

과학기술정보통신부  
정책연구용역사업

2024-0-00000

# 서버 에너지 효율성 확보를 위한 기술 검토 및 정책 방향 제언

(Technological Review and Policy Recommendations for  
Server Energy Efficiency Enhancement)

한주연/황세진/서병준/성민경/이강원

2024. 4

연구기관 : 한국정보통신기술협회



과학기술정보통신부



이 보고서는 2023년도 과학기술정보통신부 정책연구사업 결과로  
써 보고서 내용은 연구자의 견해이며, 과학기술정보통신부의 공식입  
장과 다를 수 있습니다.

## 제 출 문

과학기술정보통신부 장관 귀하

본 보고서를 『서버 에너지 효율성 확보를 위한 기술 검토 및 정책 방향 제언』의 연구결과보고서로 제출합니다.

2024년 4월

연구기관 : 한국정보통신기술협회

총괄책임자 : 한 주 연 팀 장

참여연구원 : 황 세 진 책임연구원

서 병 준 책임연구원

성 민 경 책임연구원

이 강 원 선임연구원

# 목 차

요약문 .....	viii
<b>제 1 장 연구개요 .....</b>	<b>1</b>
제 1 절 연구의 필요성 및 목적 .....	1
제 2 절 연구의 주요내용 .....	6
<b>제 2 장 국내 외 서버 에너지 표준·기술·산업 동향 및 인증제 현황 .....</b>	<b>7</b>
제 1 절 국내외 서버 에너지 효율 관련 표준 동향 .....	7
1. ISO/IEC 21836:2020 .....	8
2. ISO/IEC 30134-4 .....	27
3. TTAK.KO-09.0096 .....	33
4. TTAK.KO-10.0764 .....	41
제 2 절 서버 에너지 절감 기술 동향 .....	46
제 3 절 서버 에너지 측정 도구 동향 .....	50
1. SPEC Power .....	51
2. SPEC SERT2 Suite .....	57
3. MLCommons Power 분과 .....	62
제 4 절 국내외 서버 에너지 인증 제도 현황 및 우수 사례 .....	76
1. 서버 에너지 인증 제도 현황 .....	76
가. 미국 서버 에너지 인증 .....	79
나. 유럽 서버 에너지 인증 .....	87
다. 일본 서버 에너지 인증 .....	95
라. 중국 서버 에너지 인증 .....	107
마. 국내 서버 에너지 인증 .....	114
2. 서버 에너지 인증 제도 우수 사례 .....	125
제 5 절 서버 에너지 효율성 분야 산업 동향 .....	134
1. 서버 장비 수요자 의견 .....	134

2. 서버 장비 공급자 의견 .....	137
<b>제3장 서버 에너지 측정 기술 유효성 검증 .....</b>	<b>140</b>
제1절 서버 에너지 시범 측정 및 결과 분석 .....	140
1. 테스트 환경 .....	140
2. 테스트 절차 .....	141
3. 테스트 결과 .....	143
4. 테스트 결과 분석 .....	148
제2절 에너지 측정 기술 국내 도입 방안 검토 .....	150
<b>제4장 국내 도입 서버 에너지 효율성 제고 및 국내 수출기업 지원을 위한 정책 방향 제언 .....</b>	<b>152</b>
제1절 '저전력 디지털 인프라 가이드 수립' .....	153
제2절 '국내 기업 기술 지원 및 수출 경쟁력 강화' .....	154
<b>제5장 정부정책반영현황 .....</b>	<b>157</b>
<b>참 고 문 헌 .....</b>	<b>157</b>

## 표 목 차

〈표 2-1〉 국내외 서버 에너지 효율 관련 표준 .....	7
〈표 2-2〉 사전 승인된 CPU 아키텍처, 운영 체제 및 JVM 목록 .....	12
〈표 2-3〉 80 PLUS 인증 수준 및 기준 .....	15
〈표 2-4〉 SERTv2 메트릭의 워크로드 및 워크렛 .....	17
〈표 2-5〉 SERTv2 메트릭의 워크로드 및 워크렛 부하 수준 .....	19
〈표 2-6〉 사전 승인된 전력분석기 목록 .....	24
〈표 2-7〉 서버 성능 측정 방법별 성능 정의 .....	45
〈표 2-8〉 서버 에너지 측정도구 요약 표 .....	50
〈표 2-9〉 MLCommons 목표 방향성 .....	63
〈표 2-10〉 MLCommons 작업 그룹(Working Group) .....	65
〈표 2-11〉 MLPerf Power 출시 버전별 차이 .....	69
〈표 2-12〉 시나리오에 따른 전력 에너지 지표 .....	74
〈표 2-13〉 국내외 서버 에너지 인증 제도 현황 .....	76
〈표 2-14〉 ENERGY STAR의 기업용 장비 혜택 .....	80
〈표 2-15〉 ENERGY STAR 최소 PSU 효율 요구사항 .....	83
〈표 2-16〉 ENERGY STAR 최소 PSU 역률 요구사항 .....	84
〈표 2-17〉 ENERGY STAR 최소 $Eff_{ACTIVE}$ 요구사항 .....	84
〈표 2-18〉 최소 PSU 효율 및 역률 요구사항 .....	91
〈표 2-19〉 기본 유휴 상태 전력 허용량 .....	92
〈표 2-20〉 추가 구성 요소에 대한 추가 유휴 전력 허용량 .....	92
〈표 2-21〉 활성 상태 효율성 요구 사항 .....	93
〈표 2-22〉 전원 공급 장치 효율 요구사항 .....	97
〈표 2-23〉 전원 공급 장치 역률 요구사항 .....	98
〈표 2-24〉 모든 컴퓨터 서버의 활성 상태 효율 기준 .....	98

<표 2-25>	서버형 컴퓨터 구분 및 목표 기준치	103
<표 2-26>	에너지 효율 표기 관리법 개정법	109
<표 2-27>	서버 유형별 에너지 효율성 수준	110
<표 2-28>	SERT 2.0 에너지 효율성 점수 요구사항	111
<표 2-29>	CPU 테스트 부하 연산 및 부하 수준	112
<표 2-30>	메모리 테스트 부하 연산 및 부하 수준	113
<표 2-31>	스토리지 테스트 부하 연산 및 부하 수준	113
<표 2-32>	해외 주요 데이터센터 인증제도	115
<표 2-33>	그린데이터센터 인증제도 유형	115
<표 2-34>	그린데이터센터 인증제도 평가기준	116
<표 2-35>	녹색기술 핵심기술 및 기술수준	118
<표 2-36>	그린데이터센터 인증제도 혜택 현황	120
<표 2-37>	대기전력저감프로그램 단계별 추진 내용	122
<표 2-38>	서버의 대기전력저감기준	123
<표 2-39>	서버의 추가장치별 허용 대기전력저감기준	124
<표 2-40>	SERT(Server Efficiency Rating Tool) 주요 이점 4가지	126
<표 2-41>	SERT(Server Efficiency Rating Tool) 활용 분야	127
<표 2-42>	EPYC 서버의 구성 세부 정보 및 주요 전력, 성능, 효율성 점수 메트릭	129
<표 2-43>	관리 위원회 내 조직명 및 활동 내용	133
<표 3-1>	국산 A사 서버 테스트 결과 요약	140
<표 3-2>	국산 A사 서버 테스트 워크로드 별 결과	144
<표 3-3>	외산 B사 서버 테스트 결과 요약	145
<표 3-4>	외산 B사 서버 테스트 워크로드 별 결과	145
<표 3-5>	국산 C사 서버 테스트 결과 요약	146
<표 3-6>	국산 C사 서버 테스트 워크로드 별 결과	147

## 그림 목 차

[그림 1-1]	클라우드, 하이퍼 스케일 데이터센터 증가 추이	1
[그림 1-2]	국내데이터센터 주요 전망	2
[그림 1-3]	데이터센터 비용 증가 요소	2
[그림 1-4]	주요 데이터센터 PUE 변화 추이	3
[그림 1-5]	국내데이터센터 PUE 개선 노력	3
[그림 1-6]	PUE 산정식	4
[그림 1-7]	데이터센터 에너지 사용량 비중	4
[그림 1-8]	데이터센터 에너지 절감을 위한 단계 및 지향점	5
[그림 2-1]	SERTv2 메트릭의 워크로드 및 워크렛	16
[그림 2-2]	ACPI 규격에 따른 CPU 전력 상태 (P-state)	47
[그림 2-3]	speed step과 speed shift 비교	48
[그림 2-4]	C-state의 단계별 특징	49
[그림 2-5]	SPECpower_ssj2008 시험환경 구성	52
[그림 2-6]	SPECpower_ssj2008 멀티노드 시험환경 구성	53
[그림 2-7]	SPECpower_ssj2008 결과 보고 (HTML)	55
[그림 2-8]	SERT 시스템 다이어그램	58
[그림 2-9]	SERT 2.0.7 벤치마크 GUI 실행 화면	59
[그림 2-10]	SERT 2 효율성 점수 계산 다이어그램	62
[그림 2-11]	훈련용 AI 시스템에서 두 가지로 구분되는 컴퓨팅 사용 시대	67
[그림 2-12]	기계 학습 모델의 확장과 컴퓨팅 비용	68
[그림 2-13]	MLPerf를 위한 전력 측정 구성	72
[그림 2-14]	전력 측정 샘플 출력값	75
[그림 2-15]	블레이드 서버 예시	82
[그림 2-16]	ENERGY STAR Enterprise Server 인증 공개 리스트	86

[그림 2-17]	글로벌 서버 기업 에너지 효율 점수 분포도	86
[그림 2-18]	일본 ENERGY STAR 프로그램 컴퓨터 서버 제품 등록정보	100
[그림 2-19]	탐러너 프로그램 제도에 따른 에너지 소비효율 표시	107
[그림 2-20]	녹색기술인증 점수산출 기준	119
[그림 2-21]	녹색전문기업 확인 인증 기준	120
[그림 2-22]	대기전력저감기준 미달 및 만족제품 라벨	124
[그림 2-23]	두 소켓 랙 서버의 정규화된 성능 대 전력 수요	130
[그림 2-24]	성능 목표를 달성하기 위해 필요한 서버의 배포 수량	131
[그림 2-25]	TGG(The Green Grid) 그룹 조직도	132
[그림 3-1]	서버 에너지 효율성 테스트 시험환경	140
[그림 3-2]	국산 A사 서버 테스트 결과 요약	143
[그림 3-3]	국산 A사 서버 테스트 워크로드 별 결과	144
[그림 3-4]	외산 B사 서버 테스트 결과 요약	145
[그림 3-5]	외산 B사 서버 테스트 워크로드 별 결과	146
[그림 3-6]	국산 C사 서버 테스트 결과 요약	147
[그림 3-7]	서버 에너지 효율성 테스트 점수 요약	149
[그림 3-8]	서버 에너지 효율성 테스트 관련 통계자료	150
[그림 4-1]	저전력 디지털 인프라 지원 모델 구조도	153
[그림 4-2]	에너지 사용 규모 산정 지침 활용안(예시)	154
[그림 4-3]	서버 에너지 효율성 제고 및 국내 기업지원 추진 전략	155

# 요 약 문

## 1. 제 목

서버 에너지 효율성 확보를 위한 기술 검토 및 정책 방향 제언

## 2. 연구 목적 및 필요성

인공지능(AI)과 클라우드 기술의 급속한 발전과 디지털 전환의 시대 흐름에 따라, 데이터의 양이 폭발적으로 증가하고 그로 인한 컴퓨팅에 수요도 함께 증가하면서 데이터센터와 서버의 중요성이 날로 증가하고 있다. 이러한 데이터센터의 운영은 막대한 에너지를 소비하며, 이는 비용 증가뿐만 아니라 환경에 대한 부정적 영향을 초래한다. 이에 따라, 데이터센터의 에너지 사용량을 감축하기 위하여 국가와 기관 등은 데이터센터의 공조 시스템 등의 ICT의 요소의 에너지 절감에 맞추어 일부 성과를 거두고 있으나, 상대적으로 ICT 장비 그 자체의 전력 효율성은 간과하고 있다.

반면, 미국, 유럽, 일본, 중국 등의 선진국에서는 정부의 주도 하에 서버의 에너지 효율성을 고려한 인증과 규제를 시행하고 있으나, 국내에서는 이러한 제도적 장치가 미비한 상황으로 서버의 에너지 효율성을 평가하고 인증하는 국제적 기준에 부합하는 제도의 도입을 위한 방안을 마련하고자 한다.

## 3. 연구의 구성 및 범위

본 연구에서는 서버 에너지 효율 관련 국내외 산업, 표준, 기술 동향 및 선도국 서버 에너지 효율 인증제 조사를 통한 우수 사례를 분석한다(제2장). 또한, 조사한 서버 에너지 유효성 측정 기술을 기반으로 서버 에너지 효율성 테스트를 직접 수행하여 주요 장비에 관한 결과 분석을 통해 테스트의

유효성을 검증한다(제3장). 조사한 결과를 바탕으로 디지털 탄소중립 확보의 하나의 방안이 될 수 있는, 국내 데이터센터 도입 서버의 전력 소비량 절감 및 국내 저전력 인프라 공급자/소비자를 위한 '서버 에너지 효율성 확보 가이드' 수립 등 정책·제도적 추진 전략을 제안한다(제4장).

#### 4. 연구 내용 및 결과

2장에서는 국내외 서버 에너지 표준·기술·산업 동향 및 인증제 현황에 대해 살펴보았다. 서버 에너지 효율 관련 표준으로 국제 ISO/IEC 표준인 ISO/IEC 21836:2020 '데이터센터 서버 에너지 효율성 매트릭', ISO/IEC 30134-4 ITEEsv(IT Equipment Energy Efficiency for servers) '서버용 IT장비 에너지 효율성'과 TTA 표준인 TTAK.KO-09.0096 '서버 소모 전력 효율 측정 지표', TTAK.KO-10.0764 '데이터센터 에너지 효율 성능 지표(서버)'가 있다. 또한 서버 에너지 효율성 측정 도구 현황을 조사하고, 주요국의 서버 에너지 인증제도를 분석하기 위해 미국, 유럽(EU), 일본, 중국을 선정하여 현재 운영 중인 서버 에너지 효율성 인증제도에 대해 분석하였다. 국내의 경우, 서버 및 데이터센터 등에 대한 에너지 인증제도에 대해 분석하였다.

조사한 내용을 바탕으로 서버 에너지 인증제도 우수 활용 사례인 미국의 서버 에너지 효율성 평가 도구 활용 사례 및 국제 협력 관계 등을 살펴보고, 국내 현업 산업계 종사자의 의견 청취를 위해 서버 제조사 및 서버 제품의 대표적인 수요자인 데이터센터 업계 종사자를 대상으로 인터뷰 형식의 응답 결과를 수집하여 시사점을 도출하였다.

3장에서는 미국 ENERGY STAR의 기업용 서버 제품 에너지 효율성 평가에 사용되는 SERT v2.0(Server Energy Rating Tool)를 이용하여 국내외 주요 서버 제품(3식)의 에너지 효율성 테스트를 직접 수행하였다. 나아가, 테스트 방법 및 테스트 결과 분석을 통해 서버 에너지 효율성 테스트의 기술적 유효성을 입증하고, 본 검증 기술의 국내 도입 필요성에 대해 제시하였다.

4장에서는 앞서 분석한 서버 에너지 효율성 관련 표준, 기술, 주요 벤치마크 도구, 선진국의 서버 에너지 인증제(우수사례) 및 관련 산업계 종사자 인터뷰 등의 결과를 기반으로, 국내 서버 제품의 에너지 효율성 확보 및 기업 지원, 나아가 에너지 효율 확보를 위한 선순환 생태계 활성화를 위한 제도적·정책적 추진 과제를 제시하였다.

