

사무소 건물의 OA기기 발열특성에 관한 연구

A Study on the Heat Generation Characteristics of OA Equipments in Office Buildings

○유 형 규* 송 국 섭** 이 언 구***
Yu, Hyung-Kyu Song, Gook-Sup Rhee, Eon-Ku

Abstract

Nowadays, the internal heat generation in offices becomes greater than before due to the introduction of various OA equipment, which result in a year-round cooling in some cases. In general, the cooling energy to dissipate OA heat generation creates excessive cooling load in office. However, the data regarding the amount of actual heat generation from OA equipment are very few, and designers and engineers rely on the rule-of-thumb approach in HVAC calculation. This practice produces excessive HVAC equipment sizing and results in increased initial cost and system inefficiency.

The purpose of this study is to suggest the basic information regarding heat generation characteristics of OA equipment. The electric power supplied for the computers, printers, copy machines, etc, have been measured using precise Digital Power Meter.

키워드 : 사무소, 발열량, OA기기, 사용 패턴

Keywords : Office Building, Heat Generation, OA Equipment, Use pattern

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

사무능률의 향상을 위해 90년대 초부터 사무실에 컴퓨터 보급이 확산되었고, 이와 함께 프린터, 복사기 등의 사무자동화 기기(이하 OA기기)의 사용이 급격히 증가하게 되었다.

OA기기로부터 방출되는 많은 열로 인해 과거보다 실내의 열원 밀도가 한층 높아지게 되어 연중 냉방을 해야 하는 사례가 늘고 있으며, 특히 여름철에는 실내에서 발생된 열을 제거하기 위한 냉방 에너지가 과다해지고 있다.

그러나, 현재 부하계산에 적용할 수 있는 OA

발열량 데이터가 부족한 관계로 부하계산시 OA기기발열을 고려하지 않거나, 단순히 설계 경험치에 의존하고 있는 실정이며, 이로 인해 근거 없이 과다한 안전율이 적용되어 기기의 용량이 커지고, 건축에서 설비가 차지하는 면적이 증가하고 있다.

본 연구는 OA기기의 발열 특성을 분석하고, 부하계산에 적용할 수 있는 데이터를 제공함으로써, 보다 정확한 최대 부하계산과 함께 연간 에너지 소비량을 예측하기 위한 기초자료 제공을 목적으로 한다.

1.2 연구방법

본 연구는 사무실에서 사용하는 각 OA기기의 실제 발열량 조사를 위하여 다음과 같은 연구를 진행하였다.

* 정회원, 중앙대 건축공학과 석사과정

** 정회원, 부천대 건축과 교수, 공학박사

*** 정회원, 중앙대 건축학과 교수, 건축학박사

- 1) OA기기 발열에 관한 문헌조사
- 2) OA기기 실제 전력 소비량 측정
- 3) OA기기 사용 패턴 설문 조사
- 4) OA기기 발열량 변화에 따른 시뮬레이션

2. 기존의 OA기기 발열량 산정 예

2.1 한국

사무용 건물로 설계된 국내 18 개 건물의 부하계산서를 검토해 본 결과, 단 4 개만이 OA기기 발열을 고려하였고, 그 중 3 개는 데이터에 근거하지 않은 약 50W/m²의 값을 사용하고 있었다.

다음은 1996년도 “인텔리전트 빌딩의 실내 기기 특성에 관한 연구”에서 이용한 OA기기 발열량 데이터의 일부이다¹⁾.

표 1 안영선의 OA기기 발열량 데이터

OA기기 (1대당)	발열량 (Kcal/h)
PC (모니터 포함)	301
워크스테이션	481.6
잉크젯프린터	15.1
레이저 프린터	602
프린터 서버	602
복사기	1023.4
팩스	42.1

그러나, 이 연구의 OA기기의 발열량은 실제 발열량이 아닌 수식에 의한 계산 값이다.

2.2 일본

일본에서는 1985년에 OA기기의 발열을 3개의 단계별로 나누어 미래에 대한 부하 예측을 하였다. 이 중 각 등급에 적용된 OA기기의 발열량은 다음과 같다.

