

# 데이터센터의 합리적인 환경제어를 위한 장비 발열기준에 대한 연구

조진균<sup>†</sup>, 홍민호, 정차수, 김병선\*  
(주)한일엠이씨 한일 기술연구소, \*연세대학교 건축공학과

## A Study on a Heat-load of IT Equipments for the Thermal Environment Control in the Data Center

Jin-kyun Cho<sup>†</sup>, Min-ho Hong, Cha-Su Jeong, Byung-Seon Kim\*

**ABSTRACT:** The primary purpose of a computer room of data center and associated infrastructure is to support the operation of critical IT equipment. Traditionally, most owners of large critical data centers have been more than willing to accept a reasonable amount of computer room worker discomfort if necessary to support critical IT systems. All electrical equipment produces heat, which must be removed to prevent the equipment temperature from rising to an unacceptable level. Most information technology equipment and other equipment found in a data center or network room is air-cooled. Sizing a cooling system requires an understanding of the amount of heat produced by the equipment contained in the enclosed space, along with the heat produced by the other heat sources typically encountered.

**Key words:** 데이터센터(Internet Data Center), 전산장비(IT Equipment/Server), 전산발열량(Heat Density), 전산실공조환경(IT Thermal Environment), CRAC(Computer Room Air Conditioner)

### 1. 서론

최근 IT(Information Technology)의 급속한 발전과 더불어 관련 장비들의 성능 및 처리능력이 기하급수적으로 발전하고 있으며 동시에 기업들의 사업변화에 따른 IDC (Internet Data Center)의 수요가 급증하고 상황이다.

국내의 IT는 최고의 수준에 도달하였지만 이러한 기술을 담을 수 있는 설계기준은 이를 만족시키지 못하고 있으며 또한 IT의 발전속도를 고려한다면 보다 합리적인 전산발열기준 및 환경제어 계획에 대한 연구가 필요한 시점이다.

데이터센터에서 가장 중요한 요소는 IT 장비/서버이다. 따라서 이러한 장비가 안전하고 효과적으로 운영되기 위해서 정밀한 환경 제어가 요구되는 것은 당연하다. 그리고 일반건축물과 동일한 프로세스로 건설되지만 장비중심의 환경 제어라는 산업공조 개념을 내포하고 있는 점에서 일반건축물과는 차이가 있다. 즉 데이터센터라는 건축물과 내부에 설치되는 IT장비/서버, 그리고 환경제어를 위한 CRAC unit이 상호 보완적인 관계가 확립되어야 비로소 최적의 데이터센터가 구성될 수 있다.

전 세계적으로 데이터센터 내 IT장비/서버는 발열제거에 관련된 문제들이 대두되고 있다. 장비의 전력소비량(W)과 보다 중요한 전력밀도(W/m<sup>2</sup>)는 직접적으로 장비의 발열량과 관련이 있다. 현재 데이터센터는 일반적으로 430~861 W/m<sup>2</sup>

<sup>†</sup>Corresponding author

Tel.: +82-2-709-4817; fax: +82-2-709-4813  
E-mail address: jinkyun.cho@himec.co.kr

(40 ~ 80 W/ft<sup>2</sup>)의 발열기준으로 계획하고 있다. 그러나 IT 장비들의 기술적 발전에 따라 장비의 집적도 및 전력소비량이 계속적으로 증가하므로 실내 환경제어에 대한 설계기준도 지속적인 개선 필요하다.

따라서 본 연구는 지속적으로 발전하는 IT 장비/서버의 발열량을 현실적으로 산정하여 설계기준 및 장비용량선정에 반영함으로써 추후 계획되는 데이터센터의 최적 IT환경 구현이 가능하도록 하는데 목적이 있다.

