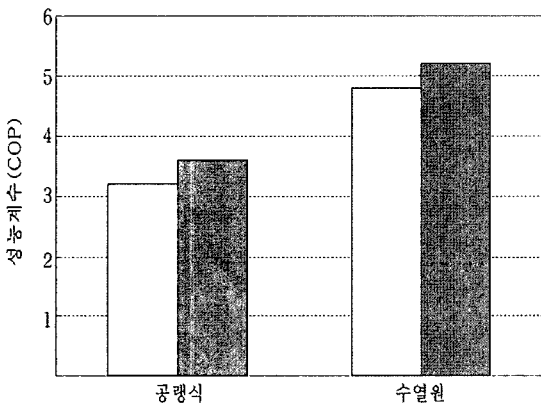
b) 수열원 시스템

[그림 3] 공랭식 시스템과 수열원 시스템의 실내·외기 유닛

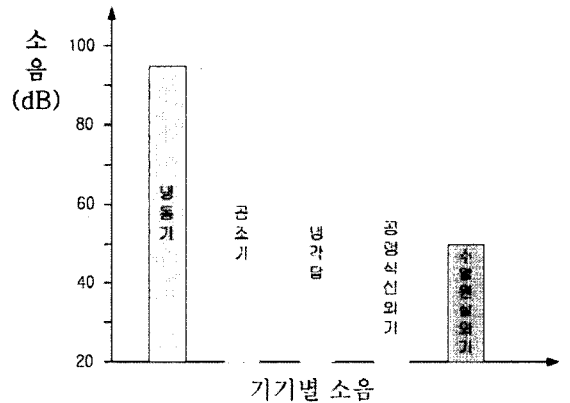
가지고 있던 제상운전 및 외기온도 저하에 따른 난방 성능 변화와 빌딩풍 및 건물의 구조에 기인한 실외기실의 온도변화 및 기류특성으로 인한 성능변화에 대한 우려가 없어졌다. 수열원 시스템은 보일러 및 냉각탑을 이용하여 일정온도의 냉각수 및 온수 공급이 가능하여 항상 안정적인 냉·난방 성능을 유지할 수 있다. 이 밖에도 멀티형 수열원 시스템은 송풍기가 없어 그림 5와 같이 공랭식 시스템에 비해 약 18% 가량 소음이 줄어들며, 제품의 경량화, 소재적화로 인한 2단 설치가 가능하여 건축유효면적이 증가하고, 설치성이 향상되었다. 또한 부분부하 대응을 위해 실외기 유닛의 열교환기를 분할하여 에너지의 효율을 향상시키는 등 수열원 시스템은 공랭식

시스템에 비해 한 단계 진보된 시스템이라고 할 수 있다.

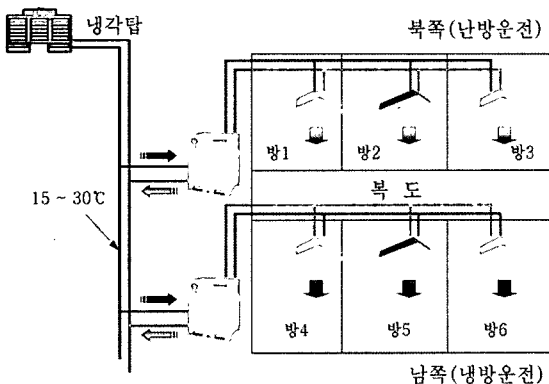
수열원 시스템은 3월~4월, 10월~11월 사이의 중간기 또는 냉방과 난방이 동시에 필요한 호텔이나 병원, 스포츠, 사우나 시설 등에 적용할 경우 냉각수의 온도가 15 ~ 30℃ 를 유지하게 되면, 그림 6과 같이 냉각탑이나 보일러의 가동 없이 냉각수의 배열을 이용하여 수열원 실외기별로 냉방과 난방을 동시에 운전할 수 있는 장점을 가지고 있다. 그림 7은 서울지역의 연간 외기온도분포 및 외기냉방이 가능한 온도범위를 나타내며 15 ~ 22℃ 영역에서 외기냉방을 적용할 경우 연간 약 20%의 운전시간은 외기냉방을 하여 에너지 절감이 가능할 수 있다.



