韓國컴퓨터情報學會 論文誌
第16卷 第4號, 2011. 04.

2011-16-4-1-4

데이터센터의 그린화 성능 평가지표 개발에 관한 연구

안 재 근*

A Study on the Development of Assessment Indices about Greening Performance of Datacenter

Jae-Geun Ahn*

요 약

본 연구는 그린화 성능을 고려한 데이터센터의 평가지표를 개발하는 것을 목표로 한다. 이를 위해 다음과 같은 연구를 수행하고자 한다. 첫째, 데이터센터에 관련된 기준과 표준을 조사한다. 이 기준과 표준을 활용하여 그린화 성능을 고려한 데이터센터 모형을 제시한다. 이모형은 데이터센터에서 그린화 성능에 영향을 미치는 주요 구성요소들 간의 상관관계를 작업량-에너지-열로 표현한 것이다. 둘째, 이모형을 이용하여 그린화 성능 평가항목과 평가지표 그리고 평가방법을 제안한다. 셋째, 기기 수준과 데이터센터 수준의 그린화 성능을 평가하는 기준들에 대한 현황을 파악한다. 이를 통해 데이터센터의 그린화 성능에 영향을 미치는 요인을 고려할 수 있을 것이다. 마지막으로 기존의 그린화 성능 평가도구들을 조사하여, 제안하는 평가항목과 지표의 향후 필요한 개선점을 식별하고자 한다.

▸ 키워드 : 데이터센터, 평가지표, 그린화 성능

Abstract

This study deals with the assessment indices about greening performance of datacenter. To do this, we survey existing standards and guidelines about datacenter. Those are used constructing new model of datacenter regarding greening performance. In this model, the relationship between major components will be represented by job-energy-thermal notation. Items, criteria and methods are created in order to complete the assessment indices. The existing assessment indices of the datacenter level and equipment level are investigated. Parameters, the degree of virtualization and energy efficiency also affects the performance of the green performance. Finally, to determine the improvements, the proposed indices is compared with the existing assessment tools.

▸ Keyword : Datacenter, Assessment index, Greening performance

---

• 제1저자 : 안재근
• 투고일 : 2011-03-15, 심사일 : 2011-03-24, 게재확정일 : 2011-04-13
* 한경대학교 컴퓨터공학과(Dept. of Computer Engineering, Hankyong National University)

www.kci.go.kr

Ⅰ. 서 론

1. 연구의 필요성 및 목적

데이터센터는 컴퓨터시스템과 통신, 그리고 저장시스템 등의 관련 구성요소를 위치하기 위해 사용되는 설비를 의미한다. 데이터센터는 일반적으로 이중화된 백업 전력공급장치, 이중화된 데이터통신 연결, 냉각공조(HVAC) 설비, 화재진압 등과 같은 환경적 통제와 보안장비를 포함한다[1,2].

이와 같은 대규모의 서버집적시설은 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 첫째, 상용 데이터센터는 일반 기업들을 대상으로 인터넷 서버 호스팅, 코로케이션 서비스 등을 실시하는 업체로 통상적으로 IDC(Internet Data Center)로 불린다. 코로케이션 서비스는 상면(raised floor)을 빌려주는 서비스이며, 서버호스팅은 서버자체를 임대해 주거나 운영까지를 대행해주는 서비스이다. 대표적인 예로 KT, LG Dacom, SK 브로드밴드, 호스트웨이 등이 있다. 둘째, 기업 또는 조직의 전산실을 의미하며, 중앙 집중화된 전산설비를 조직에서 전용으로 사용하는 경우에 해당하며 대표적인 예로, 삼성SDS, LG CNS, SK C&C 등의 데이터센터가 이에 해당된다.

이와 같은 데이터센터가 녹색성장시대에 중요한 이유는 다음과 같다. 첫째, 데이터센터는 수많은 서버장비뿐만 아니라 안정성·신뢰성 보장을 위한 2중 전원시설, 냉각장비, 항온·항습을 위한 공조시설 등이 24시간 가동된다. 이에 따라 전기료 및 냉각 비용이 데이터센터 전체 비용의 1/3 가량을 차지하고 있어 모든 사업자들의 가장 큰 고민거리이다. 둘째, 인터넷 사용 및 관련 서비스의 증가 등으로 주요 업체들은 신규 IDC를 건립하거나, 규모를 확대 중이다. 기존 대규모 IDC는 5층 내외인데 비해 최근 신축 건물은 10층을 상회하고 있다. 이에 따라 서버, 스토리지 등 인프라의 양적 확장 및 서버 운영, 공조최적화에 따른 전력사용량이 급속히 증가 중이다. 2006에서 2008년까지 국내 IDC의 전력사용량의 연평균 증가율은 45%에 이르고 있다. 마지막으로 과거 데이터센터 장비는 전력효율보다는 프로세스 파워에 집중하였다. 이에 따라 관련 장비인 서버의 CPU 평균 사용률은 8~15% 정도, 스토리지의 평균 사용률은 45% 수준으로 에너지 측면에서 비효율적인 상황이다 [3,4].

이와 같은 데이터센터의 그린화에 대한 주요 이슈로는 고효율장비(서버 및 네트워크장비)의 구매 및 관리, 냉각·공조의 관리, 전력관리 그리고 가상화를 통한 통합 및 공유 등이 있다. 특히, 특정 기업의 전산실에서는 최근에 데이터센터의 관리에 상당한 어려움을 겪고 있는 실정이다. 즉, 무어의 법칙 등에 따라 계산능력은 매년 2배에 가깝게 증가하였으나, 과거에 확보한 전산실 공간과 HVAC 설비의 능력은 현재의 전산실을 냉각·공조하는데 어려움을 많이 겪고 있다. 또한 기존에 중요하지 않았던 냉기 및 열기의 유통을 제어하고자 할 경우 시설의 변경 등의 전산관리자 수준에서 결정할 수 없는 상황에 직면하기도 한다. 서버 등의 장비를 통합하고 공유하여 이를 해결하고자 할 경우에도 상당한 설비의 교체 및 구매 비용이 수반되는 것이 일반적이다. 전력관리의 효율성 측면에서 교류배전을 직류배전으로 변경하고자 할 때에도 유사한 상황에 놓이게 된다[5,6].

회사조직의 데이터센터나 IDC의 그린화에 관심이 있는 전산 담당 임원(CIO)은 자신이 속한 데이터센터의 에너지 효율에 대한 현황과 개선에 필요한 시사점을 제공할 수 있는 평가에 관심이 많을 것이다. 현재까지의 에너지 효율에 대한 평가기준들은 설비 수준과 전체 데이터센터 수준으로 구분할 수 있다. 설비수준의 그린화 성능 평가기준들은 해당 설비가 어느 정도의 에너지 효율이 있는지에 대한 미세한 정보만을 제공하고 있다. 또한 데이터센터 수준의 그린화 성능들은 데이터센터 자체의 에너지 효율을 표시하는 광범위한 정보만을 제공하고 있다.

이와 같이, 미세한 설비 수준과 광범위한 데이터센터 수준의 성능 척도들은 데이터센터의 그린화 현황과 개선방향에 대한 구체적인 설명력이 떨어질 수 있다. 설비수준에서는 설비의 구매 및 유지에 필요한 에너지효율 정보를 제공할 뿐이며, 특정 설비의 에너지 효율이 바뀌는 것이 데이터센터 전반에 어떤 영향을 미치는지에 대한 추가적인 정보를 제공하지 못할 수 있다. 또한, 데이터센터 수준의 성능평가척도는 데이터센터 자체의 그린화지수를 산정할 뿐이며, 그린화를 위해서는 어느 기능부서나 단위에서 어떠한 노력을 기울여야 하는지에 대한 추가적인 정보를 제공하지 못할 수 있다.

데이터센터의 그린화 성능을 측정하는 지표나 지표들은 데이터센터수준에서의 설명력뿐만 아니라 데이터센터의 세부 구성요소 수준에서의 설명력을 갖는 것이 좋을 것으로 판단된다. 또한 측정지표들이 쉽게 측정될 수 있고, 기존의 부서와의 사상(mapping)이 용이할수록 효과가 더 클 것으로 판단된다.

2. 연구방법 및 논문의 구성

본 연구는 그린화 성능을 고려한 데이터센터의 평가항목과 지표를 개발하는 것을 목표로 한다. 이를 위해서 그린화 성능에 영향을 미치는 데이터센터의 구성요소를 결정하는 작업, 도출된 구성요소를 기초로 한 그린화 성능을 고려한 데이

www.kci.go.kr

터센터 모형을 제시하는 작업, 그리고 마지막으로 그린화 성능 평가항목과 지표를 결정하는 작업을 하고자한다. 이를 위한 연구방법은 다음과 같다.