## 5. 정책적 활용 내용

본 연구 결과는 서버 에너지 효율성 확보와 ICT 장비 탄소 절감에 관한 국내외 최신 정책 동향 파악을 위해 활용될 뿐만 아니라, 정부와 민간에서 탄소중립 경쟁력 확보, 국산 서버 제품의 국제적 경쟁력 강화를 위한 기초 자료로 활용할 수 있다.

## 6. 기대효과

본 연구 결과는 정책적 활용 이외에도 사회·경제적 기여 및 관련 분야의 긍정적 파급효과를 기대할 수 있다. 국내외 서버 에너지 효율성 인증제 및 기술의 최신 동향 분석자료를 통해 ICT 제품의 탄소중립 개선 해결 방안을 모색하는 데 활용이 가능하다. 또한 서버 에너지 효율성 시범 테스트 결과 및 테스트 가이드 자료를 통해 국내 서버 제품 에너지 효율성 평가와 ICT 서비스 운용자의 측면에서 총소유 비용 산정 및 에너지 규모 산정의 참고 자료에도 활용할 수 있다.

# SUMMARY

## 1. Title

Technological Review and Policy Recommendations for Server Energy Efficiency Enhancement

## 2. Objective and Importance of Research

With the rapid advancement of Artificial Intelligence (AI) and cloud technology, along with the digital transformation era, the amount of data is explosively increasing, leading to a growing demand for computing. Consequently, the importance of data centers and servers is increasing day by day. The operation of these data centers consumes a considerable amount of energy, resulting not only in increased costs but also in negative environmental impacts. Therefore, in order to reduce the energy consumption of data centers, countries and organizations are achieving some results by focusing on energy savings in non ICT related elements such as data center cooling systems. However, relatively little attention has been paid to the power efficiency of ICT equipment itself.

On the other hand, advanced countries such as the United States, Europe, Japan, and China are implementing certifications and regulations that consider the energy efficiency of servers under government leadership. However, in South Korea, the situation lacks such institutional measures, prompting the need to devise measures for the introduction of regulations that conform to international standards for evaluating and certifying the energy efficiency of servers.

### **3. Contents and Scope of the Research**

In this study, we analyze exemplary cases through an investigation of domestic and international trends in server energy efficiency-related industries, standards, and technologies, as well as developed countries' server energy efficiency certification systems (Chapter 2). Furthermore, based on the surveyed server energy efficiency measurement technologies, we directly conduct server energy efficiency tests and verify the validity of the tests through the analysis of results related to key equipment (Chapter 3). Building on the surveyed results, we propose policy and institutional strategies, such as reducing power consumption in domestically adopted data center servers and establishing a "Server Energy Efficiency Assurance Guide" for domestic low-power infrastructure providers/consumers, which could be one approach to achieving digital carbon neutrality (Chapter 4).

### **4. Research Results**

In Chapter 2, we examined the trends in domestic and international server energy standards, technologies, industries, and certification systems. Notable standards related to server energy efficiency include the international ISO/IEC standards ISO/IEC 21836:2020 "Data Center Server Energy Efficiency Metrics," ISO/IEC 30134-4 ITEEsv (IT Equipment Energy Efficiency for servers) "IT Equipment Energy Efficiency for Servers," and the TTA standards TTAK.KO-09.0096 "Server Power Consumption Efficiency Metrics" and TTAK.KO-10.0764 "Data Center Energy Efficiency Performance Indicators (Servers)." Additionally, we surveyed the status of server energy efficiency rating tools and analyzed the server energy certification systems of developed countries, including the United States, European Union (EU), Japan, and China.

In the case of South Korea, we analyzed the energy certification systems for servers and data centers.

Based on the research findings, we examined exemplary cases of utilizing server energy efficiency rating tools, such as the SERT v2.0 (Server Energy Rating Tool) used for ENERGY STAR's enterprise server product energy efficiency evaluation, and explored international collaboration relationships. We also collected interview responses from industry practitioners, including representatives from server manufacturers and data center operators, to derive their insights.

In Chapter 3, we directly conducted energy efficiency tests on major domestic and international server products (3 types) using SERT v2.0, which is utilized for ENERGY STAR's enterprise server product energy efficiency evaluation. Furthermore, we demonstrated the technical validity of server energy efficiency testing and presented the need for domestic adoption of this validation technology through test methods and result analysis.

Chapter 4 presents policy and institutional challenges for securing energy efficiency in domestic server products, supporting businesses, and activating a circular ecosystem for energy efficiency based on the results of analyzed server energy efficiency-related standards, technologies, major benchmark tools, exemplary cases of server energy certification in advanced countries, and interviews with industry practitioners.

## **5. Policy Suggestions for Practical Use**

The findings of this study can be utilized not only to understand the latest trends in domestic and international policies related to securing server energy efficiency and reducing carbon emissions from ICT equipment but also as foundational data for securing carbon neutrality competitiveness in the

government and private sectors and enhancing the international competitiveness of domestically produced server products.

## **6. Expectations**

The findings of this study can anticipate not only policy implications but also societal and economic contributions and positive ripple effects in related fields. Through the analysis of the latest trends in domestic and international server energy efficiency certification systems and technologies, it is possible to explore solutions for improving carbon neutrality in ICT products. Additionally, the results of server energy efficiency pilot tests and test guide materials can be utilized as reference materials for evaluating the energy efficiency of domestic server products and estimating total ownership costs and energy scale from the perspective of ICT service operators.

# CONTENTS

Chapter 1. Introduction

Chapter 2. Trends and Certification Status of Domestic and International Server Energy Standards, Technologies, and Industries

Chapter 3. Validation of Server Energy Measurement Technologies

Chapter 4. Policy Recommendations for Improving Domestic Server Energy Efficiency and Supporting Export-Oriented Companies in Korea

Chapter 5. Government Policy Reflection Status

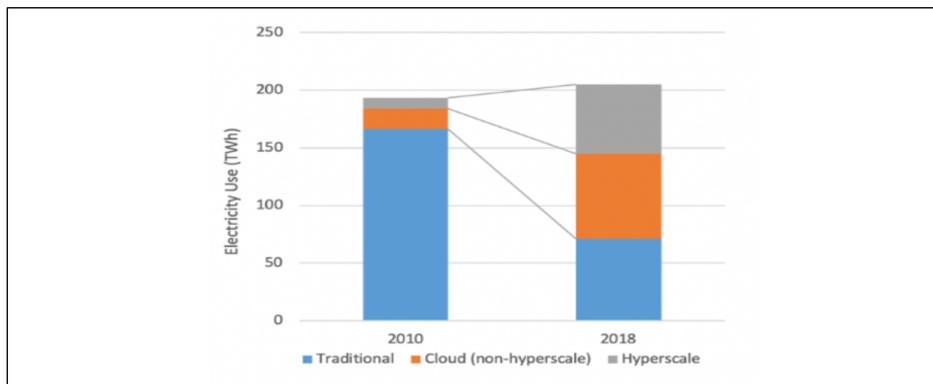
# 제 1 장 연구개요

## 제 1 절 연구의 필요성 및 목적

인공지능(AI)과 클라우드 기술의 급속한 발전과 시장의 확대가 이루어지면서, 우리 사회는 디지털로의 변환을 가속화하고 있다. 이러한 변화를 받아들이며, 공공부문과 민간부문 모두에서 데이터센터의 중요성이 증가하고 있는데, 이러한 패턴은 데이터센터의 전력 사용량이 지속적으로 증가하는 결과를 초래하고 있다.

특히 초거대 AI의 등장과 클라우드 서비스의 확대는 데이터센터 내부의 서버, 스토리지 네트워크 장비 등의 ICT 장비의 규모를 늘리는 주요 원인이 되고 있다. 이런 변화를 통해 하이퍼스케일 데이터센터라는 새로운 개념이 등장하게 되었고, 수천 개 이상의 서버로 구성된 높은 수준의 성능과 처리량과 수평적 확장으로 고확장성, 내결함성 등의 요구사항에 부응하기 위해 고도화되는 보안장비와 이중화 구성에 따라 매년 전력 사용량이 증가하는 추세를 보이고 있다.

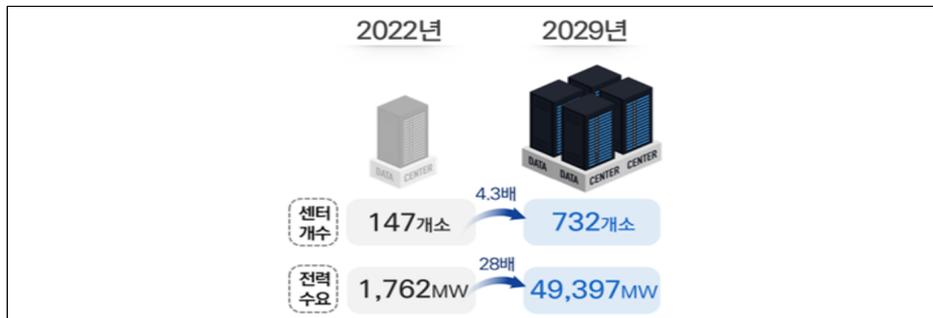
[그림 1-1] 클라우드, 하이퍼 스케일 데이터센터 증가 추이



출처: energyinnovation.org

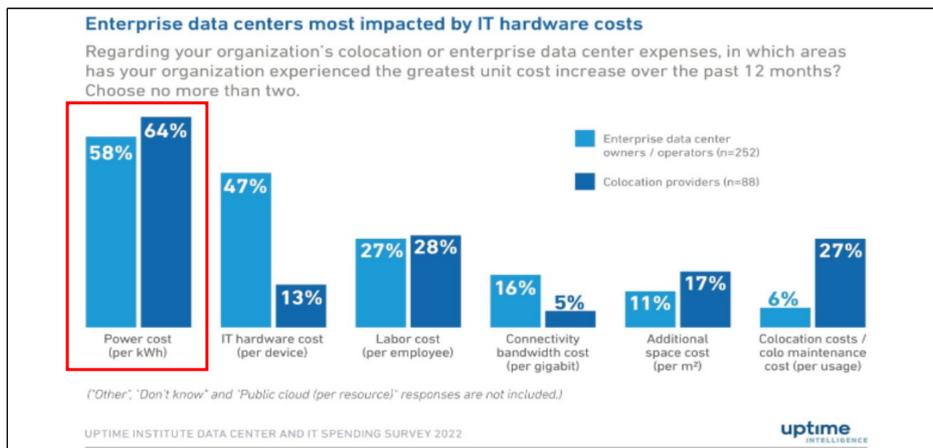
산업통상자원부의 최근 조사에서도, 국내 데이터센터의 사용 전력은 급격히 증가하고 있으며, 2022년의 국내 약 147개소의 데이터센터 사용전력은 1,762메가와트에서 2029년에는 4.3배 많은 732개소로 증가한 하이퍼스케일의 데이터센터는 약 49,397메가와트로 증가할 것으로 예상하고 있다. 이는 약 28배나 증가하는 수치로, 이는 데이터센터의 중요성과 그에 따른 전력 사용량 증가를 뚜렷하게 보여준다.

[그림 1-2] 국내데이터센터 주요 전망



출처: 산업부, 2023

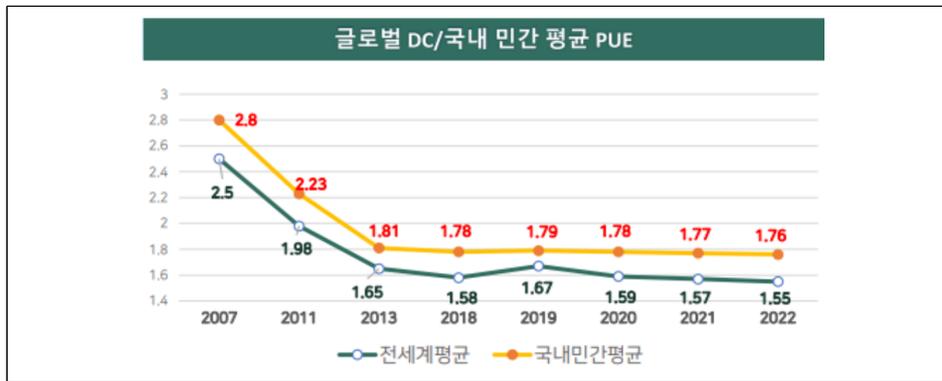
[그림 1-3] 데이터센터 비용 증가 요소



출처: Uptime Institute

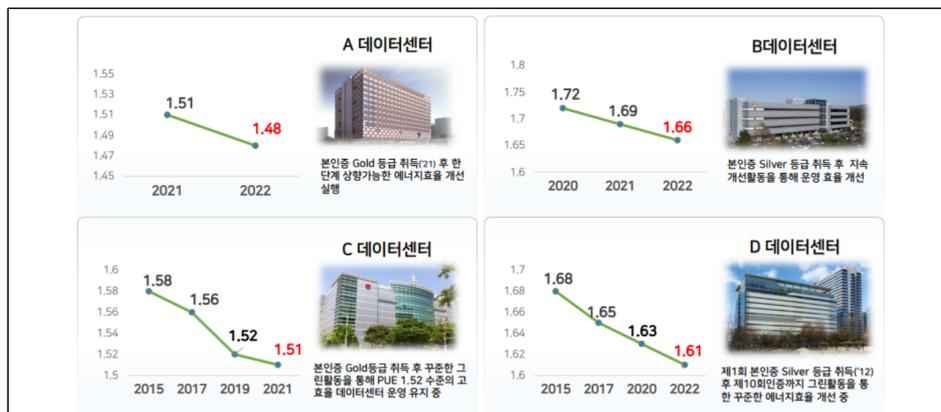
국내 데이터센터 산업은 에너지 효율성 향상을 위해 지속적인 노력을 기울이고 있다. 이를 위해 그린데이터센터 인증제도가 도입됐으며, 데이터센터 설계 시 에너지 사용량, 냉각 효율, 입지적 특성, PUE(전력효율지수) 등을 면밀히 고려하고 있다. 이 인증제도는 데이터센터의 에너지 사용 최적화를 추구하고 환경에 미치는 영향을 최소화하려는 시도이며, 다행히 시설 및 공조 시스템의 에너지 절감 효과는 냉각 시스템 등 인프라 최적화를 통해 전력 소비를 줄이는 데 초점을 맞추어 일부 성과를 거두고 있다.