## 2. 이론적 고찰

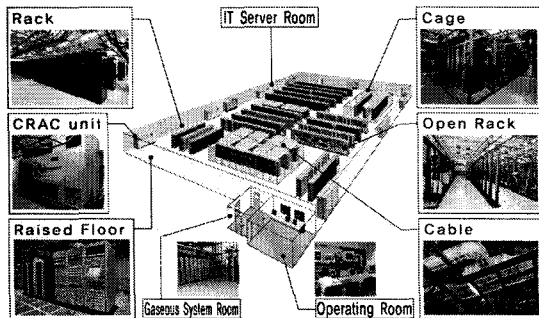


Fig. 1 An IT server room overview

### 2.1 데이터센터의 정의 및 환경조건

최적 IT 환경제어를 위해서는 데이터센터에 대한 구체적인 이해가 필요하다. 일반적으로 데이터센터는 해당 사업분야에 관련된 전자적 정보의 저장, 관리 및 보급을 위한 중앙 저장소를 말한다. 인터넷 관점에서, 이 용어는 다른 회사들을 위해 중앙 집중식 웹호스팅과 관련 데이터 서비스 등을 제공하는 공간을 지칭하는데 사용되며, 우리나라에서는 흔히 IDC(Internet data center)라고 불리고 있다.

Table 1 Type of data center

	Server Room Area
Small Data Centers / Data Rooms	Less than 93 m <sup>2</sup> (1,000 ft <sup>2</sup> )
Medium Data Centers	93m <sup>2</sup> to 465m <sup>2</sup> (1,000 ft <sup>2</sup> to 5,000 ft <sup>2</sup> )
Large Data Centers	More than 465 m <sup>2</sup> (5,000 ft <sup>2</sup> )

데이터센터 내 핵심 요소인 IT 서버룸의 구성을 보면 데이터의 처리/저장이 가능한 IT 서버가

가장 큰 비율로 구성되어 있으며 상호 연결이 가능한 데이터 케이블, 전력케이블 그리고 서버를 설치할 수 있는 Rack이 이차적으로 구성된다. 필요에 따라서 무정전 전원공급장치(UPS)가 내부에 설치되는 경우도 있다. 마지막으로 서버룸 IT 환경유지를 위한 CARC unit 및 부속장비, Raised floor와 공조구역 구분(Hot/cold alley) 등으로 구성된다.

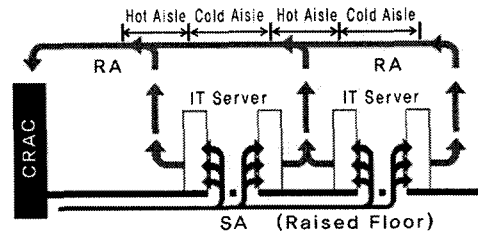


Fig. 2 Hot aisle / cold aisle rack arrangement

IT 장비들은 대부분 지속적인 운전이 이루어지기 때문에 고장 및 장비의 정지 등의 위험성을 내재하고 있다. 따라서 IT 장비를 사용하는 용도에 따라서 장비에 대한 환경기준을 차등 적용한다.

Table 2 Equipment environment specifications

Class	Dry-Bulb Temp.(°C)		Relative Humidity(%)	
	Allowable	Recommended	Allowable	Recommended
Class 1	15to32 <sup>1</sup>	20to25	20to80	40to55
Class 2	10to35 <sup>1</sup>	20to25	20to80	40to55
Class 3	5to35 <sup>1,2</sup>	NA	8to80	NA
Class 4	5to40 <sup>1,2</sup>	NA	8to80	NA
NEBS <sup>3</sup>	5to40 <sup>4,5,6</sup>	20to25	5to85 <sup>5,6</sup>	Max 55 <sup>6</sup>

- Derate maximum dry-bulb temperature 1°C/300 m above 900 m.
- With a diskette in the drive, the minimum temperature is 10°C.
- The product operation values given for NEBS are from GR-63-CORE and GR-3028-CORE. GR-63-CORE also addresses conformance testing of new equipment for adequate robustness.
- Requirements for continuous operating conditions that new equipment shall tolerate (GR-63-CORE).
- Derate maximum dry-bulb temperature 10°C at and above 1800 m.
- Also ANSI(American National Standards Institute) T1.304-1997