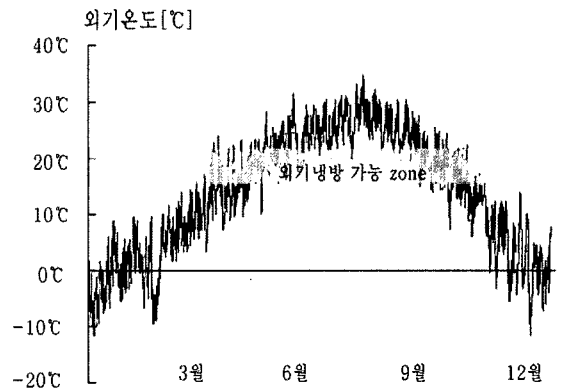
[그림 4] 수열원 시스템과 공랭식 시스템의 성능계수 비교



[그림 5] 공조설비의 소음비교



[그림 6] 수열원 시스템의 배열회수 운전



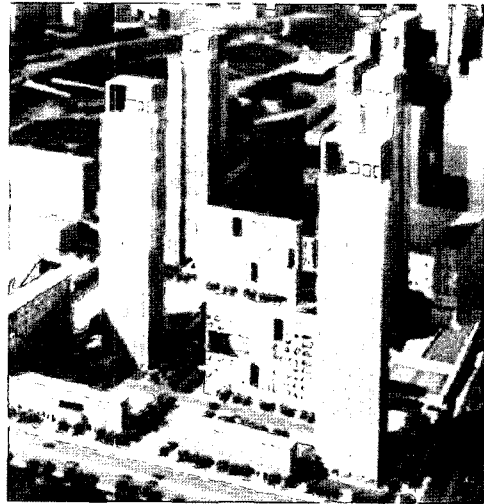
[그림 7] 서울지역의 연간 외기온도 분포



### 수열원 히트펌프 적용사례

현재까지 국내의 수열원 히트펌프의 보급은 아직까지는 많지 않은 실정이다. 지금까지는 공랭식 히트펌프 시스템의 개발 및 보급 활성화에 주력한데도 원인을 찾을 수 있겠지만, 국내 수열원 히트펌프의 개발 기술력 및 수열원 히트펌프에 대한 인식의 부재로 인해 수열원 히트펌프의 보급에는 한계가 있었던 것이 사실이다. 하지만, 최근들어 국내 수열원 히트펌프의 자체기술 확보와 초고층 빌딩의 최적 공조 솔루션으로 수열원 히트펌프에 대한 인식이 전환되고 있다는 점에서, 향후 수열원 히트펌프의 보급은 급속히 빨라질 전망이다. 현재 국내에 수열원 히트펌프가 설치 또는 설계되고 있는 현장을 개략적으로 소개하고자 한다.

으로 수열원 일체형 시스템이 설치되고 있으며, 2009년 완공예정이다. 냉방전용 방식으로 11.6 ~ 17.4 kW의 수냉식 시스템이 세대별로 설치되며, 총 1,596세대에 설치될 예정이다. 수열원 일체형 시스템은 그림 9에서 보는 바와 같이 건물 내부에 실외기 유닛을 설치하여 외벽구간의 공간활용 및 디자인 효과를 높일 수 있으며, 서비스 발생시 세대방문 없이 복도 등 세대 밖에서 서비스가 가능하여 개인의

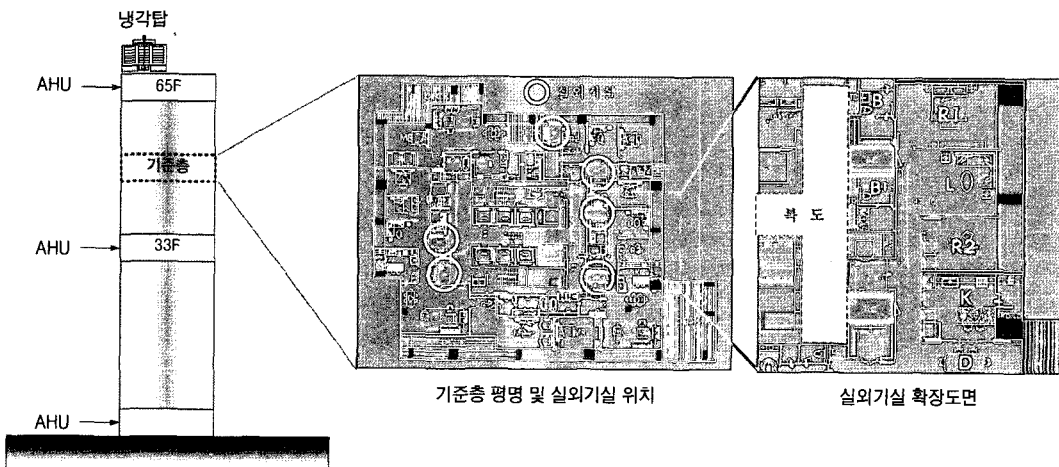


[그림 8] OO신도시 주상복합 아파트

#### 1. OO 신도시 주상복합

- 대지면적 : 105,400 m<sup>2</sup>
- 연면적 : 532,400 m<sup>2</sup>
- 위 치 : 인천시 OO구
- 주용도 : 주거 및 업무시설
- 건물규모 : 64층(주상복합) 4개동
- 적용제품 : 일체형 수열원 시스템