[그림 1-4] 주요 데이터센터 PUE 변화 추이



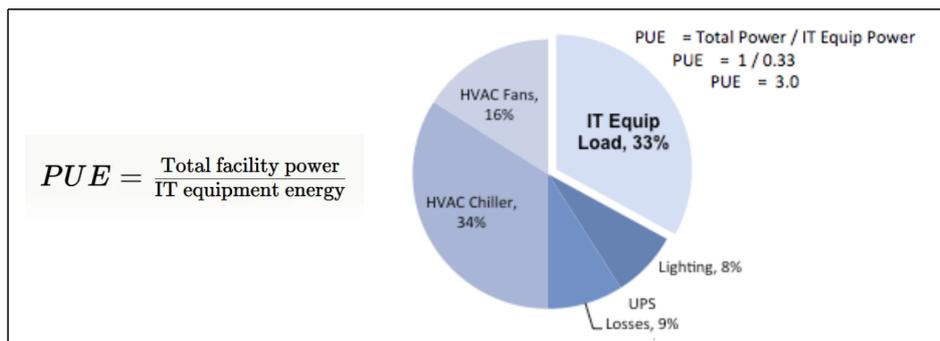
출처: CBRE Korea DCS

[그림 1-5] 국내데이터센터 PUE 개선 노력



출처: 한국데이터센터연합회

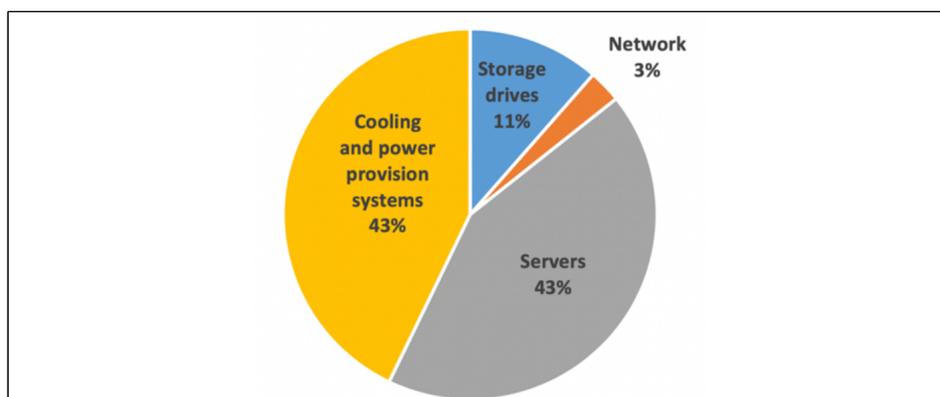
[그림 1-6] PUE 산정식



출처: statista.com

하지만, 그린데이터센터 인증의 PUE는 총 소비 전력량 중 ICT 장비 사용 전력량 비율을 나타내지만, ICT 장비의 처리량 대비 전력 사용 “효율”은 고려하지 않는다. 또한 개별 ICT 장비의 전력 사용량, 처리량 대비 전력 사용 효율 등을 파악할 수 없어 ICT 장비 자체의 효율을 판단할 수 있는 자료로도 활용할 수 없다는 문제점이 있다.

[그림 1-7] 데이터센터 에너지 사용량 비중



출처: energyinnovation.org

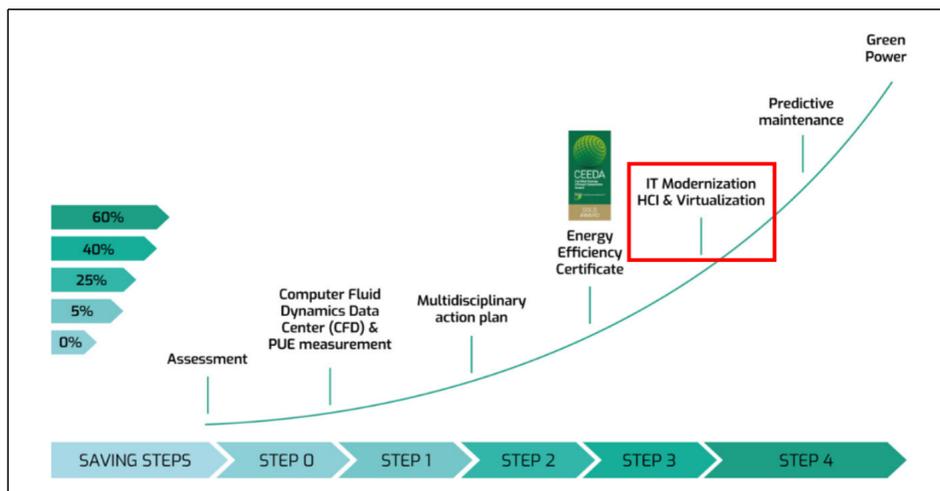
데이터센터 에너지 사용 비중 중 냉각시스템 등 인프라에 사용되는 에너지(43%)보다, 서버, 스토리지, 네트워크 장비 등 ICT 장비에 직접적으로

소비되는 에너지(57%)가 더 큰 것을 감안할 때, ICT 장비의 전력 효율성 평가는 데이터센터 에너지 절감을 위해 제일 먼저 고려해야 할 대상이다.

즉, 데이터센터 에너지 효율성을 실질적으로 높이기 위해선 ICT 장비의 전력 소모량과 처리량 대비 전력 효율을 평가할 수 있는 새로운 기준이 필요하다. 이는 단순 전력 사용량 감소뿐 아니라 처리 능력 극대화과 에너지 소비 최소화를 통해 데이터센터 운영 패러다임을 전환하는 것을 의미한다. 'CIO KOREA' 보도에 따르면, 데이터센터 효율성의 현 한계를 극복하기 위해 IT 업계의 적극적인 움직임이 필요하다고 한다.

문제 해결을 위해 ICT 장비 제조사와 데이터센터 운영자가 협력하여 더 적은 전력으로 더 많은 데이터를 처리할 수 있는 기술을 개발해야 한다. 장비 구매 시 전력 효율성을 중요 구매 기준으로 삼고, 에너지 소비를 줄이며 성능을 유지하거나 향상시킬 수 있는 혁신 기술과 솔루션에 대한 투자와 연구 개발이 필요하다. 이런 노력이 모여 데이터센터 산업의 에너지 효율성을 향상시키고 지속 가능한 미래를 위한 기반을 마련할 것이다.

[그림 1-8] 데이터센터 에너지 절감을 위한 단계 및 지향점



출처: green4t.com

## 제 2 절 연구의 주요내용

2장에서는 국내외 서버 에너지 표준·기술·산업 동향 및 인증제 현황에 대해 살펴본다. ISO/IEC 21836:2020 데이터센터 서버 에너지 효율성 매트릭, ISO/IEC 30134-4 ITEEsv(IT Equipment Energy Efficiency for servers) 서버용 IT장비 에너지 효율성, TTA.KO-09.0096 서버 소모 전력 효율 측정 지표, TTA.KO-10.0764 데이터센터 에너지 효율 성능 지표(서버)가 서버 에너지 효율 관련 대표적 표준이다. 또한 서버 에너지 효율성 측정 도구 현황을 조사하고, 주요국의 서버 에너지 인증제도를 분석하기 위해 미국, 유럽(EU), 일본, 중국을 선정하여 실행 중인 서버 에너지 효율성 인증제도에 대해 분석한다. 조사한 내용을 바탕으로 서버 에너지 인증제도 활용의 우수 사례인 미국의 서버 에너지 효율성 평가 도구 활용 사례 및 국제 협력 관계 등을 살펴본다. 또한, 국내의 현업 산업계 종사자의 의견 청취를 위해 서버 제조사 및 서버 제품의 대표적인 수요자인 데이터센터 업계 종사자를 대상으로 인터뷰 형식의 응답 결과를 수집하여 시사점을 도출한다.

3장에서는 미국 ENERGY STAR의 기업용 서버 제품 에너지 효율성 평가에 사용되는 SERT v2.0(Server Energy Rating Tool)를 활용해 국내외 주요 서버 제품의 에너지 효율성 테스트를 직접 수행하고, 테스트 방법 및 테스트 결과 분석을 통해 서버 에너지 효율성 테스트의 기술적 유효성을 입증한다. 또한, 서버 에너지 효율성 검증 기술의 국내 도입 방안을 검토한다.

4장에서는 앞서 연구한 서버 에너지 효율성 관련 표준, 기술, 주요 벤치마크 도구, 선진국의 서버 에너지 인증제와 우수사례 및 관련 산업계 종사자 인터뷰 등을 분석한 결과를 통해, 국내 서버 제품의 에너지 효율성 확보 및 기업 지원, 나아가 에너지 효율 확보를 위한 선순환 생태계 활성화를 위한 제도적·정책적 추진 과제를 제시한다.

## 제 2 장 국내 외 서버 에너지 표준·기술·산업 동향 및 인증제 현황

본 장에서는 디지털 장비 탄소 배출 저감 및 국내 디지털(ICT) 장비 경쟁력 강화를 위해 서버 컴퓨터의 에너지 효율 관련 산업과 표준, 기술에 관한 동향과 미국, 유럽, 일본, 중국 등의 국가별 인증제 현황에 대해 조사한다. 또한, 현장의 산업계 및 연구종사자들의 인터뷰와 실제 사례 등을 조사·분석한다.

### 제 1 절 국내외 서버 에너지 효율 관련 표준 동향

ISO 국제표준화기구에서 제정한 데이터센터에 대한 서버 에너지 효율성 측정 지표에 대한 표준은 ISO/IEC 21836:2020(Information technology—Data Centres—Server energy effectiveness metric), ISO/IEC 30134-4:2017(Information technology—Data Centres—Key Performance indicators—Part 4: IT Equipment Energy Efficiency for servers(ITEEsv))로 제정되어 있다. TTA에서 제정한 서버 에너지 효율성 관련 표준은 TTA.KO-09.0096(서버 소모 전력 효율 측정 지표), TTA.KO-10.0764(데이터센터 에너지 효율 성능 지표 - 서버)로 제정되어 있다. 국내외 관련 표준에서는 벤치마크 성능 도구를 활용하여 서버의 에너지 효율성을 측정하는 방법에 대해 다루고 있으며, 국내외 서버 에너지 효율성 관련 표준은 아래 표와 같다.

<표 2-1> 국내외 서버 에너지 효율 관련 표준

표준명	구분	내용
ISO/IEC 21836	국외	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 특정 서버 설계 및 구성에 대한 에너지 효율성을 측정하기 위한 서버 에너지 효율성 지표 및 측정 방법을 정의한 표준</li> <li>- SERTv2 메트릭 또는 구현자 지정 메트릭을 통해 활성 및 유휴 상태에 대한 서버 에너지 효율성 측정 및 산출 방법 제시</li> </ul>

표준명	구분	내용
ISO/IEC 30134-4	국외	- 데이터센터의 서버에 대한 IT 장비 효율성 지표 및 측정 방법을 정의한 표준 - SERT, SPECpower_ssj2008, LINPACK 벤치마크 도구를 활용한 지표 측정 방법 제시
TTAK.KO-0 9.0096	국내	- 단일노드, 블레이드, 다중노드 서버별 전력 소비량에 대한 전력 효율을 산정하는 방법을 정의한 표준 - SERT 메트릭을 활용하여 작업 부하 상태의 서버 소모 전력 효율을 산정하는 방법 제시
TTAK.KO-1 0.0764	국내	- 데이터센터의 단일서버에 대한 에너지 효율을 측정하기 위한 측정 지표 및 측정 방법을 정의한 표준 - APP, LINPACK, SPECpower_ssj2008 벤치마크 도구를 활용한 단일서버의 최대 성능 측정 제시

## 1. ISO/IEC 21836:2020

ISO 국제표준화기구에서 제정한 ISO/IEC 21836:2020(Information technology—Data Centres—Server energy effectiveness metric) 표준은 특정 서버 설계 및 구성에 대한 에너지 효율성을 측정하기 위한 서버 에너지 효율성 지표(SEEM, Server energy effectiveness metric) 및 측정 방법에 대해 다룬다. SEEM은 SPEC<sup>1)</sup>(Standard Performance Evaluation Corporation)에서 개발하여 국제공인 인증으로 널리 채택되어 활용되고 있는 에너지 효율성 지표 및 테스트 방법인 SERT<sup>2)</sup>(Server Efficiency Rating Tool)을 기반으로 설계되었다. 표준에서 SEEM은 적용 대상이 되는 서버를 워크스테이션, 개인용 컴퓨터 또는 네트워크의 다른 기능 유닛에 컴퓨팅 서비스를 제공하기 위한 CPU, 메모리, 스토리지, PSU, 팬 및 I/O로 구성된 물리적인 시스템 유닛으로 정의한다.

SEEM 측정을 위해 대상 서버에 따라 SERTv2 메트릭을 적용하거나 SERTv2

1) SPEC(Standard Performance Evaluation Corporation) : 컴퓨팅 시스템의 성능을 평가하기 위해 표준화된 벤치마크와 도구를 제정, 유지 및 지지하는 비영리 협회로, 최신 세대의 컴퓨팅 시스템을 위해 벤치마크 스위트(suite)를 개발하며 회원 기관 및 다른 벤치마크 라이선스 사용자로부터 제출된 결과를 검토하고 게시한다.

2) SERT(Server Efficiency Rating Tool) : 컴퓨터 서버의 에너지 효율성을 평가하기 위해 측정 데이터를 수집하고 관련 효율성 지표를 사용하는 성능 분석 도구

메트릭을 적용할 수 없는 경우 별도로 설계 및 구현하는 구현자 지정(implementer-specified) 메트릭을 적용한다. SERTv2 또는 구현자 지정 메트릭을 통해 서버의 활성 상태(active state) 또는 유휴 상태(idle state)에 대한 측정 지표 및 항목을 설계 및 구현하는 절차 및 요구사항에 대해 정의하고 있다. SERTv2 메트릭을 적용하여 활성 상태 에너지 효율성을 측정하는 경우 SERTv2 메트릭에서 정의한 SERT CPU, 메모리, 스토리지 작업 부하(workload)와 각 워크로드에 포함된 워크렛(worklet)에 대한 측정 및 수식을 통해 값을 산출해야 한다. 또한, 활성 상태 지표를 측정한 결과는 재현 가능해야 하며, 특정 유형의 서버에 제한되거나 특화되지 않아야 한다. 필수적으로 측정이 필요한 항목은 아니지만 유휴 상태에 대한 에너지 효율성 측정이 필요한 경우, SERTv2 메트릭을 적용한 서버는 SERTv2 메트릭 측정 결과에서 확인할 수 있는 유휴 상태의 전력 소모량을 활용할 수 있다. 전력 소모량을 측정하는 전력 분석기의 경우, SPEC에서 관리하는 사전 승인된 전력 분석기 모델 목록 및 요구사항을 준수해야 한다.

#### 가. SEEM의 적용 가능성

SEEM은 SERTv2 메트릭을 통해 모든 컴퓨터 서버에 적용할 수 있지만, SERTv2 메트릭은 서버가 제대로 작동하고 서버 에너지 효율성을 정확하게 측정 및 평가할 수 있는 서버 유형에만 적용하도록 언급하고 있다. SERTv2가 작동하도록 설계되지 않았거나 서버의 에너지 효율성을 적절하게 측정 및 평가할 수 없는 조건으로 나열된 서버를 제외한 모든 서버에 SERTv2 적용을 통한 SEEM 측정이 가능하다. SERTv2 메트릭 적용을 통해 SEEM 측정이 어려운 서버 유형에 대해서는 SERTv2를 대체하기 위한 테스트 방법으로 구현자 지정(implementer-specified) 메트릭 및 측정 항목을 개발하고 이를 활용할 수 있다. 구현자 지정 메트릭은 표준에서 언급한 요구사항에 따라 측정 방법이 적용되는 서버 유형을 지정해야 한다.

### 1) SERTv2 메트릭의 적용 가능성

SERTv2 메트릭이 작동하도록 설계되지 않았거나 서버의 에너지 효율성을 적절하게 측정 및 평가할 수 없는 조건으로 나열된 서버를 제외한 모든 서버에 SERTv2 메트릭 적용을 통한 SEEM 측정이 가능하다. SERTv2 메트릭의 작동에 적합하지 않은 서버 조건은 다음과 같다.