첫 번째 단계로, 평가 및 평가모형이 가지는 일반적인 내용에 대하여 살펴보고자 한다. 특히 정보시스템과 정보화 관련 평가를 주로 살펴보고자 한다. 이를 통해 평가모형이 갖는 일반적인 프레임워크를 정리하여 본 연구에서 제시할 평가모형의 형식과 내용을 채우는데 이용한다. 이를 위해 2장에서 정보시스템 평가모형 일반에 대해 다루며 평가의 절차와 그리고 평가항목이 가져야 할 고려사항에 대한 기존의 연구를 조사한다.

두 번째 단계에서는 기존의 데이터센터 기준과 평가기준의 현황을 살펴보고자 한다. 이를 위해 3장에서 데이터센터에 관련된 기준과 그린화 성능 평가기준에 대한 기존의 현황을 살펴본다.

세 번째 단계에서는, 그린화 성능 관점에서의 데이터센터 모형을 제시하기 위해, 그린화 성능을 평가하기에 용이하고 에너지 효율에 영향이 큰 데이터센터의 구성요소(이를 주요 구성요소로 명명함)를 선정하고 이를 통해 주요 구성요소들이 작업량-에너지-열로 표현될 수 있는 데이터센터모형을 제시하고자 한다. 이를 위해 4장에서 그린화 성능에 영향을 미치는 구성요소를 식별하는 작업을 통해 그린화 성능 관점의 데이터센터 모형을 제시한다.

네 번째 단계에서, 그린화 성능을 고려한 데이터센터의 평가에 필요한 평가지표를 개발하고 평가절차를 완성하고자 한다. 이를 위해 5장에서 평가지표 후보를 나열한 후 이의 효용을 탐색적으로 검토하여 평가지표를 결정하는 방식으로 평가지표를 완성하고자 한다.

마지막으로 제시한 평가항목과 지표의 향후 발전방향을 알아보기 위해 기존의 그린화 성능 평가도구들과의 비교하고자 한다. 이를 통해 제시하고자 하는 그린화 성능 평가모형이 갖는 한계를 제시할 수 있을 것이다.

II. 정보시스템 평가모형 일반

본 연구에서 사용할 평가와 관련된 용어를 정의하고, 평가모형에서 핵심적인 평가절차와 평가항목 그리고 평가지표의 개발에서의 주요 고려사항에 대한 기존의 문헌을 살펴보고자 한다. 이를 통해 본 연구에서 제시할 새로운 평가프레임워크를 구성하기 위한 세부적인 요소를 도출하고, 기존의 평가모형보다 우수한 평가모형이 되기 위해 필요한 세부적인 고려사항을 도출하고자 한다.

1. 평가에 대한 정의

평가(assessment)는 일련의 행위를 결정하기 전에 조심스럽게 활동을 따져보는(evaluate) 경향이 있는 인간의 자연적 행위이다. 이는 관리자가 결정이 합리적이고 목적이 성취될 수 있는지를 미리 시연해보는 것과 유사하며, 이런 유형의 정당화(justification)는 평가를 통해 성취되고 미리 시연해 볼 수 있다[7].

정보시스템 평가는 정보시스템에 대한 평가, 정보인프라나 기기에 대한 평가 그리고 조직의 정보화에 대한 평가로 나뉠 수 있다. 정보시스템에 대한 평가에 대한 구분은 평가의 객관성 여부, 결과/과정 중심 평가, 부분/전체 평가, 그리고 기타의 관점에 따라 구분하기도 한다[8,9]. 평가에 대한 정의는 분야와 사용목적 등에 따라 다양한 용어로 사용되는 경향이 있으나, 크게 다음과 같은 3가지 유형으로 대별해볼 수 있다. 첫째, 적합성평가(또는 인증평가)이다. 이는 기능과 성능 등이 이미 존재하는 기준을 만족하였는지 여부에 대한 평가에 해당하며, 고효율 에너지 기자재인증 등이 이에 대한 예가 될 수 있다[10]. 둘째, 수준평가(또는 성숙도 평가)이다. 이는 소프트웨어, 정보시스템, 조직 등과 관련한 성숙모형을 제시하고, 각 단계(또는 수준)에 따른 평가치의 범위가 주어져있어서 해당 범위의 수준을 결정하게 되는 평가이며, 정보화수준평가 등이 좋은 예가 될 수 있다[9,11,12,13]. 마지막으로, 진단평가는 기기, 정보시스템 또는 조직의 성능이나 효과성 또는 효율성을 점검하기 위해 주로 정량적 값으로 그 결과를 나타내는 평가이며, 예로는 PUE(Power Usage Effectiveness) 등을 들 수 있다[14,15,16].

본 논문에서의 평가는 마지막의 진단평가로서의 의미를 갖는 평가로 한정하고자 한다.

2. 평가의 절차

일반적인 평가의 절차는 다음과 같다[9].

1단계 : 평가 준비 단계
- 평가목적의 설정
- 평가팀 구성
- 평가 영역 및 항목 선정
- 평가 지표 개발 및 결정

2단계 : 평가 수행 단계
- 자료수집 및 면담
- 수집된 자료 분석

3단계 : 평가 분석 단계
- 평가 결과 및 문제점 도출
- 해결방안 및 결과 도출
- 평가 결과 설명

4단계 : 평가 후 단계
- 평가 작업에 대한 평가

그림 1. 평가의 절차
Fig. 1. General procedure of assessment

www.kci.go.kr

3. 평가영역 및 평가항목

평가를 준비하는 단계에서 평가영역과 항목을 선정하는 것은 지표개발, 자료수집 등의 후속절차를 위해서도 중요하지만, 평가의 공정성과 일관성을 위해 중요한 단계이다.

평가항목의 선정을 위해서는 평가항목의 대표성, 발전성 그리고 일관성을 검토하여야한다. 평가항목의 대표성은 자의성(ad hoc), 완전성(completeness) 등의 측면에서 평가항목을 검토해야하는 성질이며, 발전성은 평가항목은 단순히 측정으로 끝나서는 안 되며, 그 평가요소가 어떻게 다음 단계로 발전될 수 있을 것이며, 그 발전을 위해 무엇을 해야 하고 할 수 있는지가 명시되어야하는 성질이며, 일관성은 특정 수준이나 단계를 갖는 평가요소들이 상호 일관성을 가져야하는 성질이다. 각각의 성질의 세부적 고려사항을 정리하면 다음의 표1과 같다[17].

표1 평가 항목이 가져야할 성질과 세부적 고려사항
Table 1. Considerations and properties of assessment items

성질	세부적 고려사항
대표성	· mutually exclusive and orthogonal · communicative · easy & informative · measurable · theoretically proven and practical · comprehensive · agility
발전성	· 단계 이행에 따른 평가요소의 값의 변화가 과연 통제 가능한 것인가 문제 · 평가요소 값 변화를 측정할 때, 어떤 특정한 기준을 가지고 측정할 것인가 문제
일관성	· 상호 변화(co-vary)하는가 하는 문제 · 평가요소들이 primacy의 관계는 없는가 하는 문제

4. 평가지표 개발 및 결정

평가지표는 평가항목을 정확하게 측정하기 위한 지표로서, 자료수집 방법과 평가를 고려하여 함께 이루어지는 것이 바람직하다. 평가지표 중에서 개량화하기 어려운 항목은 면담과 설문을 활용하는 지표의 개발이 되는 것이 일반적이다[9].

III. 데이터센터 기준 및 그린화 성능 평가기준 현황

데이터센터와 관련된 기준과 그린화 성능 평가기준에 대해 살펴본다. 그린화 성능 평가기준은 설비수준과 데이터센터수준으로 구분하여 살펴보고자 한다.

1. 데이터센터 기준

데이터센터의 구성요소를 참고할 수 있는 국내·외의 기준들은 다음과 같다.

- 집적정보통신시설보호지침에 관한 고시(방송통신위원회)[18]
- 지능형건축물인증제도(사단법인 IBS코리아)[19]
- Data Center Standard (TIA-942)[20]

첫째, 집적정보통신시설보호지침은 사업자가 의무적으로 준수하여야 하는 보호조치의 세부적인 기준을 제시하고 있는데 이는 크게 다음의 표2와 같다.

