

인텔리전트빌딩에서 개별공조시스템의 최근 동향

Personal HVAC system in intelligent buildings

정 기 범
K. B. Jeong
유한대학 건축설비과

조 동 우
D. W. Cho
한국건설기술연구원



- 1958년생
- 실내환경의 제어, Intelligent Building System 등에 관심을 가지고 있다.



- 1959년생
- 실내환경제어시스템, 지속가능한 건축 등에 관심을 가지고 있다.

1. 인텔리전트빌딩의 개별공조시스템

인텔리전트빌딩의 구성 기능 중에서 공조설비는 실내 공기환경을 담당하는 분야로서 재실자의 건강과 가장 밀접한 관계를 맺고 있는 환경조절수단이다. 그러나 실제 사무조건물에 적용되고 있는 많은 공조시스템들이 목적하는 만큼 효율적으로 공조공기를 실내에 제공하고 있지 못하다. 최근 인텔리전트빌딩은 사무자동화에 따른 개인컴퓨터 및 OA기기의 출현으로 사무공간의 계획도 가구 또는 파티션으로 구획된 준개실화 개념의 개별작업공간(workstation) 형태로 급속히 변하고 있다. 따라서 기존의 천장급기 공조방식으로는 각 작업공간으로의 공기전달이 효율적으로 이루어지지 않아 쾌적한 실내 공기환경을 달성하기 어렵다. 사무공간에 대한 실내환경의 질을 만족시키기 위해서는 재실자의 요구와 사무공간의 형태를 합리적으로 수용할 수 있는 새로운 공조계획 수립이

요구된다.

한편, 공조설계를 위해 제시되고 있는 각종 실내환경 기준들을 살펴보면, 대부분의 기준들이 재실자의 80%가 만족하는 상태를 쾌적환경 범위로 설정하여 제시하고 있다. 따라서 동일 공간내에서 최소한 20%이상의 재실자는 쾌적대(快適帶)가 달라 실내환경을 만족할 수 없는 경우가 발생한다. 최근의 연구결과에 의하면, 사무근무자가 실내환경 조건에 만족할 경우 15%의 생산성이 향상된다고 보고되고 있다.

선진국에서는 최근 균일하게 제공되는 공조환경수준으로 재실자의 불만족범위를 최소화하는 소극적 제어방법 대신에 재실자가 공조 수준을 개별적으로 차별화할 수 있는 다중 존 개념의 공조제어 기법들을 도입하고 있다. 예를 들면, 재실자제어가 가능한 모듈화된 천장급기, 이층바닥(free access floor)을 통한 바닥급기, 파티션 또는 책상면의 급기구를 통한 급기방식들이 워크스테이션내의 실

내환경의 질을 향상시키고 에너지도 절감할 수 있는 기법으로 제시되고 있다.

이 글에서는 최근 선진국에서 인텔리전트빌딩의 사무공간에서 실내환경을 만족시키기 위해 시도되고 있는 개별공조시스템의 최근 기술을 소개함으로써, 인텔리전트빌딩에서의 쾌적한 실내환경 및 공조계획 수립을 위한 기초자료를 제공코자 한다.