- |   |
|---|
| (1) 8GB 미만의 시스템 메모리 설치만 지원함   |
| (2) SERTv2 최소 시스템 메모리 크기보다 작은 시스템 메모리 설치만 지원함                                 |
| (3) 64-bit CPU가 포함되지 않음   |
| (4) 4개 이상의 CPU 소켓이 포함됨  |
| (5) SERTv2 메트릭에서 지원하지 않는 CPU 아키텍처 종류의 CPU를 포함함                                |
| (6) 균등하게 분산된 메모리 집합(memory population, 메모리 채널별 및 CPU 별 DIMM 수 및 유형) 을 지원하지 않음 |
| (7) DC 전원 공급 장치로만 판매되고 있음   |
| (8) 양자 컴퓨터(quantum computer)  |

SERTv2 메트릭 작동에 적합하지 않은 서버의 조건으로 먼저 8GB 미만의 시스템 메모리 설치만 지원하는 경우이며, 다음으로 SERTv2 최소 시스템 메모리 크기보다 작은 시스템 메모리 설치만을 지원하는 경우이다. 모든 메모리 채널은 최소 하나의 동일한 DIMM과 SERT 테스트에 필요한 최소 용량보다 크거나 같은 총 시스템 메모리 용량으로 동일하게 설정되어 있어야 하며, SERTv2의 최소 시스템 메모리 크기는 아래 수식으로 산출된다.

$$SERTv2 \text{ Minimum System Memory Size} = 2GB + 496MB \times \text{System Threads}$$

기본적으로 필요한 2GB의 메모리에 시스템 스레드(System Threads)당 496MB를 곱하여 더함으로써 SERTv2의 최소 시스템 메모리 크기를 산출한다. 위의 수식에서 시스템 스레드는 아래 수식을 통해 산출된다.

$$\begin{aligned} \text{System Threads} \\ = \# \text{ of CPUs} \times \# \text{ of cores per CPU} \times \# \text{ of hardware threads per core} \end{aligned}$$

서버에 설치된 CPU의 수와 CPU 당 코어의 수, 각 코어당 하드웨어 스레드(hardware threads)의 수를 곱하여 산출한다. 테스트하고자 하는 서버 구성이 이러한 요구사항을 충족하지 않으면 SERTv2가 해당 서버에서 작동하도록 설계되지 않은 상태이며, 해당 서버 구성에서는 테스트를 진행할 수 없다. 서버에서 64-bit CPU를 지원하지 않거나 4개 이상의 CPU 소켓으로 구성된 경우에도 테스트를 진행할 수 없다. SERTv2 테스트 방법에서 지원하지 않는 CPU 아키텍처 종류의 CPU가 포함되어 있는 경우에도 진행할 수 없다. 균등하게 분산된 메모리 집합을 지원하지 않거나 AC가 아닌 DC 전원 공급 장치로만 전원이 인가되는 형태의 서버에서도 테스트 적용이 적합하지 않다. 또한, 양자 컴퓨터에 대한 테스트 방법에도 적합하지 않다. SERTv2 메트릭 적용을 통한 에너지 효율성 측정에 적합하지 않은 서버 조건은 다음과 같다.

- |  |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 하나 이상의 통합 APA(Auxiliary Processing Accelerator)가 함께 제공됨</li> <li>(2) 고성능 컴퓨팅 시스템</li> <li>(3) 완전한 내결함성 서버</li> <li>(4) 대규모 서버</li> <li>(5) 서버 어플라이언스</li> <li>(6) 스토리지 제품군</li> <li>(7) 블레이드 스토리지 제품군</li> <li>(8) 대규모 네트워크 장비</li> </ol> |
|--|

SERTv2 메트릭 적용을 통해 에너지 효율성 측정에 적합하지 않은 조건으로 먼저 하나 이상의 통합 APA(Auxiliary Processing Accelerator)가 함께 제공되는 서버의 경우이다. 고성능 컴퓨팅 시스템(high-performance computing systems)인 경우에도 SERTv2 메트릭을 통한 에너지 효율성 측정이 적합하지 않다. 완전한 내결함성(fully fault tolerant) 서버인 경우에도 에너지 효율성 측정이 적합하지 않다. 대규모 서버에 대해서도 에너지 효율성 측정에 적합하지 않다. 서버 어플라이언스 제품군에도 SERTv2 메트릭을 통한 에너지 효율성 측정에 적합하지 않다. 스토리지 제품군 또는 블레이드

스토리지 제품군에 대한 에너지 효율성 측정에도 적합하지 않고, 대규모 네트워크 장비인 경우에도 SERTv2 메트릭을 적용하여 에너지 효율성을 측정하는 것은 적합하지 않다.

ISO/IEC 21836:2020 표준에서는 부록 A(Annex A)를 통해 사전에 승인된 CPU 아키텍처, 운영 체제 및 JVM(Java Virtual Machine) 목록을 제공하고 있다. 사전 승인된 목록을 제공함으로써 서버 에너지 효율성 지표 개발 및 구현 시 SERTv2 메트릭의 적용 가능성 여부를 파악하기 용이하다. ISO/IEC 21836:2020 표준이 제정된 이후 추가되는 사전 승인 CPU 아키텍처, 운영 체제 및 JVM 목록은 SPEC에서 관리하는 웹 페이지<sup>3)</sup>를 통해 확인할 수 있으며 ISO/IEC 21836:2020 표준에서 다루고 있는 SEEM을 설계 및 구현 시 SERTv2 메트릭을 적용하고자 하는 경우 사전 승인 목록 확인을 통해 효율적으로 측정 방법 설계가 가능하다.

<표 2-2> 사전 승인된 CPU 아키텍처, 운영 체제 및 JVM 목록

CPU 공급업체	CPU 모델	운영 체제	JVM	구성
Intel	E3-XXXX	Windows Server 2008 R2 SP1	HotSpot 1.7.0	Intel_Win_HS17_1n
Intel	E3-XXXX	Windows Server 2012	HotSpot 1.7.0	Intel_Win_HS17_1n
Intel	E3-XXXX	Windows Server 2012 R2	HotSpot 1.7.0	Intel_Win_HS17_1n
Intel	E3-XXXX v5	Windows Server 2012 R2	HotSpot 1.7.0	Intel_Win_HS17_1n
Intel	E3-XXXX v3	Windows Server 2012 R2	HotSpot 1.8.0 pre121	Intel_Win_HS18_1
Intel	E3-XXXX v3	Windows Server 2012 R2	HotSpot 1.8.0 post120	Intel_Win_HS18_1
Intel	Xeon Gold	Windows Server 2012 R2	HotSpot 1.8.0 pre121	Intel_Win_HS18_5
Intel	Xeon Gold	Windows Server 2012 R2	HotSpot 1.8.0 post120	Intel_Win_HS18_5
Intel	Xeon Gold	Windows Server 2012 R2	OpenJDK 11	Intel_Win_HS18_5
AMD	EPYC 7xx1	Windows Server 2012 R2	HotSpot 1.8.0 post120	AMD_EPYC_Win_HS18_1
AMD	EPYC 7xx1	Windows Server 2016	HotSpot 1.8.0 post120	AMD_EPYC_Win_HS18_1
AMD	EPYC 7xx1	Ubuntu 18.04.x	OpenJDK 11	AMD_EPYC_Lin_OJDK11_1

3) Server Efficiency Rating Tool (SERT) Client Configurations  
[https://www.spec.org/sert2/SERT-JVM\\_Options-2.0.html](https://www.spec.org/sert2/SERT-JVM_Options-2.0.html)

CPU 공급업체	CPU 모델	운영 체제	JVM	구성
IBM	POWER8	AIX 7.1	J9 8.0 SR1	IBM AIX J980 1dyn
IBM	POWER8	AIX 7.1	J9 8.0 SR2	IBM AIX J980 1dyn
IBM	POWER8	AIX 7.1	J9 8.0 SR3+	IBM AIX J980 1dyn

출처: ISO/IEC 21836:2020 Annex A. (일부 발췌)

## 2) 구현자 지정 메트릭에 대한 적용 가능성

SERTv2 메트릭 적용을 통한 SEEM 측정이 어려운 서버 유형에 대해서는 SERTv2를 대체하기 위한 메트릭으로 구현자 지정(implementer-specified) 메트릭 및 측정 항목을 개발하고 이를 활용할 수 있다. 구현자 지정 메트릭은 다음과 같은 요구사항에 따라 특정 방법이 적용되는 서버 유형을 지정해야 한다.

- (1) SEEM은 서버에만 적용할 수 있음
- (2) SEEM 구현에는 특정 서버 카테고리에 적용되는 활성 상태(active state) 측정 방법이 하나만 존재해야 하며, 각 서버 카테고리에 하나의 유휴 상태(idle state) 측정 방법을 추가할 수 있음
- (3) SERTv2 메트릭을 적용할 수 있는 서버에는 구현자 지정 메트릭을 적용하지 않음
- (4) 개발한 구현자 지정 메트릭은 적용할 수 있는 모든 서버에서 작동되어야 함
- (5) 구현자 지정 메트릭은 에너지 효율성 점수가 높을수록 일반적인 사용 중에 실제 에너지 효율성이 향상되었음을 나타낼 것으로 예상되는 서버에만 적용해야 함

구현자 지정 메트릭을 개발 및 구현하고 SEEM 측정을 진행하고자 하는 대상은 서버에만 적용할 수 있어야 한다. 또한, SEEM 구현을 진행할 때 특정 서버 카테고리에 적용할 수 있는 활성 상태(active state) 측정 방법이 하나만 존재해야 하며, 각 서버 카테고리에 하나의 유휴 상태(idle state) 측정 방법을 추가하는 것은 허용된다. 서버 에너지 효율성 지표를 측정하려는 대상 서버에 SERTv2 메트릭을 적용하여 적합하게 작동되고 서버 에너지 효율성을 측정할 수 있는 상태인 경우, 구현자 지정 메트릭을 적용하지 않아야 한다. 개발한 구현자 지정 메트릭은 적용이 가능한 모든 서버에서 작동되어야 한다. 일부

특정 서버에서만 SEEM을 측정할 수 있는 메트릭이라면 적합한 측정 방법으로 볼 수 없다. 구현자 지정 메트릭은 에너지 효율성 점수가 높을수록 일반적인 사용 중에 실제 에너지 효율성이 향상되었다고 나타날 것으로 예상되는 서버에만 적용해야 한다. SERTV2 메트릭으로 활성 상태(active state)에서의 에너지 효율성을 측정하는 경우 측정 지표의 값이 클수록 대상 서버가 사용하는 데이터 처리 단위당 에너지가 적음을 의미하기 때문에 측정 지표에 대한 평가 기준이 달라지지 않도록 구현자 지정 메트릭이 설계되고 적용되어야 한다.

#### 나. SEEM 결정

SEEM 측정 항목은 SERTV2 메트릭 또는 구현자 지정 메트릭의 측정값을 기반으로 서버의 에너지 효율성을 정량화하는 활성 상태(active state) 및 유휴 상태(idle state)의 수치 결과로 나타낸다. 활성 상태를 나타내는 측정 지표의 값이 클수록 해당 지표의 측정 방법과 유사한 데이터 처리를 수행할 때 서버가 사용하는 데이터 처리 단위당 에너지가 적음을 의미하고, 유휴 상태를 나타내는 측정 지표의 값이 작을수록 좋으며, 이는 서버가 수행 준비가 되어있지만 데이터 처리를 수행하지 않는 동안 더 적은 에너지를 사용함을 나타낸다. 모든 SEEM은 각 서버 유형에 대한 활성 상태 측정 방법이 포함되어야 하며, 유휴 상태 측정 방법은 활성 상태 측정 방법이 포함된 모든 서버 유형에 대해 선택적으로 추가할 수 있다. 활성 상태 측정 방법이 없는 서버 유형에는 유휴 상태 측정 방법을 추가하지 않는다.

#### 1) 전원 공급 장치 관련 요구사항

SEEM 구현 시 교류(AC)전원 공급장치를 포함하는 모든 서버에 대해 최소 요구되는 사항으로 80 PLUS<sup>4)</sup>가 고려되어야 한다. 구현 시 최소 80 PLUS

4) 80 PLUS는 컴퓨터 장치 중 하나인 컴퓨터 전원 공급 장치(PSU, Power Supply Unit)의 에너지 효율을 제고시키는 인증 규격으로, 해당 인증을 받기 위해서는 전원 공급 장치에 20%, 50%, 100% 부하 시 에너지 효율이 80% 이상이고, 부하 시 역률(PFC)이 0.9 이상이어야 함

효율성 수준을 요구하는 경우, 80 PLUS에 포함되지 않는 퍼센트 로딩 수준(percent loading level)의 효율성 요구사항과 같은 추가 전원 공급 장치에 대한 에너지 효율성 요구사항을 지정할 수 있으며, 측정 지표 구현에 전원 공급 장치 효율성 요구사항이 포함된 경우 최소 80 PLUS 인증 수준이 지정되어야 한다.

<표 2-3> 80 PLUS 인증 수준 및 기준

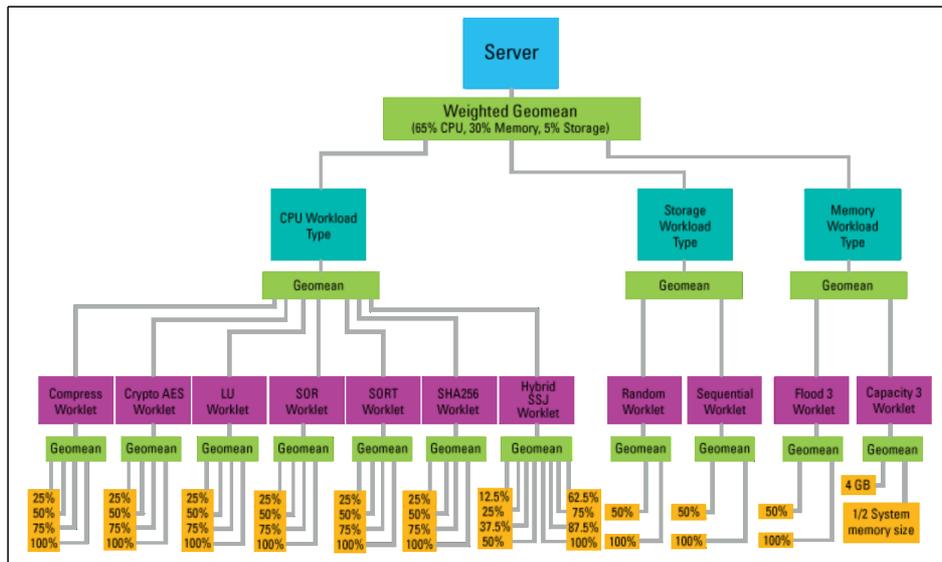
80 PLUS 테스트 유형		115V Internal Non-Redundant				230V Internal EU Non-Redundant			
부하 비율		10%	20%	50%	100%	10%	20%	50%	100%
80 PLUS Standard		-	80%	80%	80% PFC ≥0.90	-	82%	85% PFC ≥0.90	82%
80 PLUS Bronze		-	82%	85% PFC ≥0.90	82%	-	85%	88% PFC ≥0.90	85%
80 PLUS Silver		-	85%	88% PFC ≥0.90	85%	-	87%	90% PFC ≥0.90	87%
80 PLUS Gold		-	87%	90% PFC ≥0.90	87%	-	90%	92% PFC ≥0.90	89%
80 PLUS Platinum		-	90%	92% PFC ≥0.95	89%	-	92%	94% PFC ≥0.95	90%
80 PLUS Titanium		90%	92% PFC ≥0.95	94%	90%	90%	94% PFC ≥0.95	96%	91%

출처: CLEAResult 80 Plus, <https://www.clearesult.com/80plus/program-details>

## 2) SERTv2 메트릭의 활성 상태 에너지 효율성 측정 항목

SERTv2 메트릭을 적용한 활성 상태의 에너지 효율성 측정 시, 일반적인 서버 사용과 관련된 다양한 데이터 처리 유형의 에너지 효율성을 측정하고 서버가 부분적으로만 사용되는 기간을 시뮬레이션하여 측정한다. 서버가 완전히 활용되지 않으면 대부분의 서버가 간헐적으로 유휴 상태 기간에 들어가므로 서버의 유휴 상태에서의 에너지 소비 측정 및 평가가 포함된 SERTv2 지표가 효과적으로 생성될 수 있다. SERTv2 메트릭에서는 SERT CPU, 메모리, 스토리지 워크로드와 각 워크로드에 포함되어 있는 워크렛(worklet)에 대한 측정 및 수식을 통한 값 산출을 통해 진행된다.