표 2. 집적 정보통신시설 보호 지침의 보호조치 구분
Table 2.Classification of protection for integrated ICT

구분	목표	항목
물리적·기술적 보호 조치	접근제어 및 감시	출입통제장치, 출입기록, 고객 정보시스템 장비 보호, 중앙감시실, CCTV, 경보장치
	가용성	전력 및 관련 설비 보호, 무정전전원 장치(UPS), 축전지설비, 자가발전설비, 수·변전설비, 접지시설, 항온항습기, 비상조명 및 유도등 설비
	방호성	벽면의 구성, 유리창문 설비
	방재성	하중안전성, 소방시설, 건축자재, 수해방지
관리적 보호 조치	보호관리 체계화	상근경비원, 전문기술자, 관리책임자, 시설보호계획
	관리용 정보 시스템 보호장비	네트워크 장비보호, 침입차단시스템, 침입차단시스템 기록(log)관리, 사용자 계정관리, 비밀번호 관리

둘째, 지능형 건축물(IB: Intelligent Building) 인증제도는 IB를 구성하고 있는 기술 분야에 대하여 객관적인 정보를 마련하고 이를 등급화된 인증기준을 제공함으로써 IB에 대한 체계적인 기술발전을 유도할 수 있으며, 건축물의 지능화를 통하여 지식생산의 기술적인 가치를 극대화하고자 기준을 정하였다. 이와 같은 IB에 대한 등급인증은 건축물의 지능화 수준에 대한 객관적인 정보를 제공하며, 초기 투자주체, 건설주체, 소유주체, 관리 주체 및 사용주체가 쉽게 IB에 대한 수준을 파악함으로써 IB에 대한 기술적·경제적 가치를 제

www.kci.go.kr

고해 줄 수 있을 뿐만 아니라 지식정보화사회에 대응하여 IB에 대한 사회적 역할과 기능적 역할을 부여해 줄 수 있을 것이다. IB인증제도에서는 건축계획 및 환경, 기계설비, 전기설비, 정보통신, 시스템통합, 그리고 시설경영관리 분야별 평가기준과 필수항목 및 평가항목을 나타내고 있다.

마지막으로, 미국통신산업협회(TIA)에서 제정한 데이터센터 표준(TIA-942) 가이드북은 데이터센터에서 갖춰야 할 제반 요소들의 기준을 규정하는 준거들을 명시하여 주요 데이터센터들이 이를 기준점으로 삼고 있다. 이는 건물구조(데이터센터의 건물구조나 주차장, 출입문 크기까지 포함), 전기, 공조, 소방, 보안시설, 그리고 각종 부대시설 등에 대한 규격을 단계별로 규정해 점수를 매기게 되는데, 최고 등급은 4등급(Tier 4)이다[20]. 각각의 등급에서 요구되는 품질은 다음의 표3과 같다.

표 3. 데이터센터 표준의 등급별 요구 품질
Table 3. Required qualities of each datacenter tier

구분	Tier 1	Tier 2	Tier 3	Tier 4
특징	기본	이중화	동시적 관리	내고장성
데이터센터 가용성(%)	99.671	99.749	99.982	99.995
연간 장애발생 시간(hr/y)	28.8	22.0	1.6	0.4
상면(raised floor)	n/a	필요함	필요함	필요함
UPS	n/a	필요함	필요함	필요함
발전기	n/a	필요함	필요함	필요함
전력 및 냉방시설 이중화	N	N+1	N+1 동시 활성화	2(N+1) or S+S 무정지 상태
운영센터	n/a	n/a	필요함	필요함
보안시설 (로비에서 전산실까지)	일반 잠금 장치	카드 인식	생체 인식	생체인식
백본 이중화	n/a	n/a	필요함	필요함
수평 케이블링 이중화	No	No	No	(선택사항)
랙/캐비닛의 지지대	No	바닥 지지대	풀 지지대	풀 지지대
데이터센터 기반 인프라	n/a	n/a	Yes	Yes

2. 데이터센터 그린화 성능 평가기준

데이터센터에서 사용 가능한 그린화지수를 산정할 수 있는 평가기준으로는 개별 정보통신설비나 기기의 그린화 성능 평가 기준과 데이터센터의 그린화 성능을 평가하는 기준으로 나눠볼 수 있다.

2.1 기기수준의 그린화 성능 평가기준

국내의 정보통신 설비와 기기 수준의 그린화 성능 평가기준은 다음과 같다.

첫째, 에너지소비효율등급표시제도는 에너지 사용기기에 에너지효율정보를 표시하는 라벨을 부착하도록 하는 것인데, 우리나라에서는 효율관리제도라는 이름으로 1992년부터 운영되고 있다. 효율관리제도는 에너지 사용기기의 효율을 향상시키고, 에너지 절약형 제품의 보급을 도모하기 위한 제도이다.

둘째, 고효율에너지기자재인증제도는 고효율에너지기자재 보급을 활성화하기 위해 산업 및 건물용 설비 중에서 에너지 효율 및 품질시험검사 결과 정부가 고시한 일정기준 이상인 제품에 대하여 고효율에너지기가재로 인증하여 주는 효율보증제도로서 1996년부터 운영되고 있다.

마지막으로 대기전력 저감 프로그램은 대기전력 감소를 위해 절전형 제품 등에 에너지 절약마크를 표시하게 하여 절전제품을 보급하기 위한 제도로서 1999년부터 운영되고 있으며 점차 강제화하는 추세를 가지고 있다.

국외의 정보통신 설비와 기기별 성능평가기준은 다음과 같다.

첫째, SUN에서 SWaP(Space, Watts and Performance)이라는 데이터센터의 서버의 영향을 측정하는 성능 평가척도를 개발하였다[21,22]. 이 SWaP 척도는 서버의 효율성을 구매하기 이전에 계산해보는 척도이며 다음의 식(1)과 같은 간단한 계산식을 가지고 있다.

$$SWaP = \frac{Performance}{Space \times Power\ Consumption} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

이때, 성능(Performance)은 업계의 표준적인 벤치마킹 값을 사용한다. 또한, 공간(Space)은 랙유닛(RUs: Rack Units)에 들어가는 서버의 높이 기준을 사용하며, 마지막으로 사용전력량(Power Consumption)은 서버시스템이 실제로 소비하는 전력량으로 판매자로부터의 벤치마킹 값을 활용하여 계산한다.

둘째, Verizon이 개발한 제품별 에너지 효율상수(TEEER: Telecommunications Equipment Energy Efficiency Rating)는 다양한 활용도의 수준에서 장비의 전력소비를 테스트하는 공식을 기반으로 TEEER값을 산정한다. TEEER 공식에서는 최대 소모전력과 대기시의 소모전력을 이용하여 전체 소모전력을 계산하고 있다[23].

셋째, 에너지스타(Energy Star) 프로그램은 미국 환경보

www.kci.go.kr

호국(EPA, Environment Protection Agency)과 에너지부(Department of Energy)의 조인트 프로그램으로 비용 절약은 물론 에너지 효율적인 제품의 구매 관행을 개선하여 환경보호 목적을 달성하고자 한다. 에너지 스타는 50개 이상의 제품 범주에 부여되었으며, 이 중 정보통신와 관련된 제품은 컴퓨터, 모니터, 프린터, 스캐너 등이 있다[24].

마지막으로, 전자제품 환경평가도구 (EPEAT, Electronic Product Environmental Assessment Tool)는 미국 연방정부가 국가 기관이 EPEAT 기준을 충족하는 친환경적인 컴퓨터를 구매하고 사용할 수 있도록 EPEAT 요구사항을 연방정부조달규칙(FAR, Federal Acquisition Regulation)에 통합시켜왔다. 2007년 제정된 대통령령은 연방 기관이 95% 이상의 컴퓨터를 EPEAT의 그린 컴퓨터 구매 기준에 적합한 것을 구입하도록 하고 있으며, FAR 내에서 본 요구사항을 포함한 제안서는 모든 연방 정부 구매담당자를 위한 표준이 되고 있다[24].

이상의 기기별 국내외 성능평가기준을 정리하면 다음의 표 4와 같다.