실내 환경제어에 따른 Class 구분은 온도, 상대습도 등 환경제어요소와의 적용수준 그리고 적용 용도에 따라 일반적으로 Class 1 ~ Class 4로 4단계 구분이 된다. IT 장비/서버의 환경 조건은

Class 별로 차등이 있으며 등급이 높을수록 환경 제어 수준이 엄격해진다. 이는 공조장비의 제어 및 운전이 더 정밀해야 된다는 것을 의미하기도 한다.

## 2.2 데이터센터 사례분석

국외 및 2004년 이후에 설계된 국내 데이터센터의 IT 장비/서버의 발열량 기준을 분석함으로써 보다 합리적인 환경제어 방안을 제시한다.

Table 3 Data center(IT server room) heat density example

Classification		Heat Density
Domestic Data Center	A data center	1,000 w/m <sup>2</sup>
	B data center	1,600 w/m <sup>2</sup>
	C data center	580 w/m <sup>2</sup>
	D data center	500 w/m <sup>2</sup>
Overseas Data Center	Singapore HP Data Center-II	600 w/m <sup>2</sup>
	UK Swindon HP Data Center-a	970 w/m <sup>2</sup>
	UK Swindon HP Data Center-β	591 w/m <sup>2</sup>

데이터센터내의 IT 서버룸의 발열량은 500 ~ 1,600 W/m<sup>2</sup>으로 대부분이 현재까지의 일반적인 설계 기준인 430 ~ 861 W/m<sup>2</sup>(40 ~ 80 W/ft<sup>2</sup>)의 수준이다. 또한 서버룸 면적이 465m<sup>2</sup> 이상인 대규모 데이터센터[Table 1]의 일반적인 발열분류를 보면 IT 장비/서버의 부하가 약 70%로 가장 큰 비율을 차지하고 있으며 다음으로 UPS, 조명, 전력분배시스템 순이다.

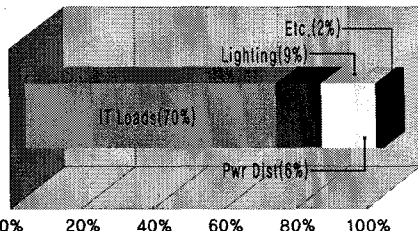


Fig. 3 Relative contribution to the total thermal output of typical data center

## 3. IT 장비/서버의 발열경향 분석

### 3.1 IT 장비/서버의 발열 원인

열은 에너지의 하나의 형태이다. 데이터센터에서의 발열량은 IT장비/서버의 소비전력과 동일하

다. 극히 일부의 예외를 제외하고는 IT 서버 전력사용의 99%이상이 열로 변환 된다. 이러한 발열이 제거되지 않는다면 IT 서버는 치명적인 영향을 받을 수 있다. IT 서버의 중앙연산장치(CPU)에서 전체의 약 50% 정도의 열에너지가 발생하며 팬을 통해 칩을 냉각한다. 그리고 IT 서버는 일반적으로 냉각된 공기를 장비의 전면부에서 받아 후면부로 내보내 냉각 시키는 것이 일반적이다.

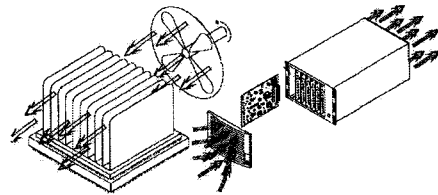


Fig. 4 Microprocessor and server cooling airflow

### 3.2 IT 장비/서버의 종류 및 구성

IT 서버는 용도, 형태 등에 따라 크게 랙 탑재 서버, 워크스테이션, 저장(Storage)서버, 블레이드 서버 등으로 구분되고 있다. 서버의 크기는 유닛 단위(1U, 2U, 3U, 7U)로 표현되며 1U 서버의 경우 두께가 약 45 mm 이다. 보통 캐비닛에 서버를 탑재할 경우 42U가 일반적이다.