표 2 일본의 OA기기 발열량 데이터

OA기기 (1대당)	발열량 (Kcal/h)
PC (모니터 포함)	340
복사기	880
CATV	130
FAX	310
광디스크	680
복합WS	460
오프콘	1,820
μ 필립러더	515

2.3 영국

1992년에 영국의 BSRIA²⁾에서 2년 동안의 현장조사와 시장조사를 거친 연구 보고서³⁾에서는 사무실에서 사용하는 각 OA기기에 대한 실제 소비전력을 측정하여 실무에 적용하여 사용할 수 있는 지침을 마련하였다. 다음은 BSRIA에서 측정한 OA기기 발열량 데이터의 일부이다.

표 3 BSRIA의 OA기기 발열량 데이터

OA기기 (1대당)	발열량 (W)
PC (모니터 포함)	187
워크스테이션	160
레이저프린터	150
플로터	338

2.4 미국

미국의 ASHRAE Fundamentals에는 1989년부터 OA기기 발열량데이터를 제시하고 있다. 다음은 89년 이후부터 제시된 OA기기 발열 데이터의 일부이다⁴⁾.

표 4 ASHRAE OA기기 발열량 데이터 1

OA기기 (1대당)	발열량 (W)
PC (모니터 포함)	90~530
미니컴퓨터	2200~6600
프린터	292
복사기 (소형)	460~1700
플로터	63

그러나, 위의 발열량 데이터는 범위가 너무 넓다. 97년 판에는 정격소비전력에 따른 실제 발열량을 조사한 데이터를 제시하고 있다.

표 5 ASHRAE OA기기 발열량 데이터 2

OA기기 (1대당)	정격소비전력 (W)	발열량 (W)
380mm 모니터	220	78
레이저프린터	836	248
복사기 (데스크탑)	1320	181
PC 1	575	133
PC 2	420	125

이상에서 제시한 OA기기 발열량 데이터는 범위가 다양각색이어서 부하계산에 이용시 적용할 수 있는 기준이 없다. 따라서, 현재의 우리나라 실정에 맞는 데이터 확보를 위해 정밀조사가 필요하다.

2) The Building Service Research and Information Association

3) Power Demands due to Office Equipment, BSRIA, 1992

4) ASHRAE Fundamentals Handbook 77, 85, 89, 93, 97

1) “인텔리전트 빌딩의 실내 기기 특성에 관한 연구” 연세대, 1996

3. OA기기 발열량 측정

본 연구에서는 OA기기 발열량 산정을 위하여, 각 OA기기의 소비전력을 측정하였다.

OA기기의 전력사용량 측정 목적은 각 OA기기의 평균 및 최대 전력을 고려한 합리적인 발열량 데이터를 얻는 것이다.

3.1 측정 기기

OA기기의 발열량 측정을 위해 Yokogawa Electric Corporation의 Model 2533 Digital Power Meter를 사용하여 각 OA기기의 전력 소비량을 측정하였다.

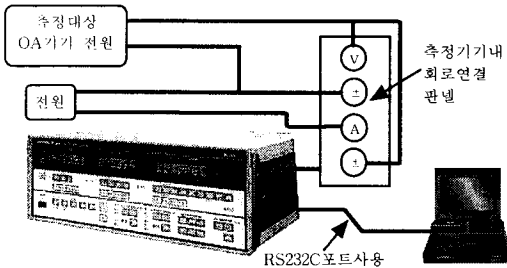


그림 1 측정 기기 및 구성도

3.2 OA기기 종류별 발열량 측정

OA기기의 측정은 주로 사무공간에서 가장 많이 사용하는 컴퓨터, 모니터, 프린터, 복사기 등을 대상으로 하였다.

3.2.1 컴퓨터

23개의 컴퓨터를 대상으로, 작업 상태 및 아이들링 상태에 대하여 측정을 실시하였다. 다음은 Digital Power Meter를 사용하여 측정된 세 개의 샘플을 나타낸 것으로 일반적으로 컴퓨터는 일정한 부하 패턴을 보인다.