2. 천장 개별공조시스템

천장 개별공조시스템은 그림 1처럼 천장부위에 설치된 취출구의 풍량과 온도를 제어하여 각 워크

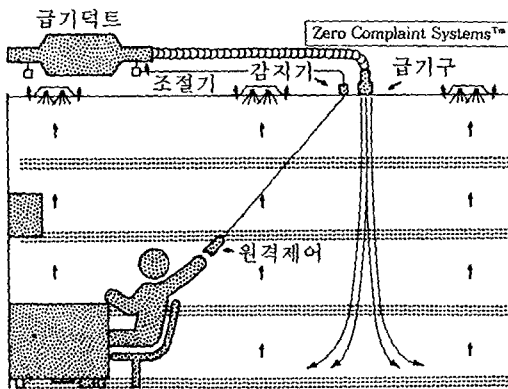


그림 1 천장공조제어시스템(zero complaint system)의 예

스테이션으로 원하는 공조공기를 공급하는 시스템이다. 일본 오사카시에 있는 우메다센터빌딩, 크리스탈타워빌딩 등은 워크스테이션이 3.2m×3.2m의 단위모듈공간(cell body)으로 구획되어 있으며 4000여개의 워크스테이션이 독립적으로 실내환경을 제어할 수 있도록 구성되어 있다. 또한 그림 2의 각 단위모듈공간은 천장 공조급기구와 배기구 및 조명시스템과도 결합되어 있다. 중앙공조시스템의 설정온도 및 풍량은 실내에 설치된 이산화탄소센서와 온도센서에 의해 변화되며 단위모듈공간내의 근무자는 개인의 쾌적조건에 맞추어 온도, 풍량 및 조명수준을 결정하게 된다. 온도, 기류 및 조명시스템은 워크스테이션에 있는 컴퓨터로 제어되며 설정코드를 이용한 전화망으로도 제어가 가능하다. 이와 같은 구조는 사무공간의 프라이버시, 배치, 기능 등의 변화에 적극적으로 대응할 수 있다는 장점을 갖고 있으나 초기 비용이 많이 들 뿐 아니라 네트워크 통신배선통로 확보를 위한 추가비용이 발생하게 된다.

3. 바닥 개별공조 시스템

1978년 독일에서 바닥공조시스템이 처음 개발된 이래 현재는 유럽, 남아프리카, 미국, 캐나다,

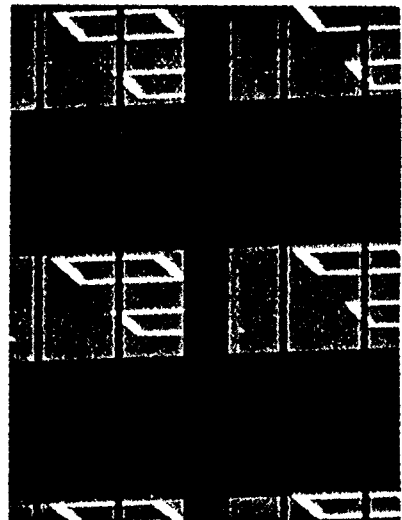
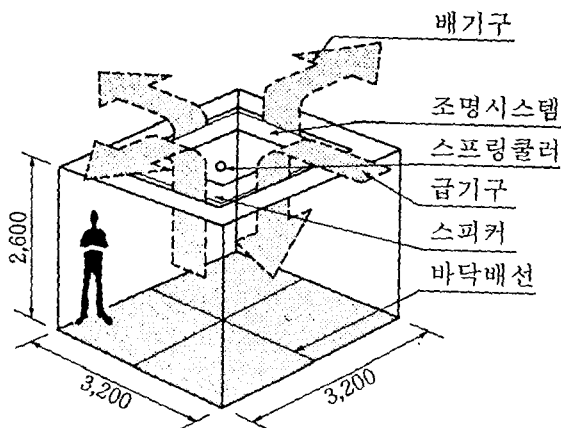


그림 2 천장개별공조를 위한 단위모듈공간(우메다센터빌딩)

일본, 동남아시아 등 세계 각지에서 바닥공조시스템의 실시 예를 쉽게 찾아 볼 수 있다. 통계에 따르면 1996년을 기준으로 전세계에 300만 ft^2 의 면적이 이중바닥공조시스템을 채택하고 있으며, 미국에서는 400,000 ft^2/week 의 규모로 바닥공조시스템이 급속히 보급되고 있는 것으로 나타났다.

바닥공조시스템은 사무자동화기기의 보급 증가에 따라 배선의 유연성을 높이기 위해 설치된 이중바닥공간을 공조공기의 반송공간으로 이용하고, 바닥면에 특수한 취출구를 설치하여 공기를 실내로 공급하고 천장부위의 배기구로 배출하는 방식이다.