[그림 2-1] SERTv2 메트릭의 워크로드 및 워크렛



출처: ENERGY STAR, How to Measure Server Efficiency with SERT

SERTv2 메트릭의 수치는 아래 수식으로 산출되면, 실제 워크로드(workload)의 구성 요소 민감도 분석, 다양한 가중치 체계를 사용하는 수백 대 서버의 에너지 효율성 순위 및 전력 분석 등이 수행된 SPEC SERT 지표 가중치 연구 수행을 통해 가장 정확하게 모델링이 가능하도록 CPU는

65%, 메모리는 30%, 스토리지는 5%의 가중치를 적용한다.

$$SERTv2 = \exp(0.65 \cdot \ln[Eff_{CPU}] + 0.30 \cdot \ln[Eff_{Mem}] + 0.05 \cdot \ln[Eff_{Stor}])$$

위의 수식에서  $\exp$ 는 지수 함수를 의미하며,  $\ln$ 은 자연로그를 의미한다.  $Eff_{CPU}$ 는 SERT CPU 워크로드의 에너지 효율성,  $Eff_{Mem}$ 는 SERT 메모리 워크로드의 에너지 효율성,  $Eff_{Stor}$ 는 SERT 스토리지 워크로드의 에너지 효율성을 나타낸다. SERT CPU, 메모리, 스토리지에 대한 워크로드 에너지 효율성은 아래 수식으로 산출된다.

$$Eff_{wd} = \exp\left(\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \ln(Eff_{wt,i})\right)$$

$\exp$ 는 지수 함수를,  $\ln$ 은 자연로그를 의미한다.  $n$ 은 SERT CPU, 메모리, 스토리지 워크로드에 대한 워크렛(worklet)의 수를 나타낸다.  $Eff_{wt,i}$ 는 워크로드에 대한 워크렛의 효율성을 의미한다. SERT CPU 워크로드에는 7개의 워크렛(Compress, CryptoAES, LU, SHA256, SOR, SORT, SSJ)가 포함되어 있으며, SERT 메모리 워크로드에는 2개의 워크렛(Flood3, Capacity3), SERT 스토리지 워크로드에는 2개의 워크렛(Random, Sequential)이 포함되어 있으며, 각 워크로드에 대한 부하 수준별 측정을 진행한다.

<표 2-4> SERTv2 메트릭의 워크로드 및 워크렛

워크로드	워크렛	설명
CPU	Compress	수정된 LZW(Lempel-Ziv-Welch) 방법을 사용하여 데이터를 압축 및 압축 해제하는 트랜잭션을 구현하여 초당 트랜잭션의 수를 산출
	CryptoAES	AES(또는 DES) 블록 암호화 알고리즘을 사용하여 데이터를

워크로드	워크렛	설명													
CPU		암호화하고 해독하는 트랜잭션을 구현하여 초당 트랜잭션의 수를 산출													
	LU	부분 피벗을 사용하여 조밀한 행렬의 LU 분해를 계산하는 트랜잭션을 구현하여 초당 트랜잭션의 수를 산출													
	SHA256	표준 Java 기능을 활용하여 바이트 배열에서 SHA-256 변환을 수행하고 이를 통해 초당 트랜잭션의 수를 산출													
	SOR	Jacobi SOR(Successive Over-relaxation)은 Drichlet 경계 조건을 사용하여 2D에서 Laplace 방정식을 푸는 등 유한 차분 응용 분야에서 일반적인 액세스 패턴을 실행하는 트랜잭션을 구현하여 초당 트랜잭션의 수를 산출													
	SORT	java.util.Arrays.sort() API를 사용하여 각 트랜잭션 중에 무작위 64비트 정수 배열에 대한 정렬을 수행하여 초당 트랜잭션의 수를 산출													
		SUT의 CPU, 캐시 및 메모리를 실행하며, 6개의 트랜잭션을 수행하여 초당 트랜잭션의 수를 산출													
	SSJ	<table border="1"> <thead> <tr> <th>트랜잭션 구분</th> <th>설명</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>신규 주문 (30.3%)</td> <td>새로운 주문을 시스템에 삽입</td> </tr> <tr> <td>결제 (30.3%)</td> <td>고객 결제를 기록</td> </tr> <tr> <td>주문 상태 (3.0%)</td> <td>기존 주문의 상태를 요청</td> </tr> <tr> <td>배송 (3.0%)</td> <td>배송 주문을 처리</td> </tr> <tr> <td>재고 수준 (3.0%)</td> <td>재고 수준이 낮은 최근 주문한 품목 검색</td> </tr> <tr> <td>고객 보고서 (30.3%)</td> <td>고객의 최근 활동에 대한 보고서 생성</td> </tr> </tbody> </table>	트랜잭션 구분	설명	신규 주문 (30.3%)	새로운 주문을 시스템에 삽입	결제 (30.3%)	고객 결제를 기록	주문 상태 (3.0%)	기존 주문의 상태를 요청	배송 (3.0%)	배송 주문을 처리	재고 수준 (3.0%)	재고 수준이 낮은 최근 주문한 품목 검색	고객 보고서 (30.3%)
트랜잭션 구분	설명														
신규 주문 (30.3%)	새로운 주문을 시스템에 삽입														
결제 (30.3%)	고객 결제를 기록														
주문 상태 (3.0%)	기존 주문의 상태를 요청														
배송 (3.0%)	배송 주문을 처리														
재고 수준 (3.0%)	재고 수준이 낮은 최근 주문한 품목 검색														
고객 보고서 (30.3%)	고객의 최근 활동에 대한 보고서 생성														
메모리	Flood3	산술 연산 및 복사 명령을 사용하여 메모리를 실행하는 순차적 메모리 대역폭 테스트를 실행하여 대역폭 점수를 산출													
	Capacity3	성능 저하를 최소화하면서 시스템이 메모리에 포함할 수 있는 가장 큰 데이터셋을 사용하여 최소 및 최대 데이터셋에 대해 Java의 XML 작업을 수행하여 점수를 산출													
스토리지	Random	임의의 파일 위치에서 데이터를 읽고 쓰는 트랜잭션을 구현하여 초당 트랜잭션의 수를 산출													
	Sequential	순차적으로 선택된 파일 위치에서 데이터를 읽고 쓰는 트랜잭션을 구현하여 초당 트랜잭션의 수를 산출													

출처: SPEC, The SERT Suite - Design Document

이러한 각각의 워크렛들은 아래 수식을 통해 산출되며 SERT 메모리

워크로드의 워크렛의 경우, 해당 수식을 통해 산출되지 않고 별도 방법을 통해 수치가 산출된다.

$$Eff_{wt} = \exp\left(\frac{1}{m} \times \sum_{i=1}^m \ln(Eff_{i_i})\right) \times 1000$$

exp는 지수 함수를 의미하며, ln은 자연로그를 나타낸다.  $m$ 은 측정하고자 하는 워크렛에 대한 로드 수준의 수를 의미한다.  $Eff_{i_i}$ 은 각 부하 수준의 정규화된 성능을 해당 부하 수준에서 소비되는 전력으로 나누어 계산된다.

<표 2-5> SERTv2 메트릭의 워크로드 및 워크렛 부하 수준

워크로드	워크렛	부하 수준
CPU	Compress	100%, 75%, 50%, 25%
	CryptoAES	
	LU	
	SHA256	
	SOR	
	SORT	
	SSJ	
메모리	Flood3	Full(100%), Half(50%)
	Capacity3	Max(1/2 System memory size), Base(4GB)
스토리지	Random	100%, 50%
	Sequential	

출처: SPEC, The SERT Suite - Design Document

### 3) 구현자 지정 메트릭의 활성 상태 에너지 효율성 측정 항목

구현자 지정(implementer-specified) 메트릭은 SERTv2 메트릭을 적용하여 SEEM 측정에 적합하지 않은 서버를 대상으로 대체하기 위한 메트릭이다. 구현자 지정 메트릭은 아래와 같은 요구사항을 충족하는 경우 활성 상태 측정 항목에 대한 일반적인 요구사항이 포함되기 때문에 개발 및 구현한 메트릭이

SERTv2 메트릭만큼 실제 관련성이 있는지 보장하지 않는다. SEEM 측정을 위해 설계 및 구현된 구현자 지정 메트릭은 다음과 같은 요구사항이 모두 충족되어야 한다.

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 각 활성 상태 지표는 SUT의 에너지 효율성을 나타내기 위해 성능과 에너지 측정을 결합한 단일 수치 결과여야 함</li> <li>(2) 활성 상태 지표는 클수록 좋은 값을 나타내어야 하며, 점수가 높을수록 서버 에너지 효율성이 향상됨을 나타내어야 함</li> <li>(3) 활성 상태 지표에는 관련 작업 부하를 실행할 때 서버의 전반적인 성능을 나타내는 단일 성능 결과 보고가 포함되어야 함</li> <li>(4) 활성 상태 지표에는 지표를 실행할 때 전체 서버의 에너지 소비를 나타내는 단일 에너지 또는 평균 전력 결과 보고가 포함되어야 함</li> <li>(5) 각 지표를 분석하여 해당 서버의 실제 에너지 효율성을 정확하게 나타내는지 확인해야 함</li> <li>(6) 활성 상태 지표를 측정된 결과는 재현 가능해야 함</li> <li>(7) 지표는 특정 유형의 서버를 인위적으로 제한하거나 특화되지 않아야 함</li> </ul> |
|--|

구현자 지정 메트릭을 통한 SEEM을 측정하기 위한 지표는 SUT의 에너지 효율성을 나타내기 위해 성능과 에너지 측정을 결합한 단일 수치 결과로 산출 및 출력되어야 한다. 또한, 구현자 지정 메트릭을 통해 산출된 활성 상태 지표의 결과값은 클수록 좋은 값으로 나타낼 수 있는 산출 방법 및 수치로 구성되어야 하며, 점수가 높을수록 서버의 에너지 효율성이 향상됨을 나타낼 수 있는 지표로 설계 및 구현되어야 한다. SERTv2 메트릭에서 산출 및 측정되는 활성 상태 지표의 결과값은 점수가 높으면 높을수록 서버가 사용하는 데이터 처리당 에너지가 적음을 의미하며 이는 서버 에너지 효율성이 높음을 의미한다. SERTv2 메트릭을 통해 산출된 지표와 구현자 지정 측정 방법을 통해 산출된 지표 결과의 해석이 서로 상반되지 않도록 설계 및 구현하여 SERTv2 메트릭과의 혼동이 발생하지 않도록 주의하여야 한다. 활성 상태 지표에는 관련 작업 수행 시 서버의 전반적인 성능과 에너지 소모량을 나타낼 수 있는 단일 결과 보고로 기록되어야 하며, 각 활성 상태 지표를

분석하여 해당 서버에 대한 실제 에너지 효율성을 정확하게 나타내는지 확인해야 한다. 구현자 지정 메트릭을 통해 측정된 활성 상태 지표의 결과는 재현 가능해야 하며, 설계 및 구현된 활성 상태 지표는 특정 유형의 서버에만 제한 및 특화되지 않아야 한다. 또한, 구현자 지정 메트릭을 통한 활성 상태 지표의 결과를 산출 및 측정하는데 사용되는 측정 절차 및 방법은 다음과 같은 요구사항이 충족되어야 한다.

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 측정 절차 및 방법에 대한 워크로드는 지표에 적용할 수 있는 서버에서 실행되는 일반적인 워크로드와 관련된 예 또는 표현이어야 함</li> <li>(2) 다양한 유형의 데이터 처리를 수행하는 서버에 적용되는 지표의 경우 수행된 데이터 처리의 단면을 나타내는 적절하고 적합한 수의 워크로드가 포함되어야 함</li> <li>(3) SERTv2와 마찬가지로 다양한 로드 수준을 테스트에 포함하는 것을 권장하지만 필수 요구사항은 아님</li> <li>(4) 테스트 방법의 특정 부분을 실행하는 동안 실시간 시스템 수준 전력 데이터를 수집해야 함</li> <li>(5) 테스트 방법에서는 시험이 성공적으로 완료되었는지, 측정 결과가 정확한지 검증하는 방법이 포함되어야 함</li> <li>(6) 테스트 방법에는 결과 수집의 복잡성을 줄이기 위해 자동화 및 사용자 인터페이스가 포함되어야 함</li> </ul> |
|---|

구현자 지정 메트릭을 위해 설계 및 구현된 측정 절차 및 방법에 대한 워크로드는 관련성이 없는 전혀 새로운 방식이 아닌 서버 에너지 효율성 지표 측정을 위해 적용할 수 있는 서버 유형에서 실행되는 일반적인 형태로 구성되어야 한다. 또한, 다양한 유형의 데이터 처리를 수행하는 서버를 대상으로 구현자 지정 메트릭이 적용되는 경우 수행되는 데이터 처리 결과를 적절하게 나타낼 수 있는 적합한 수의 워크로드로 구성되어야 한다. 구현자 지정 메트릭은 SERTv2 메트릭에 설계된 것과 같이 SERT CPU, 메모리, 스토리지 워크로드에 포함된 각각의 워크렛에 다양한 부하 수준별 측정을 권장하지만, 필수적으로 고려되어야 하는 사항은 아니다. 측정 절차 및 방법의 특정 부분이 실행되는 동안 실시간 시스템 수준의 전력 데이터를 수집할 수

있어야 하며, 측정 시험이 성공적으로 완료되었는지, 측정 결과가 정확한지 검증하는 방법이 포함되어야 하며, 결과 수집의 복잡성을 줄이기 위한 자동화 및 사용자 인터페이스 적용이 포함되어야 한다.

#### 4) 구현자 지정 메트릭의 유휴 상태 에너지 효율성 측정 항목

유휴 상태 측정 방법은 서버가 가동 중인 상태이지만, 데이터 처리를 실행하지 않을 때 서버의 평균 전력 소모량을 측정하여 나타낸다. SEEM 측정을 위한 방법 설계 및 구현 시, 유휴 상태 측정 방법은 활성 상태 측정 방법이 있는 서버 유형에 대해서만 가능하며, 활성 상태 측정 방법의 구현 없이 독립적인 형태의 유휴 상태 측정 방법 설계 및 구현은 권장하지 않는다. 서버에 설치 또는 적용된 대부분의 추가 기능은 서버에 대한 유휴 상태 전력 소비량을 증가시키지만, 이러한 추가 기능들은 지표 계산이 포함되지 않아 유휴 상태 측정 지표를 적절하게 설계하고 이를 유지하는 것은 현실적으로 쉽지 않다. 이와 같은 어려움을 고려하여 SEEM 측정을 위해 구현자 지정 측정 방법에 유휴 상태 측정 방법을 추가 및 구현하려는 경우 다음과 같은 요구사항을 준수해야 한다.