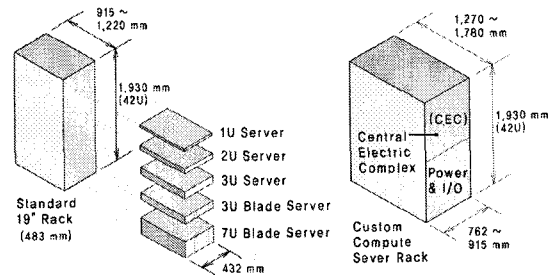


Fig. 5 Typical compute server rack and packaging

시스템 확장성, 적용성, 그리고 높은 가격대 성능비도 만족시키기 위해서 랙(Rack)탑재 서버가 보편적으로 적용되었으나 최근에는 랙 탑재 서버는 부피가 커지고 각 모듈들을 케이블로 연결함으로써 시스템 확장성과 유지 관리에 불리하여 블레이드(Blade) 서버가 개발되었다. 블레이드 서버는 슬롯에 얇은 블레이드들을 세로로 꽂는 것이 특징이다. 얇은 초박형 블레이드를 슬롯에 꽂아 제작하여 두께를 보다 얇게 구성할 수 있으므로 수십 개의 서버들을 하나의 캐비닛에 장착할

수 있게 되었다. 따라서 단위면적당 장비의 발열량이 급격하게 증가하게 되었다.

### 3.3 IT 장비/서버의 발열량 변화 및 경향분석

2000년 주요 IT 장비 및 서버업체로 구성된 열관리협회(Thermal management consortium)에서 1992~2010까지의 IT장비/서버의 전력(발열)량 경향에 대해 발표한 적이 있다. 여기에는 20개 이상의 IT장비/서버 제조업체의 정보가 포함되어 있다. 이 그래프는 여러 분야에서 광범위하게 인용되었으며, 2005년 기존의 문제점 보완과 예측 기간을 2014년으로 연장하여 새로운 전력(발열)량 경향 그래프로 발전되었다[Fig 6].

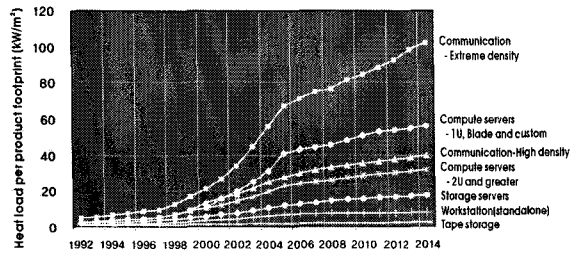


Fig. 6 New ASHRAE updated and expanded power trend chart

[Fig 6]은 캐비닛 또는 랙에 장비를 최대로 배치할 때를 기준으로 최대부하를 계산한 이론적인 수치이다 따라서 IT장비/서버 내 프로세서, 메모리 또는 I/O 장치 그리고 랙 내에 설치된 IT장비/서버의 수에 따라서 실제 전력(발열)량의 범위가 작을 수 있다. 그러나 현재 데이터센터에 적용되는 주요 제조업체의 IT장비/서버의 정보가 반영되어 있기 때문에 전력(발열)량에 대한 절대적인 수치보다는 증가비율에 대한 정보의 활용이 가능하다. 장비별 발열량(2005년 기준)은 통신장비 28~67 kW/m<sup>2</sup>, IT서버 12~41 kW/m<sup>2</sup> 그리고 워크스테이션과 테이프저장장치 2~7 kW/m<sup>2</sup>로 통신장비의 발열량이 상대적으로 크다. 또한 IT 서버의 발열 증가는 2005년 기준으로 1992년부터 저장서버는 약 6배 1U, 2U 또는 블레이드 서버는 최대 약 15배까지 발열량이 증가했다. 또한 앞으로도 급격한 증가는 아니라도 계속적인 증가가 예상되어 2005년 현재를 기준으로 2014년 까지 평균 약 1.5배에 다다를 것으로 예상된다.