이중바닥공간은 그림 3처럼 전기배선, 통신케이블, 공조덕트 등을 수용할 수 있는 바닥 아래의 공간을 제공하므로 인텔리전트빌딩내 사무공간의 재배치를 위한 새로운 시설과 장비 설치에 쉽게 대처할 수 있다. 이중바닥공간의 부속물로는 바닥판, 지주, 통신배선박스, 공조급기모듈 등이 있다.

이중바닥내 공간을 이용한 바닥공조방식 중에서 대표적인 것으로 등압식 바닥공조시스템으로 구성된 (주)신성이엔지의 FSS(flexible space system)와 Tate Access Floors, Inc.의 TAM(task air module)가 있다.

신성FSS는 그림 4처럼 이중바닥공간을 격막(baffle)을 사용해서 급기용 및 환기용의 2개 공기통로로 사용하는 것을 특징으로 하고 있다. 따라서 급기구와 환기구를 바닥면에 함께 설치하는 것이 가능하여 이중바닥공간내의 덕트공사를 생략할 수 있다. 급기구측의 바닥에는 재실자가 원



그림 3 바닥 개별공조시스템의 예

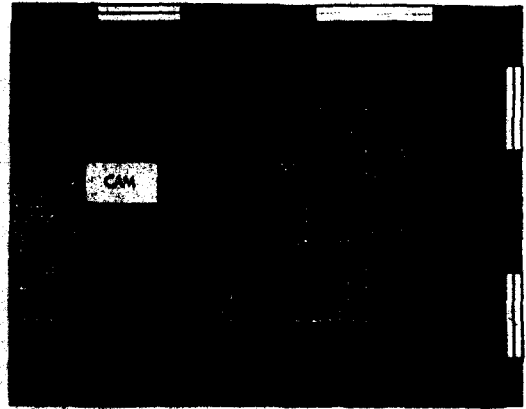


그림 4 바닥급기·바닥배기방식의 공조조닝 구성 예

하는 풍량을 실내로 보낼 수 있도록 바닥매립형 터미널유닛이 설치되어 있다.

4. 파티션 개별공조 시스템

기존의 천장 공조 방식은 재실자 개인마다 다르게 요구하는 온도대응에 한계가 있으며, 개인마다 파티션이 있는 워크스테이션에서 근무할 경우 워크스테이션내의 공조효과가 떨어지게 된다. 그러나 파티션 개별공조시스템은 파티션 자체에서 워크스테이션내의 근무자를 향해 수평 급기 되면서 개별적으로 풍량과 풍향의 제어가 가능하므로 재실자 각자에게 알맞은 쾌적한 열 환경을 실현할 수가 있다.

대표적인 예로 그림 5의 마쓰시다(松下)정공의 내쇼날 바닥공조 시스템(ナショナル アンダーフロア氣調システム)은 이중바닥으로 공급되는 공조공기를 워크스테이션의 급기용 파티션, 바닥 급기구 및 급기 타워로 급기하고 천장으로 배기하는 방식이다.

(1) 급기용 파티션과 급기 타워

파티션 하부 이중바닥에서 플렉서블 덕트를 통해 파티션으로 공조공기를 끌어들이어 통신 단자나 중앙의 네트워크 시스템을 이용해서 파티션에 내장된 소형 팬을 제어하며 기류를 공급한다. 그림 6의 파티션 패널은 폭과 높이가 다양하고 동일 모듈에 송풍 기능의 파티션 패널이나 일반 파티션

패널을 조합해서 세울 수 있어서 다양한 워크스테이션을 구성할 수 있다. 그림 7의 급기 타워는 높이가 190cm로서 하부에 장착된 팬으로 타워의 상부와 하부에서 동시에 급기하여 준다.