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) SEEM 구현 시 유휴 상태 측정 방법은 활성 상태 측정 방법이 있는 서버 유형에 대해서만 생성되어야 하며, 독립적인 유휴 상태 측정 항목은 생성되지 않아야 함</li> <li>(2) SERTv2 메트릭이 적용되는 모든 서버의 경우에는 SERTv2 내부의 유휴 상태 측정 결과를 사용해야 하며, 그 외의 모든 서버에 대해서는 별도 측정 방법을 준수해야 함</li> <li>(3) 눈에 띄는 양의 유휴 상태 전력을 사용하는 모든 서버 기능에 대해 유휴 상태 전력 크레딧을 추가하기 위해 구성 요소 추가 시스템을 만들어야 함</li> <li>(4) 최소한 2년에 한 번씩 구성 요소 추가 항목을 검토하고 최신 구성 요소 기술에 맞춰 추가 항목을 조정 및 추가하는 프로세스를 확립해야 함</li> <li>(5) 하나의 유휴 상태 전력 크레딧이 구성 요소 유형의 모든 변형을 적절하게 설명할 수 있는지 또는 구성 요소 유형을 세분화하고, 각 유형에 별도의 가산기를 할당해야 하는지 여부를 식별하기 위해 구성 요소별 분석을 수행해야 함</li> <li>(6) 더 많은 CPU 데이터 처리 능력을 갖춘 모든 서버에 대해 증가하는 유휴 상태 전력 크레</li> </ul> |
|---|

닛을 계산하는 가산기를 개발해야 하며, 서버 유성과 관련된 성능 측정 기준은 가산기를 계산할 때 사용할 수 있도록 식별되어야 함

### 5) 유휴 상태 전력 테스트 방법

SEEM 구현 시, 유휴 상태 측정 방법은 활성 상태 측정 방법이 존재하는 서버 유형에 대해서만 생성되어야 하며, 독립적인 형태의 유휴 상태 측정 항목은 생성되지 않아야 한다. SEEM 구현에는 독립적인 형태의 유휴 상태 측정 방법이 포함되지 않는데, 이는 독립적인 형태의 유휴 상태 측정 방법이 활성 상태 측정 방법보다 더 많은 에너지 소모를 의도치 않게 장려하는 경향이 있어 오히려 데이터센터의 에너지 소비량을 높이는 문제가 발생할 수 있다. SERTv2 메트릭을 적용하여 SEEM을 측정할 수 있는 경우에는 SERTv2 메트릭에 대한 유휴 상태 측정 결과를 사용해야 하며, 그 외의 모든 서버 유형에 대해서는 다음과 같은 측정 방법을 준수해야 한다.

- (1) ISO/IEC 21836:2020 표준을 통해 제공하는 사전 승인된 전력 분석기 목록(Annex B.) 또는 표준에서 정의한 요구사항을 충족하는 전력 분석기 준비
- (2) 서버의 총 에너지 소비량(전압 및 전류)을 초당 최소 한 번 기록하도록 전력 분석기 및 측정 로깅 소프트웨어를 올바르게 구성하고, 측정 로깅 소프트웨어는 측정에 영향을 미치지 않도록 SUT와 별도의 시스템에서 실행하도록 구성
- (3) SUT 구성 시 모든 기본 입출력 시스템(BIOS), 소프트웨어 및 하드웨어 구성은 고객이 수령하는 것과 마찬가지로 기본 상태로 구성되어야 하며, 기본 전원 구성으로 인해 측정 기간이 끝나기 전에 서버가 절전 또는 최대 절전 모드와 같은 제한된 기능의 저전력 상태로 전환되는 경우 측정 기간이 끝날 때까지 해당 상태로의 진입을 지연하도록 설정해야 함
- (4) 서버를 운영 체제로 부팅하고 애플리케이션이나 서비스를 열거나 닫는 등 시스템을 수동으로 수정하지 않아야 하며, 유휴 상태 전력을 측정하는 데 사용되는 경우 SPEC SERTv2 애플리케이션 실행 가능
- (5) 시스템을 약 5~6분 동안 유휴 상태로 유지
- (6) 서버의 에너지 소비량을 1분간 측정하여 초당 최소 1회의 측정값 수집
- (7) SUT에 대한 SEEM의 유휴 상태는 1분 측정 기간 동안 전력의 산술 평균(와트)과 동일해야 함

식별 가능한 양의 유휴 상태 전력을 사용하는 모든 서버 기능에 대해 유휴 상태 전력 크레딧을 추가하기 위해 구성 요소 추가 시스템을 구성해야 하며,

하나의 유휴 상태 전력 크레딧이 구성 요소 유형의 모든 변형을 적절하게 설명할 수 있는지 또는 구성 요소 유형을 세분화하고, 각 구성 요소 유형에 별도의 가산기를 할당해야 하는지 여부를 식별하기 위해 구성 요소별 분석을 수행해야 한다. 또한, 더 많은 CPU 데이터 처리 능력을 갖춘 모든 서버에 대해 증가하는 유휴 상태 전력 크레딧을 계산하는 가산기를 개발해야 하며, 서버 유형과 관련된 성능 측정 기준은 가산기 계산에 사용하기 위해 식별되어야 한다. 이러한 요구사항을 준수하여 SEEM 측정을 위한 유휴 상태 측정 방법 설계 및 구현 시 의도치 않은 에너지 소모를 최대한 제한하고 적절한 수준의 유휴 상태 측정 지표의 결과가 측정 및 산출될 수 있도록 주의가 필요하다.

<표 2-6> 사전 승인된 전력분석기 목록

제조업체	모델	이용제한 및 주의사항
Chroma	66202	낮은 분류기 범위(0,01; 0,1; 0,4; 2,0 A RMS) 및 20A RMS 높은 분류기 범위에만 사용 가능
Chroma	66203, 66204	한 번에 하나의 채널만 사용 가능
Chroma	66205	PTDaemon v1.9.0 이상을 사용해야 함
Voltech	PM1000+	펌웨어 버전 4.22 이상이 필요함
Xitron	2801	-
Xitron	2802	한 번에 하나의 채널만 사용 가능
Yokogawa	WT210	펌웨어 버전 1.11 이상이 필요하며, 설치된 경우 외부 전류 센서가 비활성화됨

출처: ISO/IEC 21836:2020 Annex B. (일부 발취)

- (1) 측정 - 분석기는 와트 단위의 실제 RMS(root mean square, 제곱 평균 제곱근) 전력과 전압, 전류 또는 역률 중 적어도 2개 항목이 보고되어야 함
- (2) 펄스 수용 테스트(pulse acceptance test)의 모든 단계에서 측정값은 전체 불확도가 1% 이상인 분석기에 의해 보고되어야 함
- (3) 교정 - 분석기는 미국 국립 표준기술 연구소(National Institute of Standards and Technology, USA) 또는 다른 국가의 국립 계량 기관에서 추적 가능한 표준으로 교정할 수 있어야 함
- (4) 과고율 - 분석기는 최소값 3의 전류 과고율을 제공해야 하며, 과고율을 지정하지 않은 전력 분석기의 경우 분석기는 사용된 최대 전류의 최소 3배에 해당하는 전류 스파이크를 측정할 수 있어야 함
- (5) 로깅 - 분석기는 문서화된 소프트웨어 인터페이스를 사용하여 실시간으로 데이터 읽기를 지원해야 하며, 해당 인터페이스에 액세스하기 위해 소프트웨어 패키지가 필요한 해당 소프트웨어는 장치의 모든 사용자가 사용할 수 있거나 무료 사용 및 재배포할 수 있어야 함. 또한, 분석기는 초당 최소 한 세트의 측정값 판독 속도를 지원해야 하며 측정 세트에는 와트, 전압, 전류 또는 역률 중 적어도 2개 항목이 포함되어야 함. 분석기의 데이터 평균 간격은 판독 간격의 1배 또는 2배여야 함

유휴 상태 측정을 위해 SERTv2 매트릭을 적용할 수 없는 경우 별도 측정 방법에서 사용할 수 있는 전력 분석기는 ISO/IEC 21368:2020 Annex B. 또는 SPEC에서 관리하는 웹 페이지<sup>5)</sup>를 통해 제공된 사전 승인된 전력 분석기 목록을 참고하거나 ISO/IEC 21836:2020 표준에 정의된 요구사항을 충족하는 전력 분석기를 선택해야 한다. 측정에 사용할 전력 분석기는 와트 단위의 실제 RMS(root mean square, 제곱 평균 제곱근) 전력과 전압, 전류 또는 역률 중 적어도 2개 항목이 보고되어야 한다. ISO/IEC 21836:2020 표준에 정의된 펄스 수용 테스트(pulse acceptance test)의 모든 단계에서 측정값은 전체 불확도 1% 이상인 분석기에 의해 보고되어야 한다. 펄스 수용 테스트는 다음과 같은 절차 및 방법으로 수행된다.

5) SPECpower - Accepted Measurement Devices  
[https://www.spec/power/docs/SPECpower-Device\\_List.html](https://www.spec/power/docs/SPECpower-Device_List.html)

- (1) 하드웨어 또는 소프트웨어 프로그래밍이 가능한 부하 생성기를 구성하여 50ms 마다 10개의 펄스를 생성한 다음 5000 ms 마다 시작하여 100 ms 간격으로 100 ms ~ 900ms의 펄스 10개를 생성한다. 이 때, 기준 부하는 전압 범위 중 하나 내에서 40 W에서 150 W 사이여야 하며, 펄스는 기준선보다 최소 20% 더 높아야 한다.
- (2) 평가 중인 전력 분석기로 펄스를 측정한다.
- (3) 측정된 모든 전력 값은 허용 오차  $\pm 25\%$  내에서 부하 발생기에 의해 생성된 펄스 폭과 일치해야 한다. 이때, 모든 펄스는 전력 분석기에 의해 캡처된다.
- (4) 5010 ms마다 시작하는 100, 50ms 펄스를 생성하고 이어서 5010 ms마다 시작하는 100, 100 ms 펄스를 생성하도록 부하 생성기를 재구성한다.
- (5) 평가 중인 전력 분석기로 펄스를 측정한다.
- (6) 전력 분석기는 두 가지 예외를 제외한 모든 펄스를 표시해야 한다. 최대 2개의 중복 샘플 판독 값과 2개의 누락된 샘플 판독 값을 표시할 수 있다. 여기서 중복 샘플 판독은 부하 발생기가 하나의 펄스만 생성했는데 전력 분석기가 두 개의 펄스가 발생했음을 나타내는 경우이다.

또한, 전력 분석기의 교정은 미국 국립표준기술연구소(National Institute of Standards and Technology, USA) 또는 다른 국가의 국립 계량 기관에서 추적 가능한 표준으로 교정할 수 있어야 한다. 측정에 사용할 전력 분석기는 최소값 3의 전류 파고율을 제공할 수 있어야 하며, 파고율을 지정하지 않은 전력 분석기의 경우 분석기는 사용된 최대 전류의 최소 3배에 해당하는 전류 스파이크를 측정할 수 있어야 한다. 전력 분석기는 소프트웨어 인터페이스를 통해 실시간으로 데이터 읽기를 지원해야 하며, 해당 인터페이스에 액세스하기 위해 소프트웨어 패키지가 필요한 해당 소프트웨어는 장치의 모든 사용자가 사용할 수 있거나 무료 사용 및 재배포할 수 있어야 한다. 또한, 분석기는 초당 최소 한 세트의 측정값 판독 속도를 지원해야 하며, 측정된 세트에는 와트, 전압, 전류 또는 역률 중 적어도 2개 항목이 포함되어야 한다.

## 2. ISO/IEC 30134-4

데이터센터의 전반적인 자원에 대한 효율성을 결정하려면 전체적인 측정 지표가 필요하다. 이러한 데이터센터 인프라 자원에 대한 효율성을 측정하기 위한 지표인 PUE(Power Usage Effectiveness)가 ISO/IEC 30134-2:2016(Information Technology—Data Centres—Key Performance indicators—Part 2: Power usage effectiveness(PUE)) 표준을 통해 정의되었다. PUE는 냉각 시스템, 전원 공급 시스템 등 데이터센터 인프라의 에너지 효율성을 측정하고 개선하는 데 활용되고 있으나, 인프라 뿐만 아니라 IT 장비를 보유하고 있는 데이터센터의 경우 IT 장비의 에너지 효율성을 측정하고 개선하는 것이 필요하다. 서버, 스토리지, 네트워크 장비 등과 같은 IT 장비의 에너지 효율성 향상을 통해 전반적인 데이터센터의 효율성을 향상시킬 수 있다. 이를 위해 ISO/IEC 30134-4:2017(Information technology—Data Centres—Key Performance indicators—Part 4: IT Equipment Energy Efficiency for servers(ITEEsv)) 표준에서는 데이터센터에 있는 서버 장비의 에너지 효과성(effectiveness) 또는 효율성(efficiency)을 측정하는 방법을 지정하는 데이터센터의 서버에 대한 IT 장비 에너지 효율성(IT Equipment Energy Efficiency for servers(ITEEsv))에 대해 정의한다.

### 가. IT 장비 에너지 효율성 (ITEEsv)

IT 장비 에너지 효율성(ITEEsv, IT Equipment Energy Efficiency for servers)은 서버의 사양이나 잠재적인 성능을 기반으로 데이터센터에 있는 모든 서버 또는 서버 그룹의  $kW$ 당 최대 성능을 설명하는 KPI(Key Performance indicators)이다. ITEEsv는 서버의 실제 운영 상황에서의 에너지 효율성이 아닌 서버의 에너지 효율성 기능을 반영하여 산출된다. 서버 에너지 효과성 또는 효율성은 다음과 같은 조합으로 결정된다.

- |  |
|--|
| (1) 단위 에너지당 일을 수행하는 능력 (capability)<br>(2) 서버가 실제로 작업을 수행하는 시간 (utilization)<br>(3) 작업 부하가 줄어들 때 에너지 사용을 줄이는 서버의 기능 (power management) |
|--|

ITEEsv는 성능(capability)을 설명하고 단위 에너지당 성능이 높은 서버 도입 효과를 정량화하는 데 사용된다. 이를 통해 ITEEsv의 값이 더 큰 데이터센터는 평균적으로 에너지 효과성이나 효율성이 더 높은 서버가 설치되어 있음을 나타낸다. ITEEsv는 특정 데이터센터 또는 데이터센터 일부를 자체적으로 개선하기 위한 KPI이며, 서로 다른 데이터센터 간 비교를 위한 것은 아니기 때문에 ITEEsv를 사용하여 데이터센터나 개별 서버에 관한 규정을 설정하지 않아야 한다.

### 1) ITEEsv 지표

ITEEsv는 다음과 같은 수식을 통해 산출된다.

$$ITEE_{SV} = \frac{\sum_{i=1}^n (SMPE_i)}{\sum_{i=1}^n (SMPO_i)}$$

$SMPE_i$ (Server Maximum Performance)는 서버  $i$ 의 최대 성능을 나타내며,  $SMPE_i$ 는 제조업체가 제공한 성능 벤치마크 결과 또는 벤치마크가 ISO/IEC 30134-4:2017 표준에서 정의하는 ITEEsv 벤치마크 방법 선택 요구사항을 충족하는 벤치마크 성능 도구를 통한 직접적인 측정을 통한 값이 활용되어야 한다.  $SMPO_i$ (Server Maximum Power)는 서버  $i$ 의 최대 전력 소비량( $kW$ )을 나타낸다.  $SMPO_i$ 는 제조업체가 제공한 전력 소비 데이터를 사용하거나 직접 측정을 통한 값이 활용되어야 한다.  $SMPO_i$ 는  $SMPE_i$  값이 활용된 벤치마크

실행 중에 사용된 평균 전력을 활용한다.  $SMPO_i$  측정 옵션은 ISO/IEC 30134-4:2017 표준에 정의되어 있다.

ITEEsv는 데이터센터에 있는 모든 서버 또는 서버 그룹의 에너지 효율성의 평균을 통해 산출된다. ITEEsv의 값이 높을수록 최대 전력에서 전력 단위당 처리 용량이 더 높다는 것을 나타낸다. 이를 통해 ITEEsv는 에너지 효율성이 더 높은 서버를 활용하여 데이터센터의 전반적인 에너지 효율성 향상을 도모할 수 있다.

## 2) ITEEsv에 대한 SMPE 및 SMPO 결정

SMPE 및 SMPO를 결정하기 위해 벤치마크 방법을 사용할 때 벤치마크는 테스트 중인 서버의 애플리케이션을 나타내야 한다. ITEEsv 계산에는 모든 서버에 대해 하나의 벤치마크 방식을 적용해야 하며, 벤치마크 방식을 혼합하여 사용하지 않아야 한다. 서버 유형, 구성 또는 의도한 부하의 차이로 인해 하나의 벤치마크 방법이 모든 서버에 적합하지 않은 경우 하나의 벤치마크 방법이 적용될 수 있도록 서버를 그룹화하고 그룹에 있는 서버의 ITEEsv를 계산한다. 그룹의 특정 서버에 대해 SMPE 및 SMPO를 정확하게 결정할 수 없는 경우 해당 서버는 ITEEsv 계산에 포함되지 않는다. 특정 데이터센터의 과거 ITEEsv 값을 비교할 때 ITEEsv를 측정할 때마다 동일한 벤치마크 방법을 사용해야 한다. 데이터센터 소유자 및 운영자는 자신이 운영하는 데이터센터의 상황에 따라 벤치마크 방법을 적절하고 신중하게 선택하는 것이 좋다. ITEEsv를 계산하기 위해 벤치마크 방법을 사용할 때 선택된 벤치마크는 ISO/IEC 30134-4:2017 표준에서 정의하는 ITEEsv 벤치마크 방법 선택 요구사항 및 권장 사항을 충족해야 한다.