## 4. 데이터센터 내 IT 서버룸 발열량 산정

### 4.1 발열량 산정을 위한 IT 서버 기준모델 설정

ASHRAE는 2004년 Thermal guidelines for data processing environments에서 랙형 서버의 구성 및 사양에 대해서 크게 최소구성, 표준구성 그리고 최대구성으로 구분하여 발열량, 공조풍량 및 하중 등의 기준모델을 제시하고 있다.

Table 4 Model server: representative configurations

Configuration	Typical Heat Release	Normal Airflow	Weight	Overall system Dimensions (W×D×H)
	W	m <sup>3</sup> /h		mm
Minimum	1,765	680	406	762x1,016x1,828
Typical	5,040	943	472	762x1,016x1,828
Full	10,740	1,275	693	1,549x1,016x1,828

#### ASHRAE Class 1,2,3

	Minimum Configuration	1 CPU-A, 1 GB, 2 I/O
	Typical Configuration	4 CPU-B, 8 GB, 32 I/O (2 GB cards, 1 frames)
	Full Configuration	8 CPU-B, 16 GB, 64 I/O (2 GB cards, 2 frames)

Table 4의 구성별 발열량을 기준으로 단위면적당 발열량을 산정한다.

### 4.2 IT 서버룸 내 발열량 계산

#### 4.2.1 Method 1 : IT 서버 배치에 의한 산출

IT 서버의 발열제거는 전면부에서 받아 후면부로 내보내 냉각 시키는 것이 일반적이므로 [Fig. 2] IT 서버룸 내에 Hot aisle과 Cold aisle로 공조구역을 설정하여 효과적인 공조를 한다. 대규모 서버룸의 경우 서버의 개수가 많기 때문에 효과적인 냉각을 위해 일반적으로 바닥급기를 통해 냉각시키는 방식을 적용하는데 [Table 5]는 가장 보편적인 Aisle의 설계기준을 제시하고 있다.

먼저 IT 서버를 배치하기 위한 기준평면은 2개의 span(8.1m)을 기준(16.2m × 16.2m ≒ 263m<sup>2</sup>)으로 가정하였다.

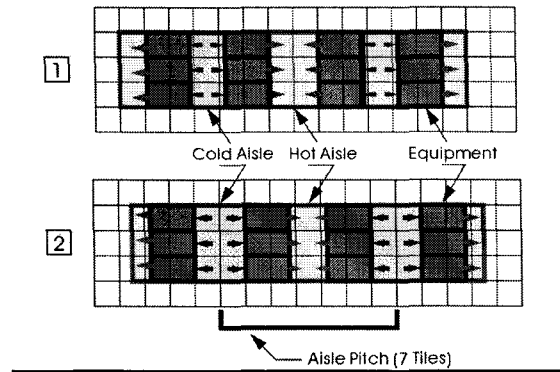
둘째, IT 서버의 배치는 서버룸 Aisle 설계조건 [Table 5]과 [Table 4]의 서버랙 구성을 조합하여

배치하였다.

Table 5 Aisle pitch allocation

	Tile Size	Aisle Pitch (cold aisle to cold aisle)	Nominal Cold Aisle Size	Hot Aisle Size
US	2ft (610mm)	14ft (4,267 mm)	4ft (1,220mm)	3ft (914mm)
Global	600mm (23.6in)	4,200mm (13.78ft)	1200mm (3.94ft)	914mm (3ft)

Seven-tile aisle pitch, equipment aligned on cold aisle



가정한 기준평면에 구성된 IT 서버의 배치유형은 최소구성, 표준구성 및 최대구성이 형성된다.