(2) 바닥 급기구

바닥 급기구는 크기가 60×60cm이고 두께는 15~25cm의 범위이며, 급기구에 팬을 부착한 형

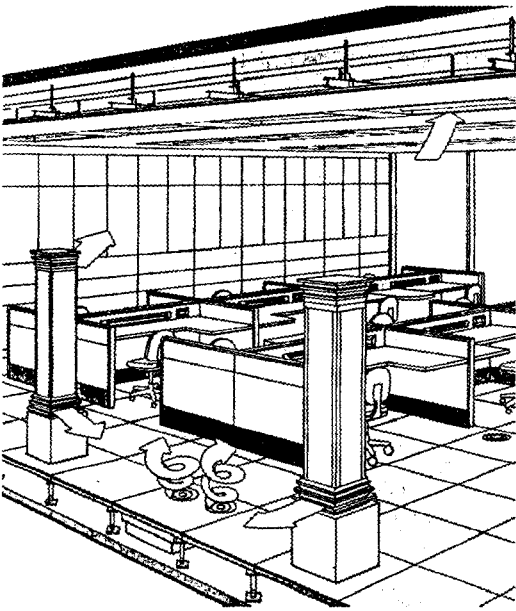


그림 5 National underfloor HVAC system

식과 팬이 없는 형식의 두 가지 형식이 있다. 팬 부착형은 통신단자가 장착되어 있어 리모콘으로 제어하거나 각종 자동제어 관리시스템으로 제어할 수 있다. 팬이 없는 형식은 건물을 개축하는 소규모 사무소의 공조나 향온, 향습, 정풍량이 필요한 공간의 공조에 적당하다.

(3) 공조기

공조기는 본체 하부의 송풍기로 이중바닥으로 급기해서 천장으로 배기하는 형식이며 처리풍량은 60~200m³/min이다. 본체 두께가 40cm의 박형(薄型)도 있으므로 사무실의 락커(locker)공간 내에 설치가 가능하고, 본체 두께가 105cm인 형식도 기존 공조기보다 얇아서 기계실 필요공간을 감소시켜 사무소 건물의 유효사용면적을 증대시켜준다.

(4) 초기 투자 설비비와 운전경비

비용 계산의 대상을 기기류의 직접 비용으로 한 경우 파티션 공조시스템은 다음과 같은 특성이 있다.

- ① 사무 기기와 조명 기기의 발열을 상승기류로 배기시키므로 배열에 필요한 에너지를 감소할 수 있다.
- ② 덕트공사가 간편하여 비용과 공기가 감소된다.
- ③ 덕트 저항이 감소되는 만큼 송풍용 기기의