### 가) SMPE 측정 옵션

SMPE는 서버의 최대 성능을 나타내며, 데이터센터의 실행 조건에서 최대 성능을 나타내지 않고 이상적인 조건에서 최대 성능을 나타낸다.

데이터센터에서는 벤치마크 측정을 수행한 서버 제조업체로부터 *SMPE* 값을 구하거나 벤치마크 성능 도구를 사용하여 실험 조건에서 측정하여 *SMPE* 값을 구할 수 있다. 서버의 성능과 애플리케이션은 다양하므로 *SMPE*를 결정하기 위해 통합된 표준 워크로드를 지정하는 것은 비현실적이다. 기존 시스템과 관련된 서버를 선택하기 위해 게시된 데이터는 현재 사용 가능한 시스템과 데이터센터에 있는 기존 시스템 간의 상대적 비교를 제공한다. 데이터센터에서는 테스트할 애플리케이션과 서버의 특성을 고려하여 적절한 벤치마크 방법을 선택해야 한다. 이에 대한 예시로, 고성능 컴퓨팅을 목표로 하는 데이터센터는 LINPACK을 활용하여 *SMPE*와 *SMPO* 값을 산출할 수 있다. 마찬가지로 불륨 서버는 SPECpower 또는 SERT를 사용하여 *SMPE* 및 *SMPO* 값을 산출할 수 있다.

#### (1) SERT

SERT의 “normalized peak performance”는 *SMPE* 값으로 사용될 수 있다. 다양한 유형의 워크로드에 대해 12가지 유형의 워크렛이 존재하며, 데이터센터의 소유자는 데이터센터에서 수행하는 작업 유형에 따라 적절한 유형의 워크렛을 선택해야 한다. SERT는 미국 환경보호국(EPA)의 요청에 따라 SPEC에 의해 만들어졌다. 이는 처음에는 컴퓨터 서버 프로그램을 위한 US EPA ENERGY STAR 2세대의 일부로 서버 에너지 효율성을 측정하기 위한 것이다. 포괄적인 그래픽 사용자 인터페이스를 통해 구성 및 사용이 간단하도록 설계된 SERT는 워크렛을 사용하여 CPU, 메모리, 스토리지와 같은 개별 시스템 구성 요소를 테스트하고 다양한 부하 수준에서 자세한 전력 소비 데이터를 제공한다. ITEESv에 대해 수집된 벤치마크 결과는 SPEC에 지정된 실행 및 보고 규칙<sup>6)</sup>과 공정한 사용 규칙<sup>7)</sup>을 준수해야 한다.

---

6) [https://www.spec.org/sert/docs/SERT-Run\\_and\\_Reporting\\_Rules.pdf](https://www.spec.org/sert/docs/SERT-Run_and_Reporting_Rules.pdf)

7) <https://www.spec.org/fairuse.html#SERT>

## (2) SPECpower\_ssj2008

SMPE 값은 벤치마크 성능 값인 "SPECpower\_ssj2008 (ssj\_ops) at 100% load"를 사용할 수 있다. SPECpower\_ssj2008은 볼륨 서버급 및 다중 노드 급 컴퓨터의 전력 및 성능 특성을 평가하는 업계 표준 SPEC 벤치마크이다. 이는 서버 성능과 함께 전력 전력을 측정하는 수단을 제공한다. 서버 제조업체는 일반적으로 SPEC 벤치마크를 사용하여 제품을 평가한 다음 일반적으로 결과를 SPEC에 제출한다. 사용자는 SPEC 웹사이트에 명시된 최신 버전의 SPECpower\_ssj2008을 사용해야 한다. SPECpower\_ssj2008을 통해 SMPE 값을 구하기 위해 제조업체가 제공한 승인된 데이터를 사용하거나 실제 측정값을 사용한다. SPECpower\_ssj2008 인증 데이터는 SPEC에서 관리하는 웹사이트<sup>8)</sup>를 통해 확인할 수 있다. 승인된 데이터가 아닌 실제 측정을 수행할 때는 일부 라이선스 비용과 측정을 위한 추가 장비가 필요하다. 측정 결과가 올바르게 측정되고 결과가 적절한 방식으로 사용되도록 관리하기 위해 SPECpower\_ssj2008을 실행하기 위한 요구사항이 존재하며, ITEEsv에 대해 수집된 벤치마크 결과는 SPEC에 지정된 실행 및 보고 규칙<sup>9)</sup>과 공정한 사용 규칙<sup>10)</sup>을 준수해야 한다.

## (3) LINPACK

SMPE 값은 LINPACK(Linear Algebra Package)의 벤치마크 값을 활용할 수 있다. LINPACK은 선형 방정식과 선형 최소제곱 문제를 분석하고 해결하는 FORTRAN 서브루틴 모음이다. LINPACK은 슈퍼컴퓨터용으로 설계되었으며, 1970년대부터 1980년대 초반 사이에 개발되었다. TOP500<sup>11)</sup> 목록을 위한 슈퍼컴퓨터의 벤치마킹 및 순위 지정에는 여전히 사용되고 있다. 고성능

---

8) SPECpower\_ssj2008 Benchmark

([http://www.spec.org/power\\_ssj2008/](http://www.spec.org/power_ssj2008/))

9) [https://www.spec.org/power/docs/SPECpower\\_ssj2008-Run\\_Reporting\\_Rules.pdf](https://www.spec.org/power/docs/SPECpower_ssj2008-Run_Reporting_Rules.pdf)

10) [https://www.spec.org/fairuse.html#POWER\\_Ssj2008](https://www.spec.org/fairuse.html#POWER_Ssj2008)

11) TOP500 : 세계에서 가장 강력한 500대의 컴퓨터 시스템을 순위별로 나열하고 자세한 설명을 제공하는 프로젝트

컴퓨팅 서버의 경우 HPL(High Performance Linpack)인 LINPACK의 참조 구현이 SMPE에 적합하다.

#### 나) SMPO 측정 옵션

SMPE에 대해 선택된 벤치마크가 성능과 전력 값을 모두 제공하는 경우 SMPO에 대한 측정 옵션은 SMPE에 대한 벤치마크 방법과 동일해야 한다. SMPE에 대해 선택한 벤치마크가 전력 값을 제공하지 않는 경우 서버 제조업체로부터 SMPO 데이터를 구하거나 측정하는 것이 권장된다.

##### (1) 전력 측정을 포함하는 벤치마크를 위한 SMPO 측정 옵션

SMPE 측정 옵션에 나열된 벤치마크 중 SERT와 SPECpower\_ssj2008은 성능과 전력 정보를 모두 제공한다. SERT 벤치마크를 활용한 경우, SMPO 값에는 "Watts at highest load level"이라는 SERT 값을 사용해야 한다. SPECpower\_ssj2008 벤치마크를 활용한 경우, SMPO 값에는 "average active power (W) of SPECpower\_ssj2008 at 100% load"를 사용해야 한다.

##### (2) 전력 측정을 포함하지 않는 벤치마크를 위한 SMPO 측정 옵션

SMPE에 대해 선택한 벤치마크에 전력 측정이 포함되지 않은 경우 SMPO 데이터를 서버 제조업체로부터 제공받거나 측정이 진행되어야 한다. 대부분의 제조업체는 서버 제품에 대한 전력 사용량 계산기를 제공하고 서버 구성에 대한 총 전력 소비량에 대한 데이터를 제공하는데, 이러한 전력 데이터를 SMPO 값을 구하기 위해 활용할 수 있다. SMPO 값을 구하기 위해 서버 전력을 측정하는 경우 최대 성능 상태에서 최대 전력 소비를 측정하는 것이 권장된다. SMPO 측정을 위해 고품질 전력계를 이용한 정밀한 전력 관리가 필요하며, 전력을 수집하는 메커니즘이 포함되지 않는 벤치마크의 경우 SPEC에서 제공하는 문서를 참고하여 전력 측정 모범 사례를 따르는 것이 권장된다.

### 3. TTA.KO-09.0096

해마다 에너지 사용량이 급증하면서 우리나라뿐만 아니라 전 세계적으로 IT 분야의 전력 효율을 개선하기 위한 움직임이 활발하다. 그중 많은 관심을 받고 있는 분야는 데이터센터의 에너지 효율성 개선이다. 규모에 따라 수백에서, 많게는 수십만 대에 달하는 서버, 스토리지, 네트워크 장비들을 24시간 가동하는 동안 어마어마한 양의 전력이 사용되며, 이 과정에서 뜨거운 장비들을 냉각하기 위해서도 많은 양의 에너지가 소모된다. 국제에너지기구(IEA, International Energy Agency)에서는 데이터센터에 대한 IT 장비 및 냉각 효율성이 크게 개선되었음에도 불구하고 대규모 데이터센터에서 처리하는 작업 부하가 급격히 증가하면서 지난 몇 년 동안 에너지 사용량이 매년 20~40%씩 크게 증가한다고 분석한다<sup>12)</sup>. 이와 관련하여 국내에서는 전력 소비효율 지수(PUE, Power Usage Effectiveness)를 기반으로 데이터센터의 전력 효율 측정 기준을 정한 표준이 제정되어 있으나, 서버 자체의 전력 효율 향상 지표에 대한 표준은 부족한 실정이다. TTA.KO-09.0096 표준에서는 서버 종류별(단일노드, 블레이드, 다중노드) 유휴 상태의 전력 소비량을 기반으로 소모 전력 효율을 산정하는 방법을 제시한다. 작업 부하가 적용되었을 때 소비전력 대비 성능을 SPEC SERT를 이용한 성능 시험 결과를 기반으로 성능 효율 점수를 산정하는 지표를 정의하고 이를 활용하여 서버 제품의 유휴 및 부하 상태의 전력 효율을 비교할 수 있는 기준을 제시한다.

#### 가. 유휴 상태의 서버 소모 전력 효율 기준

TTA.KO-09.0096 표준은 서버 종류별 유휴 상태의 기존 전력 소모량 산정 기준을 정의하기 위해 'ENERGY STAR® Program Requirements Product Specification for Computer Servers, Eligibility Criteria Version 2.0'을

---

12) IEA - Tracking Data Centres and Data Transmission Networks

참고하였으며, 이를 응용하여 각 서버 제품 종류별 서버 전력 효율 지표를 제안한다.

### 1) 단일노드 서버

단일노드 서버는 적어도 하나의 프로세서와 시스템 메모리 및 저장장치를 포함하여 독립적 컴퓨팅 기능이 가능하고, 전원 공급 장치를 다른 서버와 공유하지 않는 서버를 의미한다. 단일노드 서버가 유힬 상태인 경우의 소모 전력 효율 지수는 다음과 같은 수식을 통해 산출된다.

$$P_{SSE-INDEX} = \alpha \times P_{SINGLE-IDLE}$$

$P_{SSE-INDEX}$ 는 단일서버가 유힬 상태일 때 수식을 통해 산출된 소모 전력 효율 지수를 나타낸다.  $P_{SINGLE-IDLE}$ 는 측정 대상인 단일노드 서버가 유힬 상태일 때 실제 측정된 소모 전력 수준을 나타내며,  $\alpha$ 는 단일노드 서버의 유힬 상태 전력 상수를 나타낸다.

### 2) 블레이드 서버

블레이드 서버(blade server)는 물리 공간과 에너지 이용을 최소화하는 데 최적화된 모듈러 설계를 갖춘 서버를 의미한다. 고밀도 서버라고도 부르며, 적어도 하나의 프로세서와 시스템 메모리를 포함하여 독립적 컴퓨팅 기능이 가능하다. 블레이드 서버의 운영을 위해서는 블레이드 샤페의 전원 공급 장치나 냉각장치(쿨러) 등의 자원을 공유하여 사용해야 한다. 블레이드 서버 한 대당 유힬 상태의 소모 전력 효율 지수는 다음과 같은 수식을 통해 산출된다.

$$P_{BLADE-IDLE} = \frac{P_{TOT-BLADE-IDLE}}{N_{INST-BLADE-SRV}}$$

$P_{BLADE-IDLE}$ 는 블레이드 서버 한 대당 유휴 상태 전력 소모 기준을 나타낸다.  $P_{TOT-BLADE-IDLE}$ 는 측정 대상인 블레이드 서버 전체의 소모 전력을 나타내며, 동일한 랙 내의 서버 전체가 유휴 상태일 때 측정되는 값이다.  $N_{INST-BLADE-SRV}$ 는 측정 대상인 블레이드 랙 안에 설치된 블레이드 서버의 수를 나타낸다. 이렇게 산출된 블레이드 서버에 대한 유휴 상태 소모 전력을 통해 블레이드 서버의 유휴 상태 소모 전력 효율 지수는 다음과 같은 수식을 통해 산출된다.

$$P_{BSE-INDEX} = \beta \times P_{BLADE-IDLE}$$

$P_{BLADE-IDLE}$ 는 이전 수식을 통해 산출된 측정 대상인 블레이드 서버 한 대당 유휴 상태 소모 전력을 나타내며,  $\beta$ 는 측정 대상인 블레이드 서버의 유휴 상태 전력 효율 상수를 나타낸다.

### 3) 다중노드 서버

다중노드 서버는 동일한 내부 공간과 하나 이상의 전원 공급 장치를 공유하는 둘이나 그 이상의 독립 서버 노드를 가지는 서버를 의미한다. 다중노드 서버 안에는 전력이 공유된 전원 공급 장치를 통해 모든 노드에 공급되며, 다중노드 서버 내의 서버 노드는 핫 스와핑(hot swapping)<sup>13)</sup>이 가능하도록 설계되지 않았다. 이러한 특징을 가진 다중노드 서버의 한 대당 유휴 상태 소모 전력은 다음과 같은 수식을 통해 산출된다.

$$P_{NODE-IDLE} = \frac{P_{TOT-NODE-IDLE}}{N_{INST-NODE-SRV}}$$

---

13) 핫 스와핑(hot swapping) : 서버나 컴퓨터와 같은 기기의 구성 요소를 컴퓨터가 동작하는 도중에 제거하고 바꿀 수 있는 기능 즉, 서버나 컴퓨터에서 서비스를 중단하지 않고 새로운 하드웨어를 추가하거나 교체하기 위해 개발된 기술

$P_{NODE-IDLE}$ 는 측정 대상인 다중노드 서버 한 대당 유휴 상태 전력 소모 기준을 나타내며,  $P_{TOT-NODE-IDLE}$ 는 측정된 다중노드 서버 전체 유휴 상태 소모 전력을 나타낸다.  $N_{INST-NODE-SRV}$ 는 측정 대상인 다중노드 세시 안에 설치된 다중노드 서버의 수를 나타낸다. 이를 활용하여 다중노드 서버에 대한 유휴 상태의 소모 전력 효율 지수를 다음과 같은 수식을 통해 산출한다.

$$P_{NSE-INDEX} = \gamma \times P_{NODE-IDLE}$$

$P_{NODE-IDLE}$ 는 이전 수식을 통해 산출된 다중노드 서버 한 대당 유휴 상태 소모 전력을 나타내며,  $\gamma$ 는 다중노드 서버의 유휴 상태 전력 효율 상수를 나타낸다.