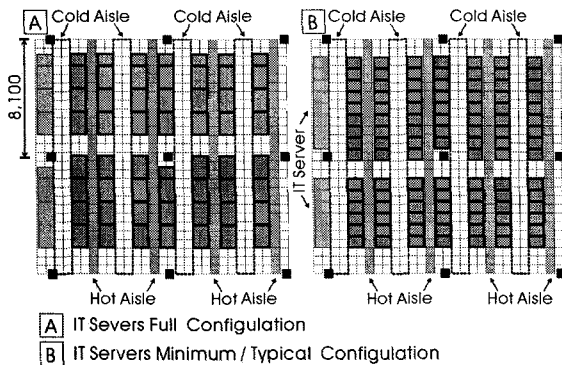


Fig. 7 IT server room arrangement example

[Fig 7]에 의해 배치된 서버의 수량은 다음과 같다.

- (1) 최소구성의 서버배치개수 : 소형서버 104대
- (2) 표준구성의 서버배치개수 : 소형서버 104대
- (2) 최대구성의 서버배치개수 : 대형서버 48개 / 소형서버 8대

각각의 구성에 의해 배치된 IT 서버의 수량에 서버의 발열량을 곱하고 다시 2-span에 해당하는

면적(263m<sup>2</sup>)을 나누면 IT 서버룸의 단위면적당 IT 서버의 발열량을 예측할 수 있다 [Table 7].

Table 6 Heat load per m<sup>2</sup> of IT server room by method 1

Confi-guration	Typical Heat Release	Number of Server	Plan Area	Heat Load per m <sup>2</sup>
	W			EA
Minimum	1,765	104	263m <sup>2</sup>	about 698
Typical	5,040	104		about 1,993
Full	5,040	8		about 2,113
	10,740	48		

4.2.2 Method 2 : IT 장비 면적비율에 의한 산출  
일반적인 IT 서버룸의 형태는 앞에서 예시한 [Fig. 1] 형태가 일반적이다.

Table 7 IT server room facility area breakdown example(Dacom equipment power trends, ASHRAE)

IT Space		Non IT Space	
IT Servers	30%	Aisles	20%
Telecommunications	5%	Cooling Equipment	12%
Command Area	4%	Specialty Rooms	3.5%
Printers	2%	Power Distribution	3%
Patch Panels	1%	Room Supplies	2%
Empty (Future Growth)	(16%)	Columns & etc.	1.5%
Subtotal : 42% (58%)		Subtotal : 42%	

Dacom equipment power trends and cooling application(ASHRAE/2005)에서 제시한 465 m<sup>2</sup> (5,000 ft<sup>2</sup>)의 대규모 IT 서버룸을 기준으로 구성 요소별 점유율을 보면 장래의 증설예비공간을 제외하고 크게 IT요소와 비 IT요소가 각각 약 42%로 동일한 비율을 구성하고 있다. 그 중에서도 IT 서버가 30%를 차지하며 장래의 증설예비공간까지 고려한다면 40% 이상을 차지한다[Table 7].

IT 서버룸의 공간별 구성요소의 점유율[Table 7]과 랙 서버 기준의 발열량[Table 4]에 의거하여 장비발열량을 계산을 하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 & \text{단위면적당 장비발열(W/m}^2\text{)} \\
 & = \text{단위서버발열량(W)} \div \text{서버면적(m}^2\text{)} \\
 & \quad \times \text{서버점유면적(m}^2\text{)} \div \text{서버룸면적(m}^2\text{)} \quad (1) \\
 & \text{단, 서버룸 면적은 Method 1과 동일하게 적용}
 \end{aligned}$$

Table 8 Heat load per m<sup>2</sup> of IT server room by method 2

Confi- guration	Typical Heat Release	Server Area (1 unit)	Server Area	Heat Load per m <sup>2</sup>
	W	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>
Minimum	1,765	0.774	80 m <sup>2</sup>	about 694
Typical	5,040	0.744	(30% of 263 m <sup>2</sup> )	about 1,981
Full	10,740	1.574		about 2,076

#### 4.2.3 서버룸 내 발열량 산출

위의 Method 1과 Method 2를 통해 IT 서버의 발열량을 산출한 결과 거의 유사한 것으로 나타났다. 그 범위는 최소 700 W/m<sup>2</sup>에서 최대 2,100 W/m<sup>2</sup>로 IT 서버의 구성에 따라 최고 3배까지 차이를 보인다. 또한 향후 증설이 없다는 가정 하에 2014년에는 최대 약 3,200 W/m<sup>2</sup>까지 증가할 것으로 보인다.