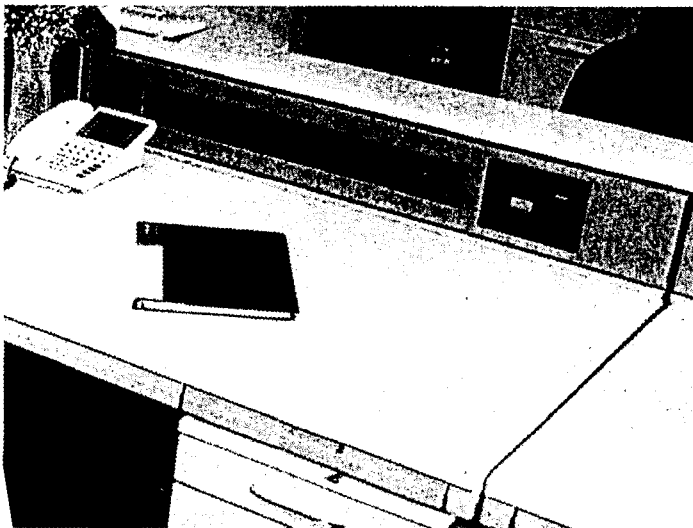


그림 6 급기용 파티션

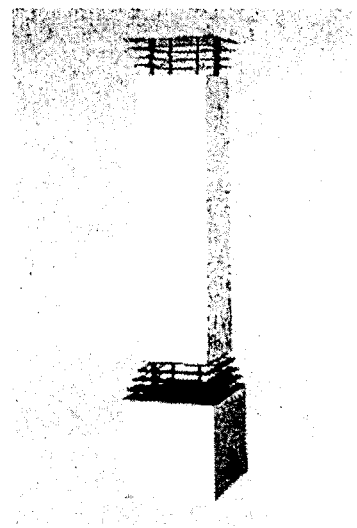


그림 7 급기 타워

용량이 축소되고 운전경비도 감소된다.

- ④ 공조기계실 면적이 감소되므로 임대 빌딩에 서는 유효 임대 면적의 비율이 높아진다.
- ⑤ 파티션공조의 경우 바닥의 급기팬이 분산 설치되므로 비용이 약간 증대된다.

초기 설비투자비를 비교할 경우 천장 공조방식에 비해 파티션 공조방식의 기기 비용이 크지만 덕트공사 비용에서 대폭 감소되고 배관공사와 바닥공사는 큰 차이가 없어 파티션 공조방식이 100%일 때 천장공조방식은 101%이어서 파티션 공조방식의 초기 설비투자비가 적은 것으로 나타나 있다. 운전경비의 비교에서는 파티션공조방식이 송풍 동력 비용 면에서 대폭 절감되어 급기팬 부착형의 경우에 천장 공조방식보다 에너지를 18% 정도 더 절약할 수 있는 것으로 나타나 있다.

5. 데스크탑 개별공조 시스템

데스크탑 개별공조 시스템은 이중바다으로 공급되는 공조공기를 플렉서블덕트와 책상면위의 디퓨저를 통해 수평 급기 하는 방식으로 대표적으로 Johnson Controls, Inc.의 PEM(personal environment module)시스템이 있다. 그림 8의 PEM시스템은 재실자의 쾌적한 작업환경을 제공하기 위하여 중앙공조시스템 및 가구시스템과 통합되어 재실자는 제어유닛을 이용하여 온도, 기류, 복사열, 소음 차폐 및 개별 조명을 사용자 개개인의 요구조건에 맞게 제어할 수 있어 쾌적한 업무환경을 만들어 줄 수 있다. 일반적으로 이중바다 공간을 급기공간으로 이용하고 바닥 또는 천장공간을 배기 공간으로 이용한다.

(1) 재실 및 비재실 모드 제어

사용자는 제어유닛을 이용하여 그림 9처럼 온도, 기류, 복사열, 백색소음(white noise) 및 개별 조명을 사용자 개개인의 요구조건에 맞게 설정할 수 있다. 제어유닛에 있는 통합재실센서는 3m내의 45kg 정도의 열매체에 대한 움직임을 감지하여 개별작업공간이 비어 있거나 에너지절약모드의 경우에 시스템을 정지시킨다. 재실센서가 비재실 상태를 감지했을 때는 10분간의 지연시간을 갖고 모든 기능을 정지시킨다. 이때, 워크스테이션에

공급되는 풍량은 바닥플래넬의 압력에 의해 최소 풍량을 유지한다. 재실센서가 재실자를 감지했을 때, PEM시스템은 작동을 개시하고, 모든 운영조건은 이전에 설정된 조건으로 다시 유지된다.