표 4. 정보통신기기별 그린화 성능 평가기준
Table 4. IT Device level assessment systems for greening performance

평가기준		내용
국내	에너지 소비효율 등급	최저에너지효율기준을 적용하면서 효율수준에 따라 1~5등급으로 표시.
	고효율 에너지기자재인증	산업, 건물용 설비 중 에너지 효율 및 품질시험 결과 일정기준 이상인 제품에 대해 인증.
	대기전력 저감 프로그램	대기전력저감대상제품에 대해 기준에 만족 시 에너지 절약마크를 표시.
국외	SWaP	SUN에서 제안한 전력과 공간 그리고 컴퓨팅파워간의 상관관계를 통한 서버의 효율 산정지수.
	TEEER	미국의 Verizon이 개발한 정보통신 관련 장비에 대한 측정 프로세스. 장비의 전력소비를 테스트하는 공식으로 에너지 효율계수를 산정.
	Energy Star	비용 절약과 에너지 효율적인 제품 구매를 통한 환경보호 목적. IT와 관련된 제품은 컴퓨터, 모니터, 프린터, 스캐너 등임.
	EPEAT	전자제품환경평가도구(EPEAT) 기준을 연방정부조달규칙에 포함시킴.

2.2 데이터센터 수준의 그린화 성능 평가기준

데이터센터 수준의 그린화 성능 평가기준은 PUE(Power Usage Effectiveness), DCiE(Data Center infrastructure Efficiency) 그리고 CADE(Corporate Average Datacenter Efficiency)의 3가지가 있다. 각각에 대해 상술하면 다음과 같다.

첫째, PUE는 산업계에서 널리 사용되는 성능 평가지표이다. PUE는 다음과 같이 계산된다.

$$PUE = \frac{\text{전체설비부하}(Total\ Facility\ Power)}{IT\text{장비부하}(IT\ Equipment\ Power)} \quad \cdots 2)$$

둘째, PUE와 상반된 개념으로 DCE는 데이터센터의 효율이 가지는 개념적인 모호성 때문에 잘 사용되지 못하였다. 대신 그린그리드(GreenGrid)에서 재정의한 DCiE(Data Center infrastructure Efficiency)라는 표현을 사용하고 있다. DCiE의 계산식은 PUE의 역수로 다음과 같다.

$$DCiE = \frac{1}{PUE} = \frac{IT\text{장비부하}}{\text{전체설비부하}} \times 100 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (3)$$

이때, 식(2)와 식(3)의 전체설비부하는 IT 장비를 포함한 전체의 부하를 지원하는 모든 것을 포함한다. 이에는 첫째, 전력배전 관련 구성요소(UPS, 차단기, 발전기, 배전반, 축전지, 그리고 IT장비까지의 배전 손실), 둘째, 냉각시스템 관련 구성요소(냉각장치, 컴퓨터실 공조유닛, direct expansion air handler (DX) units, 펌프, 냉각탑), 셋째, 컴퓨터, 네트워크, 스토리지 노드 그리고 마지막으로, 기타 데이터센터 조명 등의 잡다한 부하들을 포함한다. 그리고 식(2)와 식(3)의 IT장비부하는 모든 종류의 IT 장비들 즉, 계산용, 저장, 네트워크장비, KVM 스위치(KVM은 키보드, 비디오, 마우스를 뜻하며, KVM 스위치는 하나의 키보드, 모니터, 마우스로 여러 대의 컴퓨터를 제어할 수 있도록 해 주는 장치) 등의 보조설비, 모니터, 관제나 통제를 하기 위해 사용하는 워크스테이션/랩톱)의 부하를 포함한다.

현재까지 PUE와 DCiE의 평균적인 값에 대한 국내의 공식 자료는 없다. 다만, 그린그리드에서 PUE에 대한 미국자료를 주기적으로 발표하고 있다. 그린그리드가 발표한 결과에 따르면 PUE가 1.3 ~ 3.0으로 측정되었음을 밝히고 있으며, PUE가 1.6 정도는 되어야 한다고 밝히고 있고, 같은 기관의 다른 조사에서는 PUE가 2.0 정도가 적당하다고 밝히고 있으나 통계적으로 유의미한 측정결과를 밝히고 있지는 않다 [16].

마지막으로 CADE는 업타임인스티튜트(Uptime Institute)가 매킨지앤컴퍼니(McKinsey & Company)와 함께 최근에

www.kci.go.kr

개발한 지표이다. 이 지표는 IT와 설비의 효율성을 각각 에너지 효율성과 자본활용률의 양 측면에서 고려한 4개의 구성요소를 가지고 있다. 설비자산이용률(Facility Asset Utilization)은 현재의 IT부하를 최대 IT 부하용량으로 나눈 값이다. 설비 에너지 효율(Facility Energy Efficiency)은 그린그리드의 DCiE와 동일하다. IT 자산 이용률(IT Asset Utilization)은 서버CPU의 평균용량 개념이며, IT에너지 효율성(IT Energy Efficiency) 는 유용한 IT 작업량을 IT에 소모한 전체 전력량으로 나는 값을 의미한다[25].

이상의 데이터센터 수준의 그린화 성능 평가기준을 정리하면 다음의 표 5와 같다.

표 5. 데이터센터 수준의 그린화 성능 평가기준
Table 5. Datacenter level assessment systems for greening performance

평가기준	내용
PUE	산업계에서 널리 사용되는 데이터센터의 성능 평가지표
DCE (또는 DCiE)	PUE의 역수 그린그리드에서 정의하여 사용
CADE	4개의 구성요소로 이루어짐 IT와 설비 각각에 대해 에너지 효율성과 자본활용률을 계산

IV. 그린화 성능을 고려한 데이터센터 모형의 개발

1. 데이터센터의 구성요소 분석

데이터센터의 구성요소는 IDC를 구성하고 있는 물리적 시설 또는 설비를 기술적인 동질성에 따라 식별하고자 한다. 기존의 데이터센터관련 기준들과 Kant[2]의 구성요소를 데이터센터의 일반적 구성요소를 나열하면 다음의 표 6과 같다.

표 6. 데이터센터 관련 기준별 구성요소
Table 6. Components of each datacenter classification

집적정보통신설비 (M1)	지능형 건축물 (M2)	데이터센터 표준 (M3)	Kant(2009) (M4)
물리적 수준 기술적 수준 관리적 수준	건축계획 및 환경 기계설비 전기설비 정보통신 시스템 통합 시설경영관리	건물구조 전기 공조 소방 보안시설 각종 부대시설	랙 수준 물리적 구성 저장장치와 네트워크 인프라 관리 인프라 전력 및 냉각 인프라

데이터센터의 그린화 성능의 평가 프레임워크를 구축하기 위해서는 평가영역 및 항목의 결정이 필요하며, 이를 위해서는 평가항목의 대표성, 발전성 그리고 일관성의 세부속성에 대한 검토가 필요하다. 분석에서는 세부적인 그린화 성능을 잘 표현할 수 있는지의 관점으로 각각의 4개의 구성요소 유형을 분석하였다.

표1에서의 평가 항목을 이용하여 표 6의 기존의 기준과 연구자들의 것과 비교하는 작업을 수행하였다. 결과를 정리한 표 7에서 (○, ◑, 그리고 ●)의 의미는 구성요소를 결정할 때, 해당 속성 및 고려점 측면에서 (부족함, 보통임, 그리고 충분함)의 의미로 사용하였다.

표 7. 데이터센터기준별 구성요소설정의 타당성 검토표
Table 7. analysing sheet for datacenter classification

www.kci.go.kr

속성 및 고려점		M1	M2	M3	M4	비고
대표성	독립성	○[1]	●	●	◑	1 구성요소가 물리적 기술적으로 구분하기 어려움
	의사소통	○[2]	◑	◑	◑	2 대상의 구분이 어려움
	정보가치	●	◑	◑	○[8]	8 어려운 표현
	측정의 용이성	○[3]	◑	●	○[9]	3 성능측정 곤란 9 성능측정 곤란
	설정근거	◑	●	●	◑	
	범위의 완전성	◑	◑	◑	○[10]	10 가용성과 에너지 효율을 검토할 수 있는 요소가 적음
	구분의 정교함	◑	○[7]	◑	○[11]	7 SI와 경영관리의 구분이 모호함 11 전력과 냉각이 다른 수준에 비해 큰 개념임
발전성	단계이행 시의 통제	○[4]	◑	◑	◑	4 각 항목간의 단계를 정의하기 힘듦
	변화의 측정	○[5]	◑	●	●	5 측정기준 제시가 어려움
일관성	상호변화	○[6]	◑	●	●	6 상호 변화할 것으로 보임
	Primacy	◑	●	●	●	

기준별 속성의 타당성의 표기 : ○(부족함), ◑(보통임), ●(충분함)

표 7을 살펴보면 집적정보통신설비기준(M1) 은 대상이 되는 전력사용량이 많은 부서, 시스템 또는 기능이 구분이 어렵기 때문에 특히 측정의 용이성, 구성요소의 독립성 그리고 일관성 측면에서 좋지 않은 것으로 보인다.