OO신도시 주상복합 아파트는 65층의 초고층 빌딩



[그림 9] 수냉식 시스템 개략도

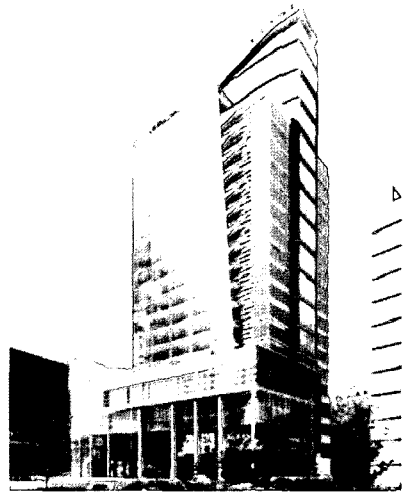
사생활침해에 대한 논란을 막을 수 있다. 실내에 필요한 환기는 공조기(AHU)를 설치하여 공통덕트를 통해 각 세대로 공급되어진다. 수냉식 유닛의 송풍기 및 압축기는 각각 인버터제어를 하여 실내부하량 변화에 따라 송풍량 및 압축기의 회전수를 제어 할 수 있는 에너지 효율적인 시스템으로 구성되어 있으며, 급기덕트의 풍량조절을 위한 변풍량방식(VAV)의 댐퍼가 별도로 설치되어 있다. 홈넷시스템의 중앙 컨트롤러가 실내의 부하를 감지하여 냉각수 유량, 송풍기 회전수 및 댐퍼의 개도를 조절하여 세대 내의 실별 부하를 제어할 수 있도록 첨단 제어 시스템이 구축될 예정이다.

으며, 층간 개별제어를 위해 층별로 별도의 공조기 실을 두고 있다. 층간 제어 및 개별실내기 제어를 할 수 있어, 심야의 소수 연구인원에 대한 개별 냉·난방 문제를 해결할 수 있어, 에너지 활용, 쾌적성 및 사용자 편리성을 고려한 효율적인 시스템이라고 할 수 있다. 또한, 그림 12와 같이 BMS 시스템과 연계하여 조명, 소방, 전력 제어 등과 전체 공조기기를 한곳에서 모니터링 및 제어할 수 있는 인텔리전트 제어 시스템을 구축하였다.

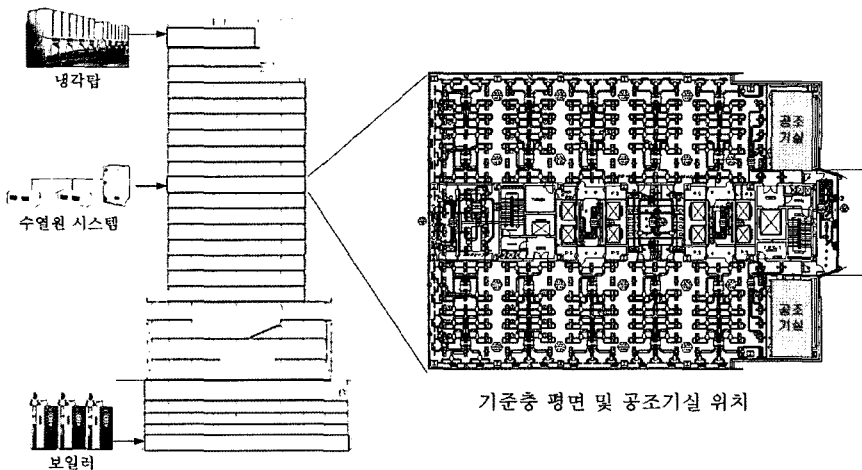
### 2. 00 연구시설

- 건축면적 : 5,620 m<sup>2</sup>
- 연면적 : 84,300 m<sup>2</sup>
- 위 치 : 서울시 OO구
- 주용도 : 교육연구 및 복지시설
- 건물규모 : 지하 5층, 지상 20층
- 적용제품 : 일체형 및 멀티형 수열원 시스템