(2) 급기 온도 제어

재실자는 제어유닛에 있는 조절기로써 급기구 온도를 3~4℃ 범위에서 조절할 수 있다. 설정 온도 신호는 제어모듈에 있는 컨트롤러로 전송되며, 제어모듈의 출구에 있는 온도센서에 의해 외부공기와 실내공기가 혼합되어 실내설정온도에 도달하게 되어 쾌적한 열환경을 달성할 수 있다. 일반 공조 시스템의 급기 온도는 13℃인데 비하여 이 시스템은 재실자의 거주공간 가까이에서 급기 되므로 16~18℃의 높은 냉방 급기온도로 운전될 수 있으므로 중앙의 냉방관련시설의 효율이 증가

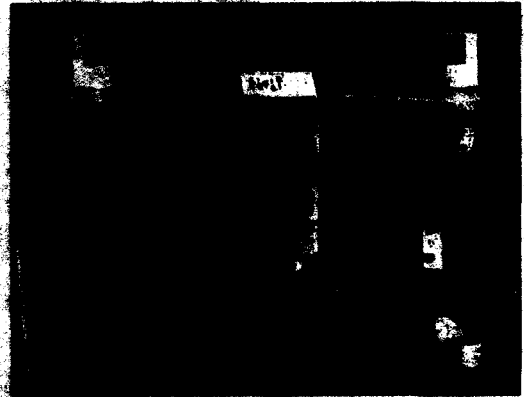


그림 8 Personal environment module



그림 9 PEM 개념도

되어 에너지를 절약할 수 있다.

(3) 기류 제어

팬 조절기는 제어모듈유닛에 있는 가변속도 팬에 의해 12~70L/s의 풍량을 비례적으로 맞출 수 있다. 팬이 멈추었을 때도 바다플레넘의 압력이 일정하게 유지되며 PEM의 급기구를 통하여 각 워크스테이션에 최소풍량이 전달된다.

(4) 실내공기환경의 향상

작업면에 설치된 디퓨저를 통해 작업자에게 직접 신선한 공기를 접하게 하고, 미세한 공기오염물질의 제거가 가능한 고성능 정전기필터를 이용하여 실내공기환경을 향상시킬 수 있다.

(5) 소음 차폐 제어

제어모듈에 위치한 스피커로 0에서 60dB에 이르는 백색소음을 발생시켜 급기구를 통해 공조공기와 함께 실내로 전달된다. 따라서 주위 소음에 의한 작업자의 주의 산만을 차단시켜 생산성을 향상시킬 수 있다.

(6) 조명제어

조명제어 조절기는 개별조명의 출력을 10~100%의 범위에서 조절할 수 있어 시각적으로 쾌적하며 조명에너지를 절감시킬 수 있다. 이 조명조절회로는 백열등뿐 아니라 모든 형광등까지도 검용이 가능하다.

6. 개별공조 시스템별 특징 비교

인텔리전트 빌딩의 사무공간내 실내환경을 만족시키기 위한 기술중의 하나가 개별공조 시스템이다. 기존의 공조 시스템은 사무실 전체를 단일 존으로 제어하므로 재실자 각자가 요구하는 열 환경이 서로 다를 경우에도 재실자 사이의 개별적인 요구를 만족시킬 수 없고, 천장에서 급배기 되므로 사무 기기의 발열로 국부적으로 온도 상승이 되는 공간이 생겨도 파티션이 기류의 흐름을 방해하여 워크스테이션 내의 공조 효과가 떨어진다.

표 1 각 개별공조 시스템의 특징 비교

	천장개별공조시스템	바다공조시스템	칸막이공조시스템	데스크탑공조시스템
급배기				
급기구 위치	천장면	바다면	칸막이	책상면위
급기 공간	천장내 덕트	이중바다	이중바다	이중바다
배기구 위치	천장면	천장면, 바다면	천장면	천장면
배기 공간	천장내 덕트	천장덕트, 바다배플	천장내 공간	천장내 공간
급기 방향	하향	상향	수평	수평
배기 방향	상향	상향, 하향	상향	상향
환기 효과	적다	크다	크다	크다
팬 위치	중앙 기계실	바다 급기구	칸막이 패널	책상면 하부
조닝				
대상 인원	1~4명	1~2명	1명	1명
대상 구역	사무공간과 그 외 공간	사무공간과 그 외 공간	사무공간과 그 외 공간	개인사무공간
개별 제어				
풍량 개별 제어	가능	가능	가능	가능
풍향 개별 제어	불가	가능	가능	가능
온도 개별 제어	가능	불가	불가	가능
조명 개별 제어	가능	불가	불가	가능
부재시 절약 제어	불가	불가	불가	가능