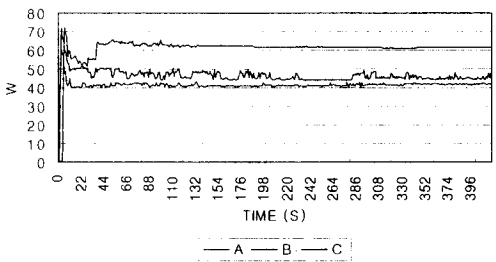


그림 2 컴퓨터의 전력소비량 특성

컴퓨터의 경우 각 기기마다 전력 소비량의 차이는 있지만, 일반적으로 처음 부팅을 했을 경우에 많은 전력을 소비하고 나중에는 매우 일정한 전력 소비량을 보인다. 플로피 디스크나 CD롬 등을 사용했을 경우, 또는 워드 프로세서나 카드 등의 프로그램을 시작할 때, 잠깐 동안 다소 높은 부하가 걸리지만 시간이 지나면 곧, 일정한 부하 패턴을 보이므로 초기 값은 무시할 수 있다.

컴퓨터의 성능과 전력소비와는 상관관계가 없음이 조사결과 나타났다. 측정된 컴퓨터의 실제 사용전력은 최소 41.6 W 에서 최대 70.6W 까지 넓은 범위를 보인다. 그러나, 조립품의 경우 측정 데이터가 41.6~70.6 W로 편차가 상당히 심하고, 유명 메이커 제품의 경우 45.8~59.2 W로 대체로 고른 소비전력을 나타낸다 다음은 측정된 데이터로 빈도분석을 실시한 것이다.

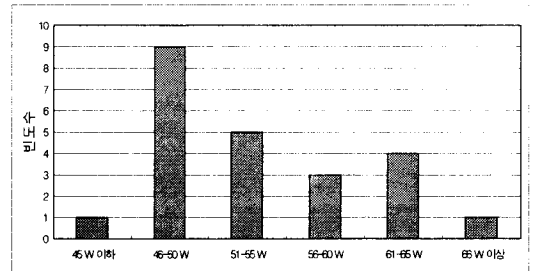


그림 3 컴퓨터 발열량 빈도분석 결과

측정된 컴퓨터에서는 46~50W정도의 전력을 소비하는 것이 가장 많았다. 그러나, 일반적인 적용을 위해서 컴퓨터의 경우 (모니터 제외) 위험을 고려하여 상위 2.5%를 제외한 67 W를 컴퓨터의 일반적인 발열량으로 보는 것이 바람직하다.

3.2.2 모니터

모니터의 경우 18개의 다양한 제품을 대상으로 측정을 하였다. 일반적으로 국내 S사 제품을 가장 많이 이용하고 있었으며, 14인치에서 20인치까지 다양한 크기의 모니터를 사용하고 있었다. 제품마다 전력소비량 특성이 조금씩 다르긴 하지만 대체로 다음의 그래프와 같은 일정한 패턴을 보인다. 여기서, A는 14인치, B는 15인치, C는 17인치 모니터이다

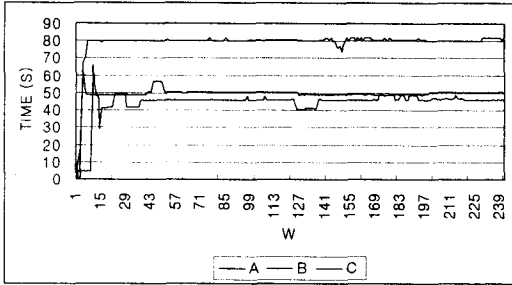


그림 4 모니터의 전력소비량 특성

모니터는 화면의 배색에 따라 약간의 부하 변화를 보이는데, 밝은 화면이 전기를 더욱 많이 소비하고, 어두운 화면일 경우는 전기를 적게 소비하여, 종류에 따라 9W~18W정도의 편차를 보인다.

본 연구에서는 측정된 모니터를 대상으로 발열량에 따른 빈도분석과 함께 화면 크기에 따른 전력소비율의 차이를 비교하였다.