지능형건축물기준(M2)과 데이터센터표준의 기준(M3)은 둘 다 구성요소의 대표성 측면에서 문제가 없는 것으로 판단된다. 이 이유는 데이터센터에서 전력소모가 큰 개체인 전력전달과 냉각공조를 별도의 구성요소로 선택한 점일 것으로 보인다. 또한 데이터센터는 그린화 성능뿐만 아니라, 고유의 가용성 제공의 기능이 있음을 알 수 있었고, 이러한 가용성 지원영역으로 볼 수 있는 통신과 소방 등의 분야 등이 포함될 수 있는 그린화 성능 이외의 평가척도의 개발 또한 필요할 것으로 분석된다. 또한, 두 기준 모두 건물구조 등의 공간을 별도의 구성요소로 포함하고 있다. 건물구조는 냉각공조 측면에서 상호작용을 일으킬 수 있는 점이 추가적으로 고려될 필요가 있을 것으로 보인다.

Kant의 구분은 데이터센터의 컴퓨터실을 두개로 구분하고 있으며, 저장장치와 네트워크 인프라는 서버와 같이 전기를 소모하기 때문에 측정이 용이하지 않은 점 등이 항목의 대표성 측면에서 좋지 않게 분석되었다.

이를 정리하면 다음과 같다. 첫째, 그린화 성능 관점에서는 에너지 측정이 용이한 구성요소의 선정이 필요하다. 둘째, 데이터센터의 고유 업무는 전력공급실패, 네트워크장애, 고열로 인한 시스템 장애, 재난, 등의 가용성 위협을 줄이는 활동이므로 이에 대한 고려 역시 데이터센터 모형화에서 중요하다. 그러나 가용성에 대한 지원업무는 에너지사용과 무관할 뿐만 아니라, 용장(redundant) 등을 위해 추가적인 에너지를 사용하게 하는 측면이 있다. 마지막으로, 건물구조 또는 공간에 대한 고려가 필요할 것으로 판단된다. 적정하지 않은 공간은 특히 주요한 에너지 사용처인 냉각공조와의 상호작용, 컴퓨터실에서의 발열에 영향을 미칠 수 있다.

2. 데이터센터의 주요 구성요소 선정

이전 절에서 분석된 내용을 통해 구성요소를 식별하면 다음과 같다.

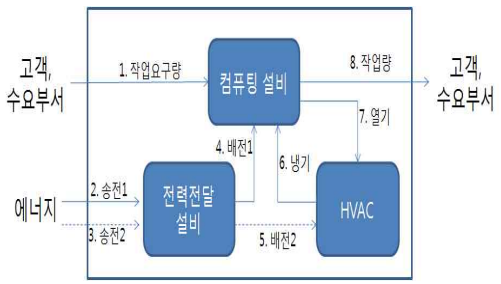
첫째, 데이터센터내의 에너지 사용이 많은 개체에 대해 구성요소로 고려할 필요가 있다. 이에 해당하는 것은 컴퓨터실, 전력전달 그리고 HVAC 설비이다.

둘째, 가용성 지원은 데이터센터의 고유한 업무이기 때문에 구성요소의 선정에서 고려할 필요가 있다. 이를 위해서는 데이터센터 시스템의 입력과 출력변수에 가용성을 표현하게 하는 방안을 고려하였다.

마지막으로, 공간은 에너지 사용이 많은 컴퓨터실과 HVAC 설비와의 상호작용이 많다. 이를 환경변수로 컴퓨터실과 HVAC 설비에서 고려하여 컴퓨터실과 냉각공조의 조절인자로 고려한다.

3. 그린화 성능 관점의 데이터센터 모형화

데이터센터의 고유한 업무와 에너지 이용을 모형화한 데이터센터 모형은 다음의 그림 2와 같다. 모형은 주요 구성요소들 사이에 작업량-에너지-열의 교환을 표현하는 그림이다.



www.kci.go.kr

그림 2. 그린화 성능 관점의 데이터센터 모형
Fig. 2. Datacenter model regarding greening performance

그림에서의 주요 구성요소는 컴퓨팅 설비, 전력전달설비 그리고 HVAC 설비이다. 그리고 이 주요설비의 입력요소는 전기로 대표되는 에너지(2,3)와 고객 또는 수요부서에서의 서버, 통신장비, 그리고 저장장치에 대한 작업요구량(1)이며, 출력요소는 고객 또는 수요부서에서의 요구된 작업을 수행한 작업량(1)으로 표현하였다. 전력전달설비는 에너지원으로부터의 송전입력(2,3)을 배전출력(4,5)로 바꾸어주는 구성요소이며, HVAC 설비는 컴퓨팅설비의 고열의 공기(7)를 냉기(6)로 바꾸어서 컴퓨팅 설비의 오작동 또는 고장을 방지하는 기능을 수행하는 구성요소이다.

V. 데이터센터 평가지표 개발

1. 주요 구성요소의 평가지표 후보

데이터센터 수준의 그린화 성능 평가지표와 구성요소인 컴퓨팅설비, 전력전달설비 그리고 HVAC에 대한 평가지표를 구하고자 한다. 평가지표는 해당 개체의 입력과 출력의 비교를 통해 의미 있는 지표의 개발 여부를 고려하였다.

표 8. 데이터센터 구성요소별 평가지표 후보
Table 8. Candidate of the assessment indices

구분	관점	표현식	비고
데이터센터 전체	투입요소 관점	(②+③) / ②	계측이 용이함 (PUE와 유사)
		② / (②+③)	계측이 용이함(DCiE와 유사)
	생산성 관점	⑧ / ①	계측이 용이함 (데이터센터의 가용성과 동일)
		⑧ / (②+③)	분모와 분자가 동일한 측정치를 가지고 있지 않음
컴퓨팅 설비	투입요소 관점	① / ④	분모와 분자가 동일한 측정치를 가지고 있지 않음
	생산성 관점	⑧ / ④	동일한 측정치를 가지고 있지 않음
		⑧ / ①	계측이 용이함 (데이터센터의 가용성과 동일)
전력전달 설비	생산성 관점	④ / ③ 또는 ⑤ / ③	계측이 용이함
		(④+⑤) / (②+③)	계측이 용이함
HVAC	투입요소 관점	⑦ / ⑤	분모와 분자가 동일한 측정치를 가지고 있지 않음
	생산성 관점	⑤ / ④	계측이 용이함 냉각공조가 컴퓨팅설비를 위해 사용되었으므로 컴퓨팅설비의 열기(7) 대신 컴퓨팅설비 배전 1(4)을 입력으로 취급
		(⑦-⑥) / ⑦	계측 가능함

※ 표현식의 원문자 숫자는 데이터센터 모형(그림 2)에서의 번호.

2. 데이터센터 수준의 평가지표

데이터센터 전체의 그린화 성능 지표는 크게 3가지 의미 있는 지표가 도출되었다.

$$DC_1 = \frac{(\text{송전}_1 + \text{송전}_2)}{\text{송전}_1} \quad \cdots\cdots (4)$$

$$DC_2 = \frac{\text{송전}_1}{(\text{송전}_1 + \text{송전}_2)} \quad \cdots\cdots (5)$$

$$DC_3 = \frac{\text{작업량}}{\text{작업요구량}} \quad \cdots\cdots (6)$$

식(4)는 추가적인 에너지 소비처가 없다고 가정한다면 PUE와 동일한 지표이다. 동일하게 식(5)는 DCiE와 동일한 지표이다. 그리고 식(6)을 계측하여 구할 수는 없지만, 데이터센터에서의 의미는 데이터센터의 가용성(Availability)에 해당하는 지표와 동일하다.

3. 구성요소 수준의 평가지표

3.1 구성요소 컴퓨팅 설비 평가 지표

구성요소 컴퓨팅 설비의 그린화 성능 지표 중에서 의미 있는 지표는 식(6)으로 표현된 가용성 지표이다.

3.2 구성요소 전력전달 설비 평가 지표

구성요소 전력전달 설비의 그린화 성능 지표 중에서 의미 있는 지표는 다음과 같다.

$$PT_1 = \frac{(\text{배전}_1 + \text{배전}_2)}{(\text{송전}_1 + \text{송전}_2)} \quad \cdots\cdots (7)$$

www.kci.go.kr

$$PT_2 = \frac{배전_1}{송전_1} \quad \cdots\cdots (8)$$

$$PT_3 = \frac{배전_2}{송전_2} \quad \cdots\cdots (9)$$

식(7)과 식(8) 또는 식(9)는 선택적으로 사용할 수 있는 평가지표이다. 컴퓨팅설비와 HVAC가 전력전달설비가 분리되어 있지 않을 경우는 식(7)을, 분리되어 있을 경우는 식(8)과 식(9)를 사용할 수 있다.