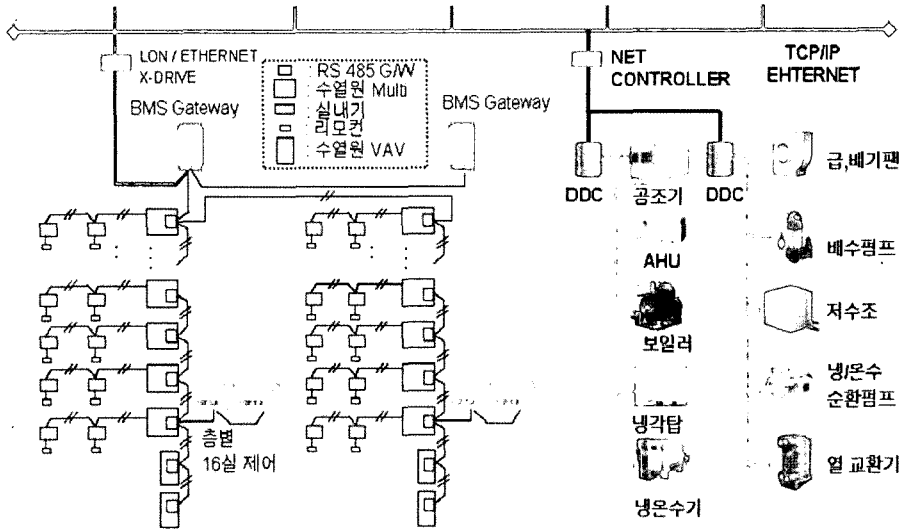
OO 연구시설 신축 공사에도 수열원 히트펌프 시스템이 적용되고 있다. 본 건물은 지하 5층, 지상 20층의 연구시설로 29 kW 용량을 가진 수열원 일체형 및 멀티형 수열원 히트펌프가 385대가 설치되고 있



[그림 10] OO연구시설 개요



[그림 11] 수열원 히트펌프 시스템 개략도



[그림 12] BMS 시스템 개략도

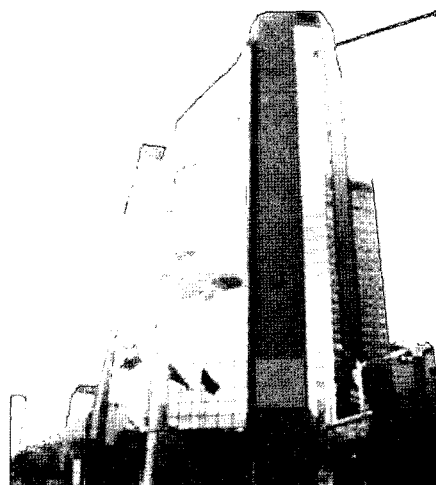
### 3. OO은행 리모델링 현장

- 연면적 : 66,222 m<sup>2</sup>
- 위 치 : 서울시 OO구
- 주용도 : 업무시설
- 건물규모 : 20층
- 적용제품 : 멀티형 수열원 시스템
- 특이사항 : 부분 리모델링 공사 (7층 방송실)

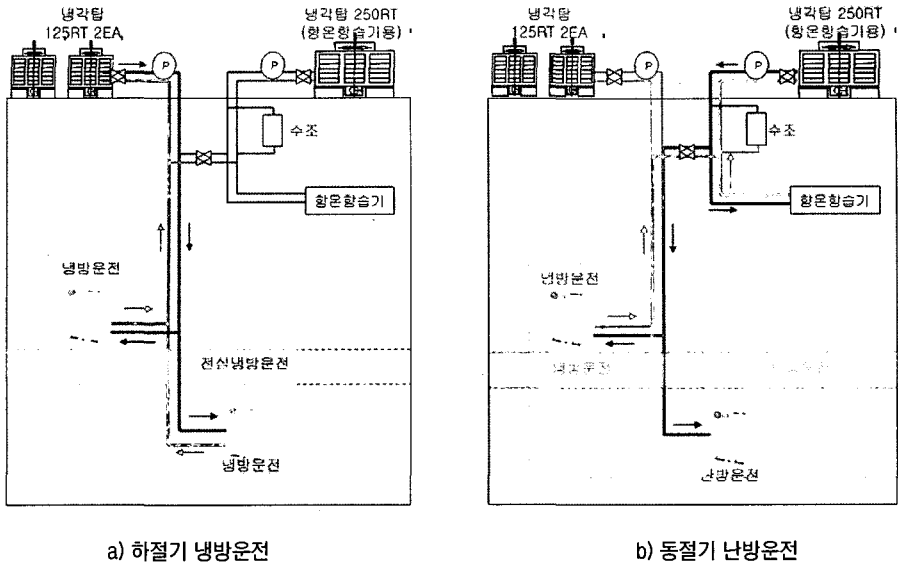
OO은행은 연면적 66,222 m<sup>2</sup>의 20층 건물로, 1987년에 준공되어 20년간 운영되어왔다. 공조설비로는 흡수식 냉온수기 및 터보냉동기와 125 RT급 냉각탑 2대와 250 RT급 향온향습실용 냉각탑이 설치되어 있다. 전산장비 운영을 위해 연중 냉방운전을 실시하는 별도의 향온향습실을 두고 있다. 최근 기존 설치된 팬코일유닛(FCU)에 누수가 발생하여 일부 리모델링을 실시하면서, 7층 방송실 및 일부 사무공간에 멀티형 수열원 히트펌프가 설치되었다.