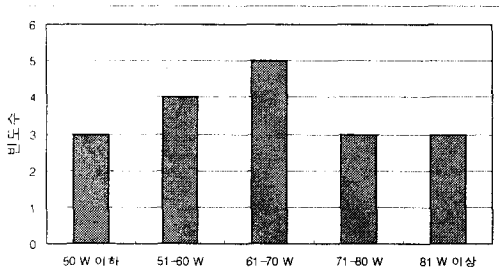


그림 5 모니터 발열량 빈도분석 결과

표 6 모니터 크기에 따른 발열량 차이

구분	최소 (W)	최대 (W)
소형 (15 인치 이하)	44.4	64.7
중형 (17 인치 이상)	66.6	85.8

조사된 모니터 중에서는 61~70W 사이가 가장 많은 빈도 수를 차지하고 있지만, 모니터의 크기에 따라 발열량의 차이가 현저하게 나타나므로 컴퓨터와 같이 특정한 발열량을 제시하는 것은 불합리하다. 따라서, 모니터의 경우는 정격소비전력에 따른 실제전력소비율을 제시하는 것이 더욱 합리적인 것이라고 판단된다.

다음은 정격소비전력에 따른 전력소비율 빈도를 나타낸 것이다.

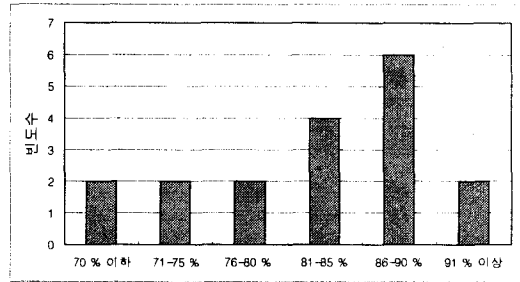


그림 6 모니터 전력소비율 빈도분석 결과

각 기기의 정격소비전력에 따른 실제전력소비율은 최소 62.6%, 최대 95.3%까지 비교적 넓은 범위를 보이며, 이중 86~90%의 범위에서 가장 많은 빈도 수를 보인다. 따라서 모니터의 경우 발열량을 위험율을 고려하여 91% 이상을 제외한 정격소비전력의 90%를 실제 발열량으로 보는 것이 합리적일 것으로 사료된다.

3.2.3 프린터

1) 레이저 프린터

다음은 330W의 정격소비전력을 갖는 레이저 프린터이며, 크게 돌출되어 있는 부분이 프린트를 하고 있는 상태를 표시한 것이다.

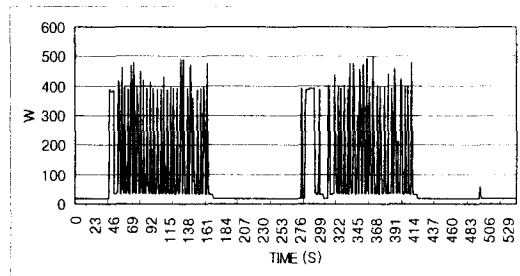


그림 7 레이저프린터의 전력소비량 특성

레이저 프린터는 아이들링 상태일 경우에는 정격소비전력 330W에 크게 못 미치는 약 16.3W의 전력을 사용하며 부팅 시에도 상당히 작은 양의 전력을 사용하지만, 프린트 시에는 순간적으로 최고 500W로 정격소비전력을 훨씬 상회하는 수치를 보인다.

2) 잉크젯프린터

잉크젯프린터는 레이저 프린터에 비해 상당히 적은 전력을 소비한다. 아래 그래프는 30W의 정격소비전력 값을 갖는 잉크젯프린터이다. 프린트하는 시간 동안에는 13~18W 사이의 전

력을 소비하지만 아이들링 상태일 경우에는 5W 미만의 수치를 보인다.

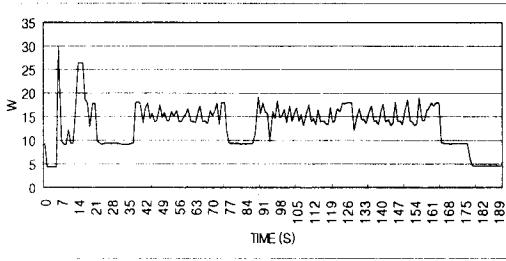


그림 8 잉크젯프린터의 전력소비량 특성

프린터기 사용패턴을 알아보기 위한 설문 조사 결과, 프린터기 사용시간대는 근무시간 중에 널리 고르게 분산되어 있었고, 평균 1인당 하루에 24장의 종이를 프린터용으로 사용하는 것으로 나타났으며, 한 장 프린트시 걸리는 평균 시간은 10초, 프린터의 대수는 5인에 1대 꼴로 배치되어 있었다.