3.3 구성요소 HVAC 평가 지표

구성요소 HVAC의 그린화 성능 지표 중에서 의미 있는 지표는 다음과 같다.

$$AC_1 = \frac{배전_1}{배전_2} \quad \cdots\cdots (10)$$

$$AC_2 = \frac{열기 - 냉기}{열기} \quad \cdots\cdots (11)$$

식(11)은 계측은 실측 또는 빌딩관리시스템에서의 로그정보 등을 이용하여 획득할 수 있을 것으로 보이지만, 식(10)의 이용이 더 용이할 것으로 판단되므로 제외한다.

4. 제시한 평가지표에 대한 검토

본 연구에서 제시한 평가지표에 대한 검토는 쉽게 측정가능한지, 데이터센터의 구성요소까지의 설명력을 갖는지, 그리고 마지막으로 타 지표와의 호환성의 관점에서 검토하고자 한다.

첫째, 쉽게 측정가능한지를 검토하면 다음과 같다. 본 평가지표는 데이터센터 전체 수준에서 의미 있는 평가지표 3가지(DC1, DC2, DC3)와 컴퓨팅 설비 요소에서 1가지(DC3), 전력전달 설비 요소에서 3가지(PT1, PT2, PT3) 그리고 HVAC 요소에서 2가지(AC1, AC2)의 평가지표를 계산하는데, 표 8에서 살펴볼 수 있듯이, 전력량들의 관계로 표현된 (2. 송전1), (3. 송전2), (4. 배전1), (5. 배전2) 그리고 데이터센터의 가용성까지 5개의 데이터를 획득하면 데이터센터의 그린화 성능과 구성요소별 그린화 성능을 측정할 수 있다. 이 데이터들은 송전을 배전으로 전환하는 전력전달장치(PSU)의 전·후의 전력량과 데이터센터의 가용성지수로 각각은 데이터센터에서 구하기 어렵지 않은 데이터들이거나 현재 계측되고 있는 데이터들이다.

그리고 두 번째로 데이터센터의 구성요소까지의 설명력을 갖는지의 관점에서 검토하면 다음과 같다. 데이터센터의 주요 구성요소인 컴퓨팅 설비, 전력전달 설비 그리고 HVAC의 그린화 성능을 각각 DC3, (PT1, PT2, PT3) 중 하나, 그리고 (AC1, AC2)중 하나로 측정할 수 있고, 데이터센터 전체의 성능 또한 (DC1, DC2, DC3) 중 하나로 측정할 수 있다.

또한 마지막으로, 기존의 평가지표와의 호환성 측면에서 제시하고 있는 평가지표를 고려해보면 다음과 같다. 데이터센터 수준의 평가지표 중에서 DC1과 DC2는 각각 기존의 타 기관의 그린화 성능 평가지표인 PUE와 DCiE와 유사하다.

5. 기타 데이터의 측정 및 계산

5.1 작업량의 측정 및 조절계수

1) 작업량의 측정

제시하고 있는 데이터센터 모형에서 사용한 작업요구량(그림 2의 1)과 작업량(그림 2의 8)의 측정은 다음과 식(12)와 같은 방법으로 유추하여 계산할 수 있다.

$$작업량 = 서버의\ 가용률 \times 댓수 \times 서버\ CPU의\ 용량 \quad \cdots\cdots (12)$$

작업량(또는 작업요구량)의 의미는 정해진 기간 동안의 데이터센터 내에서 실행된 전체 트랜잭션의 수를 의미하기 때문에, 작업량(또는 요구량)을 통해 서버나 네트워크장비 등의 과부족상황을 파악할 수 있는 상황정보를 지표로 추가로 제공할 수 있을 것이다.

2) 작업량 조절계수

작업량은 가상 화와 통합의 정도, 서버의 에너지 효율 등에 의해 변할 수 있다. 즉, 가상화화를 통한 서버의 공동사용으로 서버의 댓수가 줄어들면(물론, 이때 서버의 가용률도 변화하겠지만), 식(12)에서 작업량(또는 작업요구량)에 영향을 미칠 것이다. 또한, 서버 CPU의 용량의 변화 또한 작업량을 줄어들게 할 수 있을 것이다. 이것은 작업량(또는 작업요구량)의 본질적인 정의에 부합하지 않지만, 작업량과 작업요구량이 본 데이터센터 모형에서 가용성을 정의하기 위한 가정을 통해 제시한 투입/산출요소임에도 불구하고, 가상화의 정도와 서버의 에너지효율이 작업량에 영향을 미칠 수 있다는 사실을 간접적으로 제시할 수는 있었다.

가상화의 정도는 가상화로 운영되는 서버의 개수를 전체 운영되는 서버의 개수로 나는 값을 사용한다.

서버의 에너지효율을 측정할 수 있는 방법은 크게 두 가지

www.kci.go.kr

다. 첫 번째는 표 4의 기기수준의 그린화 성능 지표를 이용하는 방법이다. SWaP과 TEEER계수 등에 적용될 수 있다. 두 번째는 마찬가지로 표 4의 기기별 그린화 성능 평가기준에서의 에너지소비효율등급이나 Energy Star 등의 등급에서 제공하는 인증최저효율을 이용하는 방법이다.

따라서 서버의 가상화정도와 서버의 에너지효율 또한 이 데이터센터 모형에서 측정 또는 획득될 필요가 있는 파라미터에 해당한다.

5.2 열기 및 냉기의 계산

작업량을 식(12)과 같이 계산할 수 있다면, 같은 방식으로 컴퓨팅 장비에서 단위시간에 토출되는 열기(그림 2의 7)의 량과 컴퓨팅 장비를 냉각하는데 투입될 냉기(그림 2의 6)의 량도 약간의 가정과 계수측정을 통해 유추하여 계산할 수 있을 것이다.

$$\text{토출 열기의 량} = \text{작업량} \times \text{서버 } CPU\text{용량 당 발열량} \quad \cdots\cdots (13)$$

$$\text{투입 냉기의 량} = \text{사용전력량} \times HVAC\text{의 효율계수} \quad \cdots\cdots (14)$$

5.3 컴퓨팅설비의 점유 공간 비중의 계산

데이터센터에서 공간을 고려하는 이유는 크게 두 가지이다. 하나는 첫째, 컴퓨팅장비의 성능의 향상에 따른 CPU의 발열량이 증가하고 전체 컴퓨팅설비의 발열량이 데이터센터를 설계했던 당시에 고려했던 것 이상으로 증가한 경우가 많다. 두 번째는 고성능화와 소형화로 인한 발열밀도가 증가하여 국소적으로 열점(hot spot)이 생기고 이로 인한 시스템다운 등의 위험이 커졌으며, 열점을 국소냉방으로 해결하지 못할 경우 전체 냉방에 들어가는 전력량이 획기적으로 많아지기 때문이다. 데이터센터에서 사용되는 공간을 용도별로 일반화하여 그림으로 표현하면 그림 3과 같다.

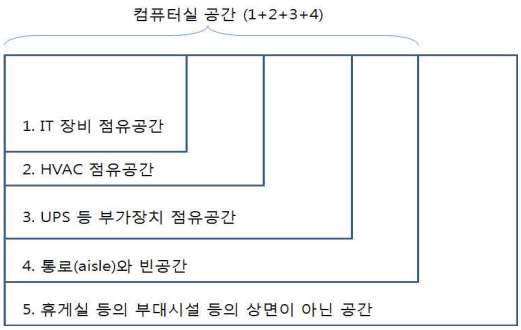


그림 3 데이터센터 내의 공간 구분
Fig. 3. Section in the datacenter

이 중에서 IT장비가 점유하는 공간의 포화도를 나타내는 수치는 다음의 식(15)와 같다.

$$S_1 = \frac{\text{장비 점유 공간}}{\text{컴퓨터실 공간}} \quad \cdots\cdots (15)$$

식(15)는 일반적으로 상면이 깔린 공간으로 이루어진 컴퓨터실 공간(그림 3의 1+2+3+4)에서 서버, 통신장비 그리고 저장장치들이 차지하고 있는 면적(그림 3의 1)으로 정의할 수 있는 IT 장비 점유공간의 비중을 나타내며 25~30% 정도를 권장하고 있다. 이 수치보다 낮을 경우에는 과설계라고 하며, 높을 경우는 냉각공조 등의 효율을 떨어뜨리거나 IT 장비의 가용성이 낮아질 수 있다. 그러므로 식(15)는 측정될 필요가 있는 파라미터에 해당한다.