재실자마다 상이하게 요구하는 실내 열환경을 개인별로 충족시키기 위해서는 각 워크스테이션마다 공조공기의 풍향, 풍량, 온도를 개별적으로 제어할 수 있게 하면 쾌적한 실내 환경을 제공할 수 있다. 또 이중바닥공간을 통하여 바닥면, 파티션 또는 책상면위의 급기구로 공조공기를 급기하여 천장으로 배기하면 워크스테이션 내의 공기교환효율(air change effectiveness)을 높여 공기환경을 개선할 수 있다.

이러한 개념에서 개발된 공조 급기 시스템 중 에서 천장 개별공조 시스템, 바닥 공조시스템인 신성이엔지의 FSS(flexible space system), 파티션 공조시스템인 마쓰시다(松下)정공주식회사의 내쇼날 바닥공조시스템(ナショナル アンダーフロア氣調システム)과 데스크탑 공조시스템인 Johnson Controls, Inc.의 PEM(personal environment module)의 개별공조 시스템의 특징에 대하여 표 1과 같이 비교하였다.

7. 맺음말

인텔리전트빌딩은 고부가가치의 생산성을 달성하기 위해 거주자에게 최상의 쾌적환경을 제공함을 기본목표로 하고 있다. 따라서 인텔리전트빌딩에서는 이러한 목표달성을 위해 일반 사무소건물보다 선진적인 사무자동화, 통신시스템 및 건물관리시스템들을 도입하고 있다. 특히 사무공간에는 개별공조 및 환경제어시스템을 도입하여 근무자들의 열환경, 시환경, 공기환경 등의 재실쾌적감을 향상시켜 생산성의 향상을 유도하면서 에너지의 절감을 꾀하고 있다.

이 글에서 검토한 개별환경 및 공조시스템들은 에너지절약 및 쾌적한 실내환경을 조성할 수 있어 고부가 가치를 추구하는 인텔리전트빌딩에 적용될 수 있을 것이라 판단된다. 향후 개별환경제어

기술들로 구성된 효율적인 사무공간 개발을 위한 다양한 접근이 이루어지기를 기대한다.

참고 문헌

1. Shute, R. W., 1992, *Integrated Access Floor HVAC*, ASHRAE Transactions : Symposia, AN-92-4-2, pp. 730~737.
2. 松下精工株式會社, 1996, *アンダーフロア氣調システム ガダログ*.
3. 飯塚 宏, 中邦 隆, 谷川 雅則, 1993, *床ファン方式, 床吹出し空調システムシンポジウム*, 日本建築學會 環境工學委員會, pp. 53~63.
4. Kim, J. J., 1996, *Intelligent building technologies : a case of Japanese buildings*, The Journal of Architecture, Vol. 1, pp. 119~132.
5. 정기범, 1998, 개인사무공간의 환경조절 시스템, 대한건축학회 논문집, 14권 1호, pp. 261~268.
6. Johnson Controls Inc., 1997., *Personal Environments Application Guide*.
7. Lomonaco, C., Miller, D., 1997, *Comfort and Control in the Workplace*, ASHRAE Journal, pp. 50~56.
8. 조동우, 1998, 데스크탑 개별환경모듈 시스템의 온열환경 및 환기효율 분석, 대한건축학회 논문집, 14권 11호, pp. 287~296.
9. Mahdavi, A., Cho, Dongwoo, 1999, A building performance signature for the "intelligent workplace". Proceedings of the CIB Working Commission W098 International Conference : Intelligent and Responsive Buildings. Brugge. pp. 233~240.