사무실에서 프린터 한 대당 가동 시간은 정상시에 하루 중 약 20분 정도이고, 프린터기의 사용은 실제 근무 시간대에 널리 분산되어 있으므로, 이를 감안하면 프린터의 발열량은 프린터기가 가동될 시에 나오는 발열량이 아닌 아이들링 상태의 발열량으로 산정하는 것이 합리적이다.

3.2.4 복사기

다음의 그래프는 연속으로 복사할 경우를 조건으로 측정된 것이며 돌출된 각 부분은 각각의 종이가 복사될 때마다 순간적으로 사용되는 전력량이다.

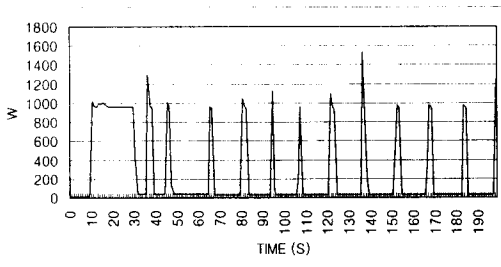


그림 9 복사기의 전력소비량 특성

하루 중 복사기의 평균 소비전력은 같은 모델이라 할 지라도 사용하는 장소에 따라 매우 다르게 나타난다. 이는 사용하는 장소마다 복사기를 사용하는 시간에 관계가 있는데, 다음의

식을 통해 복사기의 평균 소비전력을 산출해 낼 수 있다.5)

$$P_{ave} = (P_{max} \times a) + (P_{idle} \times (1 - a))$$

P_{max} : 복사할 때의 소비전력 (W)

P_{idle} : 아이들링 상태일 때의 소비전력 (W)

a : 1시간 당 평균 복사시간을 (Fraction)

복사기의 경우 사용빈도는 프린터와 마찬가지로 상당히 낮지만 작동시의 소비전력이 현저히 크기 때문에, 반드시 사용시의 소비전력을 고려해야 할 것이다. 1시간 동안 40분을 사용한다고 가정하면, 복사기의 평균 소비전력은 600W이다.

3.3 OA기기 사용 패턴 조사

OA기기의 사용패턴을 알아보기 위해, 11개 사무소를 대상으로 130명에 대하여 설문을 하여 빈도분석을 실시하였다.

설문은 사무실 OA기기 중 가장 많은 비율을 차지하는 컴퓨터, 프린터, 복사기의 세 가지를 대상으로 하였다. 설문 방법은 하루 평균 OA기기의 사용시간을 대답하는 것이 무리가 있다고 판단하여, 설문지를 배포한 그날 혹은 전날의 사용한 시간에 대해 질문하였고, 측정 결과, 모니터와 컴퓨터의 경우, 작업을 하지 않고 켜 놓고 있는 상태에서는 작업을 할 때와 동일한 전력소비량을 나타내기 때문에, 항상 켜두는 경우에는 처음 컴퓨터 작업을 시작한 시간부터 마지막 작업을 한 시간까지를 모두 컴퓨터작업을 하는 상태로 간주하였다.

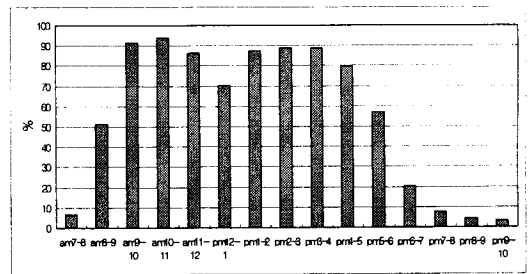


그림 10 OA기기 사용 패턴

OA기기 사용은 점심시간을 기준으로 대칭에 가까운 패턴을 보이며 오전 10시에서 11시 사이에 가장 많이 사용하는 것으로 나타났다.