6. 평가 절차

지금까지의 내용을 정리하고, 2장의 2절의 평가절차를 본 구성요소별 그린화 성능 평가절차의 내용으로 수정하면 다음의 그림과 같다.

단계 1. 평가 준비단계
- 평가목적의 설정
- 평가원 구성
- 평가 영역 및 항목 설정
  * 데이터센터 수준
* 구성요소 수준 (컴퓨팅 설비, 전력전달 설비, HVAC)
- 평가지표 개발 및 결정
  * 데이터센터 수준 평가지표(2절 참조)
  * 주요 구성요소의 평가지표(3절 참조)

단계 2. 평가 수행단계
- 자료수집
  * 데이터센터의 가용률 자료 확보
* 전력요금명세서나 또는 빌딩관리시스템의 로그기록에서 컴퓨팅 설비 송전량, HVAC 송전량,
* 컴퓨팅 설비 배전량이 없을 경우 계측 그리고 HVAC 배전량이 없을 경우 계측
* IT장비가 점유하는 공간의 포화도 계산을 위해 IT장비가 점유하는 공간 계산, 컴퓨터실 공간 계산 (5.3 소절)
* 작업량(또는 작업요구량) 데이터 계산을 위한 서버댓수, 가용률, 서버CPU 용량 수집 또는 측정 (5.1 소절)
* 가상화정도, 서버의 이용률 정보 확보 (5.1 소절)
- 수집된 자료 분석
* 수집된 자료를 바탕으로 데이터센터수준, 주요 구성요소

www.kci.go.kr

수준의 평가지표 계산 및 분석

단계 3. 평가 분석단계
- 평가결과 및 문제점 도출
- 해결방안 및 결과 도출
- 평가 결과 설명

단계 4. 평가 후 단계
- 평가작업에 대한 평가

그림 4 데이터센터의 그린화 성능 평가절차
Fig. 4. Datacenter assessment procedure regarding greening performance

7. 기존 그린화 성능 평가도구와의 비교

기존 그린화 성능 평가도구 중에서 비교대상으로 삼은 모형은 크게 2가지이다. LEED와 DC Pro이다. 비교를 위해 각각에 대해 살펴보면 다음과 같다.

7.1 기존 그린화 성능 평가 도구

표 11. 그린화 성능 평가도구
Table 11. Datacenter greening performance assessment tools

평가 도구명	주요 내용
LEED	데이터센터의 환경성능 지수 전과정 평가 도구임 6개 범주의 100개의 가부문항으로 평가
DC pro	미국 에너지부의 ITP에서 에너지 절약을 위해 주도하고 있는 프로그램 데이터센터의 특정영역의 에너지평가를 위한 프로파일링 도구와 시스템평가도구로 구성됨

LEED는 데이터센터의 환경성능지수(Environmental Performance Criteria)를 다음과 같이 6개의 범주로 총 100개의 가부(y/n)문항을 설문하여, 인증(38-46점), 실버(47-55점), 골드(56-74점), 플래티넘(75-100점)의 4단계의 인증을 주고 있다. 각각의 범주는 입지의 지속가능성(Sustainable Sites)(14%), 수자원 효율성(Water Efficiency) (9%), 에너지 효율성(Energy Efficiency) (50%), 원료와 자원(Materials & Resources) (10%), 건물내부의 환경적 품질(Indoor Environmental Quality) (7%), 그리고 공정의 혁신과 디자인(Innovation & Design Process) (10%)이다[26].

DC Pro는 미국 에너지부의 산업기술프로그램에서 에너지 절약을 위해 주도하고 있는 프로그램으로 이 도구는 데이터센터의 특정영역의 에너지평가를 위한 프로파일링 도구와 시스템평가도구로 구성되어 있다. 프로파일링도구는 데이터센터의 에너지사용량과 관련된 잠재적 절약과 환경오염물질 배출량 저감을 식별하는데 이용되며, 시스템평가도구는 데이터센터의 다양한 에너지와 열관리 그리고 전력사용관리를 위해 필요한 정보를 제공하는 도구이다[27]. 아래의 표 12에서 보이는 7개의 범주로 구성된 자가 설문 문항 중에서 26문항은 가부(y/n)설문으로 구성되어 있다.

표 12. DC Pro의 설문문항의 구성
Table 12. Questionnaire of DC Pro

범주의 구분	에너지 관리	IT 장비	환경 조건	공기 관리	냉각	IT 장비 전력연쇄	조명	계
범주별 문항수	4	7	11	13	3	3	4	45
범주별 필수 문항수	1	0	11	13	2	3	3	33

출력은 IT장비, 조명, 전기배송손실, 팬, 쿨링 등의 에너지 소비처별로 백분율로 나타내고 있으며, 전체적인 DCiE를 제공하고 있다. 웹페이지로 내용을 구성하여 지금까지 설문에 응답한 사례들의 평균값을 같이 보여주고 있는 장점이 있다. 또한, 평가도구는 자가 설문에 없다고 응답한 절차 등의 위험 등을 서술형으로 보고서를 제공하고 있다.

DC Pro의 자가 설문과 부속문서들에만 접근하여 전체 프레임워크에 대한 이해가 불충분하지만, 본 연구가 지향하는 그린화 성능의 현황과 가능성 그리고 설명을 모두 포함하고 있는 평가도구이다. 또한 미국냉동공조공학회(ASHRAE), 업타임인스티튜트 등의 기준과 표준을 풍부하게 인용하고 있다. 그러나 아직 발전중인 평가도구로 보인다. 예를 들어 설문에 응답한 절차나 설비가 없을 경우에 해당하는 위험이나 상황을 레포팅하는 것으로 보인다.

7.2 비교 결과

LEED는 전과정 평가(lifecycle assessment)의 성격을 갖는 도구로 데이터센터의 에너지사용과 관련된 항목의 가중치가 높지 않은 반면에 그린 사용과 그린 처리 그리고 그린을 고려한 설계의 내용의 항목으로 구성되어 있다. 본 연구의 목적인 그린화 성능의 설명력을 높이는 것과는 비교적 상이한 목적을 추구하고 있는 평가도구인 것으로 보이지만, 일부 에너지효율성 범주의 설문문항과 자료를 참고하는 것은 유익할 것으로 보이며, 그린 폐기의 범주에 데이터센터에서의 그린화에 시사점이 있을 수 있다.

DC Pro와 비교하여 본 논문에서 제안하고 있는 모델이

www.kci.go.kr

부족한 점은 다음과 같다. 첫째, 본 논문에서는 데이터센터 입방체의 면적을 구하고, 발열량과의 상관관계를 구하는 방법, 국소적인 온습도 측정을 통해 냉각효율을 유추하는 기법 등의 HVAC 설비와 관련된 부분의 추가적인 보완이 필요할 것으로 판단된다. DC Pro에서는 선택설문에 상당한 기술적인 배경이 있는 평가척도임을 짐작하게 하는 문항이 배치되어 있는 것으로 보인다. 이에 대하여 특히 HVAC 설비 분야의 전문적인 평가항목 및 지표의 개발이 필요할 것으로 판단된다. 둘째, 컴퓨팅 장비의 전력사용으로 인한 발열량과 HVAC 설비의 냉방 및 공조능력의 관계를 연결 짓고 있는 것으로 보인다. 도구에서 이것이 가능할 경우 설비의 과설계나 여유용량에 대한 해석 및 이해가 가능할 것으로 보인다. 마지막으로, 자가 설문으로 입수된 실제 케이스의 수집을 통한 평균값을 제공하는 방법은 비록 신뢰성이 높지 않다고 할지라도 평가도구의 결과해석과 이해에 도움을 줄 수 있는 것으로 보인다.

V. 결론 및 추후연구과제

1. 결론

본 연구는 그린화 성능의 관점에서 데이터센터의 평가지표를 개발하는 것을 목표로 하였다. 이를 위해 다음과 같은 작업들을 수행하였으며 의의는 다음과 같다.

첫째, 데이터센터에 관련된 기존의 기준과 표준을 조사하고 이를 활용하여 그린화 성능을 고려한 데이터센터 모형을 제시하였다. 제안한 모형은 데이터센터에서 전력사용량이 많은 3가지 구성요소들 사이의 사용 에너지량, 열기 또는 냉기 그리고 작업량의 상관관계로 데이터센터를 표현한 것이다.