멀티형 수열원 히트펌프는 그림 14와 같이 방송실 스튜디오의 연중 냉방부하와 스튜디오 부속 사무실의 냉방과 난방을 담당하게 된다. 하절기에는 전체 수열원 시스템이 냉방운전을 하게 되며, 향온향습기와 연결된 냉각수 배관을 차단하고 기존의 냉각탑을 사용하여 열을 방출하게 된다. 동절기에는 전체 수열

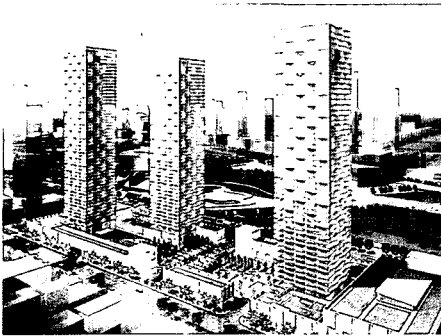
원 시스템 중 방송실 스튜디오와 연결된 수열원 히트펌프는 방송기기의 발열을 제거하기 위해 냉방운전을 실시하게 되며, 일반 사무실에 연결된 수열원 히트펌프는 난방운전을 실시하게 된다. 난방운전 시 필요한 온수는 향온향습기의 냉각수로부터 공급받을 수 있도록 수배관이 구성되어 있어 추가 보일러의 설치없이 에너지 효율적인 운전을 하고 있다.



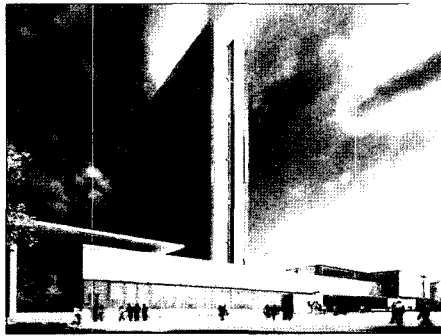
[그림 13] OO은행



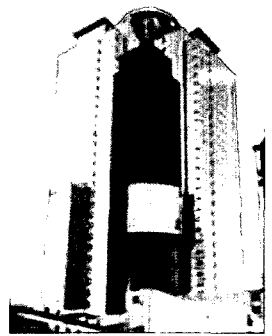
[그림 14] 하계 및 동계 냉·난방 운전 시스템 개략도



[그림 15] 00신도시 주상복합아파트



[그림 16] 00연구시설



[그림 17] 일본 Oak Tower

이 밖에도 00신도시 주상복합(48층), 00연구시설(25층) 등 국내의 수열원 시스템 적용 현장들은 점차 늘어나고 있는 추세이며, 일본의 경우 신주쿠 OAK TOWER (38층, 03년)에도 수열원 시스템을 적용하여 사용하고 있다.

**맺음말**

수열원 히트펌프 시스템은 중앙공조 및 공랭식 시스템에서 겪었던 초고층, 대형 빌딩 공조의 문제점

을 해결하는 데 적합한 공조 솔루션의 대안이 될 수 있다. 공랭식 멀티에어컨디셔너에 대해서는 KS규격이 검토되고 있고, 에너지 절약계획서 등에도 일부 반영되고 있지만, 수열원 히트펌프 시스템에 대한 법 개정이나 KS 규격의 제정, 고효율에너지기자재 등록 등에 대한 검토는 아직 미흡한 실정이다. 향후 설비공학회, 대학교 및 연구기관, 정부기관, 기업체 등이 연계한 연구 및 위원회 활동 등을 통해 이러한 부분들에 대한 기준들이 시급히 정립되어야 할 것으로 사료된다. ㉔