5) Power Demands due to Office Equipment, BSRIA, 1992

4. 시뮬레이션

본 연구에서는 DOE 2.1E를 이용하여, 샘플 건물을 대상으로 OA기기 발열량을 고려하지 않은 경우, 정확한 발열량을 고려한 경우, 발열량이 과다하게 산정된 경우에 대하여 최대냉방부하와 설비용량⁶⁾에 대해 시뮬레이션 하였다.

표 7 OA기기 발열량 변수

구분	항목	변수 (W/m ²)
A	OA발열고려안함	0
B	측정 OA발열	31.722
C	과다하게 산정된 경우	50

여기서, "C"의 변수는 앞서 조사한 18개의 건물 중 OA기기 발열이 고려된 건물에 입력된 값을 사용하였다.

표 8 시뮬레이션 고정변수

항목	변수
위치	위도=37.34 경도=-126.58 서울
층수	10 층
가로·세로·높이(층고)	42.4m×21.2m×2.5m
재실자 밀도	0.2인/m ²
조명 밀도	20W/m ²
외벽 종류	화강석 마감 PC 콘크리트
창 종류	2.7 kcal/m ² h°C
시스템	VAVS 방식

건물의 조닝은 동, 서, 남, 북, 중앙으로 하고, 각 향별로 시스템을 배치하였다.

OA기기의 수량은 컴퓨터와 모니터(65W)의 경우 1인 1대, 프린터는 레이저, 잉크젯 각각 10인 1대, 복사기는 20인에 1대가 있는 것으로 가정하였으며, 기기의 사용 스케줄은 앞서 조사한 OA기기 사용 패턴을 입력하였다.

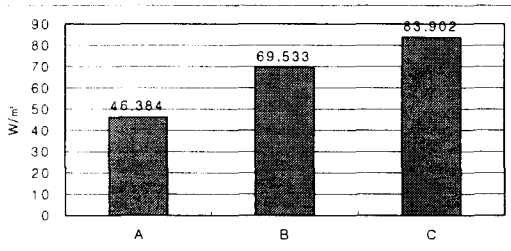


그림 10 최대냉방부하의 차이

OA기기 발열량 입력 조건에 따라 최대냉방부하의 경우 A와 C조건은 약 1.8배정도 차이가

나는 것을 알 수 있었으며, C조건인 경우 최대 부하가 걸리는 시간에서도 A, B조건과 다르게 나타났다.

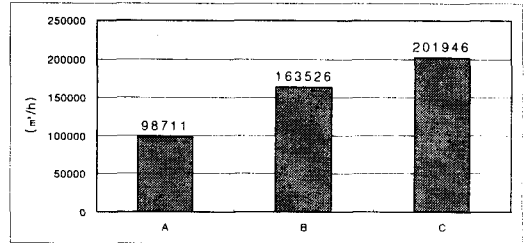


그림 11 송풍량의 차이

송풍량에서는 C의 경우 A 경우 보다 2배 이상 커짐을 알 수 있다.

5. 결론

OA기기의 전력 사용량 실측을 통하여, 다음의 발열량 데이터를 제시한다.

표 9 OA기기 발열량 측정 결과

OA기기 (대당)	발열량 (W)	비율
컴퓨터본체	67	1인당 1대
모니터	정격소비전력×0.9	1인당 1대
잉크젯프린터	8.1	5인당 1대
레이저 프린터	23	5인당 1대
복사기	사용시 : 887 아이들링시 : 40	40분사용/시간 : 600 20인당 1대
팩스	9.3	-

OA기기의 발열은 건물의 열 성능에 미치는 중요한 설계변수 중의 하나이며, 에너지 절약형 건물의 설계시 신중하게 고려되어야 할 요소임을 인식할 필요가 있다. OA기기 보급의 증가 추세와 그 사용 패턴으로 볼 때, 부하계산시 정확한 OA기기의 발열량에 대한 고려가 필요하고, 이러한 실내발열을 고려한 설비요소의 적정 설계로 시설투자비의 절약 및 건축 면적의 낭비를 줄여야 할 것이다.

참고문헌

1. Power Demands due to Office Equipment, BSRIA, 1992
2. ASHRAE Fundamentals, 77, 85, 89, 93, 97
3. "인텔리전트 빌딩의 실내 기기 특성에 관한 연구" 연세대, 1996

6) 본 논문에서는 송풍량만을 비교하였다.