둘째, 이모형을 이용하여 그린화 성능 평가항목과 평가지표 그리고 평가방법을 제안한다. 평가지표는 데이터센터 전체 수준에서 의미 있는 평가지표 3가지(DC1, DC2, DC3)를 제안할 수 있었다. 또한 주요 구성요소별로 총 6가지의 의미 있는 평가지표를 제안할 수 있었다. 컴퓨팅설비요소에서 1가지(DC3), 전력전달설비요소에서 3가지(PT1, PT2, PT3) 그리고 HVAC요소에서 2가지(AC1, AC2)의 평가지표를 제안할 수 있었다. 그리고 기타 그린화 성능에 영향을 미칠 수 있는 가상화의 정도와 서버의 효율을 반영하는 방법에 대하여 추가하였고, 열기 및 냉기의 계산식과 공간포화도의 적용을 제안하였다. 또한 이와 같은 평가지표를 포함한 그린화 성능의 평가절차를 제안하였다.

마지막으로 기존의 그린화 성능 평가도구 2개와 비교하였다. 이 비교를 통해, 특히 DC Pro와의 비교검토를 진행하면서 제안한 평가항목과 지표가 평가모형으로 더 완전해지기 위해 보완할 점이 많이 도출되었다. 이를 다음에 향후 연구과제에 상술하고자 한다.

2. 추후 연구과제

제안한 그린화 성능을 고려한 평가항목과 지표는 향후 다음과 같은 점들이 보완되고 추가되어야 할 것으로 판단된다.

첫째, 컴퓨팅설비의 발열량과 HVAC 설비의 냉방능력을 전력사용량을 비교하여 평가할 수 있는 직접적인 평가지표의 제시가 필요할 것으로 보인다. 이 연구에서는 열기와 냉기에 대한 계산이 작업량을 통한 간접계산이며, 작업량 또한 서버 가용률과 댓수로 유추하고 있기 때문에 발열량과 냉방능력에 필요한 에너지를 직접 계산하는데 어려움이 있다.

둘째, DC Pro는 자가 설문 문항을 케이스로 등록하게 하여, 등록된 케이스들의 평균값을 사용자에게 제공하고 있다. 이와 같은 절차가 설명력을 높이는 것으로 보이며 향후 평가도구로 완성하고자 할 경우 필요한 기능인 것 같다.

마지막으로, 제안하고 있는 데이터센터 모형은 공기가 데이터센터 외부로 배출되는 상황을 고려하지 않았다. 그 이유는 열기가 공조장치를 통해 외부로 나갈 경우, 컴퓨팅설비의 발생열, 계산량이라는 트랜잭션의 량 그리고 HVAC에서의 냉각의 열-에너지-일 의 균형에 손실을 반영할 경우 매우 복잡한 모형으로 바뀔 수 있기 때문이었다. 그러나 대부분의 데이터센터에서 열기의 외부유출은 일반적이기 때문에 모델의 확장을 통한 열기의 외부유출을 고려한 데이터센터 모형의 현실성을 위해서 필요할 것으로 보인다.

참고문헌

[1] Data Center, *en.wikipedia.org/wiki/Data_center*.

[2] K. Kant, "Data center evolution- A tutorial on state of the art, issues, and challenges", *Computer Networks*, Vol. 53, pp. 2939-2965, 2009.

[3] R. Sawyer, "Calculating total power requirements for data centers", *White Paper of the American Power Conversion*, 2004.

[4] J. Cho, T. Lim, and B. S. Kim, "Measurements and predictions of the air distribution systems in high compute density (Internet) data centers", *Energy and Buildings*, Vol. 41, pp. 1107 - 1115, 2009.

www.kci.go.kr

[5] R. Kumar and S. Mingay, "'Greening' the Data Center", *Gartner Symposium/ITxpo*, Nov., 2007.

[6] S. Mingay, "Green IT: A New Industry Shock Wave", Gartner, *Gartner RAS Core Research Note G00153703*, 2007.

[7] G. A. Giff and J. Crompvoets, "Performance Indicators a tool to Support Spatial Data Infrastructure assessment", *Computers, Environment and Urban Systems*, Vol. 32, pp. 365 - 376, 2008.

[8] J. M. Kim and K. S. Lee, "Quality Characteristics for the Quality Evaluation of Information System", *Journal of the Korean Society for Quality Management*, Vol. 36, No. 4, pp. 19 - 28, 2008.

[9] H. S. Kim, *Assessment and Audit for Information Systems*, Beopyoungsa, 1999.

[10] S. Y. Noh, "High Energy Performance Device Assessment system and assessment updates", *Journal of the KARSE*, Vol. 18, No. 12, pp. 52-58, 2001. 12.

[11] K. Park, Y. Hwang, J. Lee, "Development and Application of Green Informatization Assessment Framework", *Entrue Journal of Information Technology*, Vol. 8, No. 1, 2009. 1.

[12] J. Ho, C. Kim, "A Study on the Evaluation Models for IT Performance of Public Organizations", *Informatization Policies*, Vol. 16, No. 1, pp. 3-21, 2009.

[13] H. -Z. Gu, H. -Y. Lu, "Applying CMMI Approach to Business Process Improvement", *Electronic Commerce Studies*, Vol. 4, No. 1, pp. 97-116, 2006.

[14] B. An, K. Ju, H. Kwon, "A Comprehensive Model for Measuring Information Systems Performance", *Korean Management Science Review*, Vol. 21, No. 2, pp. 111-122, 2004. 11.

[15] J. M. An, Y. Hahm, H. Kim, "An Exploratory Case Study on the Implementation of IT Infrastructure Library(ITIL) Service Management System", *Journal of Information Technology Applications & Management*, Vol. 15, No. 4, pp. 1-20, 2008

[16] C. Belady, A. Rawson, J. Pfleuger, and T. Cader, "Green Grid Data Center Power Efficiency Metrics: PUE and DCIE," *http://www.thegreengrid.org/~/media/WhitePapers/White_Paper_6_-_PUE_and_DCiE_Eff_Metrics_30_December_2008.ashx?lang=en.*, 2008.

[17] D. I. Shin, S. H. Jeon, H. Kim, T. G. Lee, "An ITA Maturity Model Development : Issues and Premises", *Journal of Information Technology and Architecture*, Vol. 2, No. 2, pp. 39-53, 2005.

[18] Korea Communications Commission, "Guideline for IDC Protection", *Korea Communications Commission 2008-15*, 2008. 5. 19.

[19] Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, "Assessment Systems of Intelligent Building", *MLTM-966*, 2006. 2. 15

[20] TIA, "Data Center Standard, TIA-942", *http://www.tiaonline.org/standards*, 2005. 4.

[21] Black K., J. Carolan, G. Combs, B. Couling, R. Graham, L. Hartman, E. Ho, P. Hudelot, V. L. Sueur, M. Lofstrand, S. Nelson, T. Read, J. Savit, E. Steiner, "Datacenter Reference Guide, White Paper", *SUN Microsystems*, 7. 2007.

[22] SWaP, "Oracle Sun SPARC Enterprise T5440 Server Architecture", *http://www.oracle.com /technetwork/articles/systems-hardware-architecture/t5440-server-architecture-163872.pdf*, 8. 2010.

[23] H. Mok, G. Cho, Y. Nah, S. Sohn, E. Lee, E. Oh, S. Choi, "A Study on the Energy Efficiency Policy of Electronic, Information and Communication Equipment to Improve the Industrial Competitiveness of Green IT", *09-Policy-57*, 2009. 12.

[24] Research Team of FKII, "Green IT Action Plan of the major advanced", *FKII* digital 365, Vol. 252, pp. 16-19, 2008. 12.

[25] D. Quirk, M, K. Herrlin, "Load Strategies for Telecom Switching Centers", *ASHRAE*, 2009.

[26] Leed, "Proposed LEEDTM Criteria for Data Centers", *http://hightech.lbl.gov/dc-epc.html*, 12. 2008.

[27] DC Pro, *http://www1.eere.energy.gov/industry/datacenters/software.html*, 10. 2010.

www.kci.go.kr

저 자 소 개

안 재 근

1991: 서울대학교
산업공학과 공학사.
1994: 서울대학교
산업공학과 공학석사.
1997: 서울대학교
산업공학과 공학박사
현 재: 한경대학교
컴퓨터공학과 부교수
관심분야: Optimization, Green IT, SaaS/ASP
Email : ahnjg@hknu.ac.kr

www.kci.go.kr

www.kci.go.kr