### 5. 결론

본 연구에서는 데이터센터의 합리적인 환경제어를 위한 공조계획을 할 경우 실제로 급속하게 변화하는 IT 장비의 성능 및 사양의 경향을 분석하고 이를 장비발열기준에 반영하여 산출하였다. 그 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

(1) IT 서버의 발열 증가율은 2005년 기준으로 1992년부터 1U, 2U 또는 블레이드 서버는 최대 약 15배까지 발열량이 증가했다. 또한 앞으로도 급격한 증가는 아니라도 지속적인 증가가 예상되어 2014년 까지 평균 약 1.5배에 도달할 것으로 예상된다.

(2) ASHRAE에서 제시한 랙형 서버의 기준모델을 사용하여 IT 서버 배치에 의한 산출과 IT 장비 면적비율에 의한 산출의 두 가지 방식을 통하여 데이터센터 내 IT 서버룸의 단위면적(m<sup>2</sup>)당 IT 서버의 발열량을 산출한 결과 최소 700 W/m<sup>2</sup>에서 최대 2,100 W/m<sup>2</sup>로 IT 서버의 구성에 따라 최고 3배까지 차이를 보였다.

(3) 본 연구에서 산정한 IT 서버의 발열량은 IT 장비의 변화되고 있는 경향이 고려된 수치이며, 현재 일반적으로 적용되는 430~861 W/m<sup>2</sup>(40~80 W/ft<sup>2</sup>)의 발열기준에 최대 2.5배 까지 차이가 났다.

앞에서 요약된 (2),(3)의 연구의 결과는 IT 서버룸 내에 최대 배치가 가능한 서버를 기준으로 산출한 이론적인 수치이다. 따라서 실제 구성되는 서버의 수준과 배치정도에 따라서 발열기준이 차이가 있을 수 있다. 그러나 서버의 구성에 따른(최소구성, 표준구성, 최대구성) 발열량의 범위를 크게 설정하였으므로 향후 데이터센터 계획 시 IT 서버의 발열기준에 대한 비교기준으로서 가치가 있을 것으로 예상된다.

마지막으로 IT 서버룸의 단위면적당 설계기준을 요약하면 다음과 같다.

Table 9 IT server room environment specifications

Confi- guration	Heat Load	Normal Airflow	Weight
	W/m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>
Minimum	about 700	about 250	about 135
Typical	about 2,000	about 270	about 160
Full	about 2,100	about 370	about 185

### 참고 문헌

1. Christian L. Belady, Don Beaty, 2005, Road-map for Datacom Cooling, ASHRAE Journal, December 2005, pp. 52-55
2. Michael K. Patterson, Robin Steinbrecher, Steve Montgomery, 2005, Comparing Data Center & Computer Thermal Design, ASHRAE Journal, April 2005, 38-42
3. TC 9.9, Mission Critical Facilities, Technology Spaces, & Electronic Equipment, 2004, Thermal Guidelines for Data Processing Environments, ASHRAE
4. TC 9.9, Mission Critical Facilities, Technology Spaces, & Electronic Equipment, 2005, Datacom Equipment Power Trends and Cooling Applications, ASHRAE
5. Neil Rasmussen, 2003, Calculating Total Cooling Requirements for Data Centers, White Paper #25, APC, pp. 4-6.
6. Tony Evans, 2004, Fundamental Principles of Air Conditioners for IT, White Paper #57, APC, pp. 3-5