#### 나. 작업 부하 상태의 서버 소모 전력 효율 기준

서버가 작업 부하 상태에서의 소모 전력 값과 성능 효율은 기본적으로 SPEC에서 개발하고 있는 SERT라는 벤치마킹 도구를 이용하여 측정한다. SERT는 SPEC에서 개발한 성능 측정 도구 중의 하나로 미국 EPA의 요청에 의해 개발되었으며 서버 에너지 효율 측정을 목적으로 하고 있다. TTA.KO-09.0096 표준에서는 작업 부하 상태의 소모 전력을 측정하기 위해 SPEC SERT를 활용한다.

##### 1) 작업 부하 상태의 소모 전력 측정

작업 부하 상태의 소모 전력을 측정하기 위해서는 SPEC SERT를 이용하여 컨트롤러(Controller) 프로그램을 통해 측정 대상 서버의 CPU, 메모리, 스토리지 등 장치에 작업 부하를 가하여 각 장치별 성능과 함께 소모 전력을 측정한다. 이를 통해 서버가 운영 상태일 때의 효율과 소모 전력을 측정하여

소모 전력 대비 효율을 점수로 산정한다. SERT 설정 환경 조건은 다음과 같아야 한다.

- |  |
|--|
| (1) SERT 내의 Java class 파일은 수정되지 않아야 함<br>(2) 호스트와 클라이언트 JVM은 반드시 64-bit 여야 함<br>(3) 전력 측정 장치는 PTDaemon에 허용된 장치여야 함 |
|--|

SERT 메트릭 도구를 임의대로 수정하여 측정을 진행하지 않아야 하며, 운영 체제 및 JVM은 64비트만 지원하고 있기 때문에 호스트와 클라이언트 JVM은 반드시 64-bit 여야 한다. 전력 측정 장치는 SPEC에서 관리하는 웹 페이지<sup>14)</sup>를 통해 제공된 PTDaemon에 허용된 전력 분석기가 활용되어야 한다. TTA.KO-09.0096 표준에서 제시하는 서버 중 블레이드 서버와 다중노드 서버는 각 서버가 전원 공급 장치를 공유하기 때문에 SERT를 이용하여 성능 측정 시 동일한 새시 안에 포함된 모든 서버를 대상으로 전력 소모량과 성능을 측정해야 한다.

## 2) 작업 부하 상태의 서버 전력 효율 지표

작업 부하 상태의 서버 소모 전력으로서, SERT를 통해 구해진 결과에서 각 하드웨어 장치별 수행 성능(Normalized Performance)의 합계( $\Sigma$ Normalized Performance)와 소모 전력의 합계( $\Sigma$ Power(Watts))를 이용하여 각 장치별 단위 성능(Normalized Performance)당 소 전력은 다음과 같은 수식을 통해 산출된다.

$$P_{active} = CPU_{WPP} + Memory_{WPP} + Storage_{WPP} + Hybrid_{WPP}$$

$P_{active}$ 는 서버가 해당 성능(Normalized Performance)을 수행하기 위한 소모

---

14) [https://www.spec.org/power/docs/SPECpower-Device\\_List.html](https://www.spec.org/power/docs/SPECpower-Device_List.html)

전력(Watts) 즉, 수행 성능당 소모 전력을 나타낸다.  $WPP$ (Watts Per Performance)는 단위 성능당 소모 전력을 나타내며, 해당 성능을 수행하기 위한 서버 소모 전력(Watts)을 의미한다.  $CPU_{WPP}$ 는 서버 구성 장치 중 CPU에 가해지는 각 연산 수행 유형별  $WPP$  결괏값의 평균을 의미하며,  $Memory_{WPP}$ 는 메모리에 가해지는 각 연산 수행 유형별  $WPP$  결괏값의 평균,  $Storage_{WPP}$ 는 스토리지에 가해지는 각 연산 수행 유형별  $WPP$  결괏값의 평균,  $Hybrid_{WPP}$ 는 CPU, 메모리, 스토리지 전체에 가해지는 연산 수행에 대한  $WPP$  결괏값을 의미한다. 먼저,  $CPU_{WPP}$ 는 다음과 같은 수식을 통해 산출된다.

$$CPU_{WPP} = \left( \frac{1}{ES_{Compress}} + \frac{1}{ES_{CryptoAES}} + \frac{1}{ES_{LU}} + \frac{1}{ES_{SOR}} + \frac{1}{ES_{XMLvalidate}} + \frac{1}{ES_{Sort}} + \frac{1}{ES_{SHA256}} \right) \times \frac{1000}{7}$$

$ES_{Compress}$ 는 CPU에 Compress 연산을 이용한 작업 부하를 가하여 산출된 효율 점수,  $ES_{CryptoAES}$ 는 CPU에 CryptoAES 연산을 이용한 작업 부하를 가하여 산출된 효율 점수,  $ES_{LU}$ 는 CPU에 LU 연산을 이용한 작업 부하를 가하여 산출된 효율 점수,  $ES_{SOR}$ 는 CPU에 SOR 연산을 이용한 작업 부하를 가하여 산출된 효율 점수,  $ES_{XMLvalidate}$ 는 CPU에 XMLvalidate 연산을 이용한 작업 부하를 가하여 산출된 효율 점수,  $ES_{Sort}$ 는 CPU에 Sort 연산을 이용한 작업 부하를 가하여 산출된 효율 점수,  $ES_{SHA256}$ 는 CPU에 SHA256 연산을 이용한 작업 부하를 가하여 산출된 효율 점수를 나타낸다.  $Memory_{WPP}$ 는 다음과 같은 수식을 통해 산출된다.

$$Memory_{WPP} = \left( \frac{2.09}{ES_{Flood}} + \frac{4.7}{ES_{Capacity}} \right) \times \frac{1000}{2}$$

$ES_{Flood}$ 는 메모리에 Flood 연산을 이용한 작업 부하를 가하여 산출된 효율 점수를 나타내며,  $ES_{Capacity}$ 는 메모리에 Capacity 연산을 이용한 작업 부하를 가하여 산출된 효율 점수를 나타낸다.  $Storage_{WPP}$ 를 산출하기 위해 다음과 같은 수식을 활용한다.

$$Storage_{WPP} = \left( \frac{2.4}{ES_{Sequential}} + \frac{11}{ES_{Random}} \right) \times \frac{1000}{2}$$

$ES_{Sequential}$ 는 스토리지에 Sequential 연산을 이용한 작업 부하를 가하여 산출된 효율 점수를 나타내며,  $ES_{Random}$ 는 스토리지에 Random 연산을 이용한 작업 부하를 가하여 산출된 효율 점수를 나타낸다. 마지막으로  $Hybrid_{WPP}$ 는 다음과 같은 수식을 통해 산출한다.

$$Hybrid_{WPP} = \frac{1.12}{ES_{SSJ}} \times 1000$$

$Hybrid_{WPP}$ 를 산출하기 위한 수식에서  $ES_{SSJ}$ 는 CPU, 메모리, 스토리지에 모두 SSJ 연산을 이용한 작업 부하를 가하여 산출된 효율 점수를 나타낸다. 이와 같이 계산된  $CPU_{WPP}$ ,  $Memory_{WPP}$ ,  $Storage_{WPP}$ ,  $Hybrid_{WPP}$ 를 모두 합하여 산출되는  $P_{active}$  값의 정확성을 높이기 위해 동일한 서버에서 SERT를 이용하여 총 7번의 측정을 수행한다. 측정된 값 중 최댓값과 최솟값을 버리고 나머지 5개의 값의 평균을 계산하여 최종 결과값을 산정한다.

#### 다. 서버 소모 전력 효율 지표

앞서 산정한 서버 종류별(단일노드 서버, 블레이드 서버, 다중노드 서버) 유휴 상태의 소모 전력 효율 지수( $P_{SSE-INDEX}$ ,  $P_{BSE-INDEX}$ ,  $P_{NSE-INDEX}$ )와

서버 부하 상태의 소모 전력( $P_{active}$ )을 기반으로 서버 소모 전력 효율 지표를 산정하여 종류별 서버 제품의 전력 효율을 비교한다.

### 1) 단일노드 서버

단일노드 서버의 서버 전력 효율 지표는 다음과 같은 수식을 통해 산출된다.

$$TES_{SINGLE} = P_{SSE-INDEX} + P_{active}$$

단일노드 서버의 소모 전력 효율 지표를 나타내는  $TES_{SINGLE}$ 는 앞서 산출된 단일노드 서버의 유휴 상태의 소모 전력 효율 지수를 나타내는  $P_{SSE-INDEX}$ 와 작업 부하 상태의 서버 소모 전력을 나타내는  $P_{active}$ 을 합하여 산출한다. 이와 같이 산출된  $TES_{SINGLE}$  지표는 단일노드 서버의 전력 효율을 나타낼 때 활용될 수 있다.

### 2) 블레이드 서버

블레이드 서버의 서버 전력 효율 지표는 다음과 같은 수식을 통해 산출된다.

$$TES_{BLADE} = P_{BSE-INDEX} + \frac{P_{active}}{N_{INST-BLADE-SRV}}$$

$TES_{BLADE}$ 는 블레이드 서버의 소모 전력 효율 지수를 나타내며,  $P_{BSE-INDEX}$ 는 앞서 산출된 블레이드 서버의 유휴 상태의 소모 전력 효율 지수,  $N_{INST-BLADE-SRV}$ 는 측정 대상인 블레이드 새시 안에 설치된 블레이드 서버의 수를 나타낸다. 블레이드 서버는 여러 대의 블레이드 서버가 동일한 전원 공급 장치를 공유하므로 작업 부하 상태의 서버 소모 전력을 나타내는  $P_{active}$ 를 블레이드 새시 안에 설치된 블레이드 서버의 수로 나누어 산출한다.

위의 수식과 같이 블레이드 서버의 전력 효율 지표는 블레이드 서버 하나당 유휴 상태의 소모 전력과 해당 서버의 성능을 위해 소모되는 전력의 합으로 산출된다.

### 3) 다중노드 서버

다중노드 서버의 서버 전력 효율 지표는 다음과 같은 수식으로 산출된다.

$$TES_{NODE} = P_{NSE-INDEX} + \frac{P_{active}}{N_{INST-NODE-SRV}}$$

다중노드 서버의 소모 전력 효율 지표를 나타내는  $TES_{NODE}$ 는 다중노드 서버의 유휴 상태일 때의 소모 전력 효율 지수를 나타내는  $P_{NSE-INDEX}$ 와 측정 대상인 다중노드 새시 안에 설치된 다중노드 서버의 수를 나타내는  $N_{INST-NODE-SRV}$ , 작업 부하 상태의 서버 소모 전력을 나타내는  $P_{active}$ 를 활용하여 산출된다. 다중노드 서버는 여러 대의 서버가 동일한 전원 공급 장치를 공유하므로 앞서 측정된  $P_{active}$ 를 동일한 다중노드 새시 안에 설치된 서버 노드의 수로 나누어 계산한다. 위의 수식과 같이 다중노드 서버의 전력 효율 지표는 다중노드 서버 하나당 유휴 상태의 소모 전력과 해당 서버의 성능을 위해 소모되는 전력의 합으로 산출된다.

## 4. TTA.KO-10.0764

데이터센터 에너지 효율 측정 지표 중 대표적으로 사용되는 전력 소비효율 지수(PUE, Power Usage Effectiveness)는 데이터센터의 전체 전력 중 IT 장비에 사용한 전력의 비율을 수치화한 것으로, 전기와 공조를 포함한 기반 설비들의 에너지 효율 정도를 의미한다. 전력 소비효율 지수는 건축, 전기, 공조, 보안 등 설비와 같은 비IT 장비를 포함하여 에너지 효율을 산출하고

있어 IT 장비 자체 즉, 서버에 대한 에너지 효율을 측정하기 어려운 단점이 존재한다. 이러한 어려움을 해소하기 위해 TTA.KO-10.0764 표준에서는 데이터센터의 IT 장비의 대다수를 차지하는 서버에 대한 에너지 효율을 측정하기 위한 측정 지표 및 측정 방법을 정의한다. 측정 대상 서버의 최대 성능 산출을 위해 APP(Adjusted Peak Performance), LINPACK, SPECpower\_ssj2008과 같은 서버 성능 벤치마크 도구를 적용하고, 최대 성능 상태에서의 전력 사용량 측정을 위해 직접 전력 사용량을 측정하거나 대상 서버의 벤치마크 결과 활용 및 서버들의 전원 공급 장치에 표시된 최대 전력 사용량이 활용될 수 있다.

#### 가. 서버 에너지 효율 정의

데이터센터에 설치된 서버의 에너지 효율을 향상시키기 위해 다음과 같은 두 가지 접근 방법을 활용할 수 있다.

- |                                     |
|-------------------------------------|
| (1) 단위 사용 에너지 당 높은 처리 능력을 가진 서버의 도입 |
| (2) 가상화 기술을 통한 서버의 사용 효율 향상         |

이러한 접근 방법은 각각 독립적으로 시행되어 데이터센터에 설치된 서버들의 에너지 효율을 향상시킬 수 있으며, 이 중 TTA.KO-10.0764 표준에서 정의하는 서버 에너지 효율은 첫 번째 접근 방법인 단위 사용 에너지 당 높은 처리 능력을 나타내는 서버를 판정하기 위한 지표이다.

##### 1) 서버 에너지 효율 측정 방법

서버 에너지 효율을 계산하기 위해 단일서버의 벤치마크된 최대 성능 값과 단일서버가 최대 성능을 나타낼 때의 전력 사용량을 측정하는 방법을 결정해야 한다. 또한, 데이터센터 운영자는 서버 에너지 효율을 계산하는데 필요한 방법을 적절히 선정해야 하며, 측정 방법 선정 시 운용 중인

데이터센터의 상황과 용도 등을 고려해야 한다. TTAK.KO-10.0764 표준에서는 단일서버의 최대 성능과 단일서버의 최대 전력 사용량을 측정하는 방법들을 제시한다.

### 가) 단일서버의 최대 성능 측정 방법

단일서버의 최대 성능의 측정을 위해 다음과 같은 서버 벤치마킹 방법을 활용할 수 있다.

#### (1) 조정 최대 성능 (APP, Adjusted Peak Performance)

APP 벤치마크 측정값을 단일서버의 최대 성능 값으로 활용할 수 있다. APP는 미국 산업안보국(U.S. Department of Commerce's Bureau of Industry and Security(BIS))에서 개발된 방법으로 가전 용도의 CPU 프로세서의 성능을 측정하는 방법이다. APP는 손쉽게 측정 가능하며, 소프트웨어 사용권, 정부의 감사에 독립적으로 사용될 수 있으며, 대상 서버의 성능을 하나의 수치로 표현할 수 있다.

#### (2) LINPACK

LINPACK(Linear Algebra Package)은 선형 방정식과 선형 회귀분석 문제에 대한 해결을 위해 FORTRAN 서브루틴으로 구성된 프로그램으로, 1970년대에 개발되었다. LINPACK은 현재까지 매년 TOP500 슈퍼 컴퓨터를 선정하기 위한 벤치마크 프로그램으로 사용되고 있다.

#### (3) SPECpower\_ssj2008

SPECpower\_ssj2008 벤치마크는 산업 표준으로 사용되는 SPEC(Standard Performance Evaluation Corp) 벤치마크로, 대용량 서버 및 여러 개의 컴퓨팅 노드가 탑재된 컴퓨터의 전력 사용량 및 성능을 측정 및 평가하기 위한 방법이다. SPECpower\_ssj2008 벤치마크는 AC 전력상에서 서버의 전력

사용량과 성능을 동시에 측정할 수 있다. SPECpower\_ssj2008 벤치마크를 활용하여 단일서버의 최대 성능을 계산하는 방법은 측정 대상 서버의 공개된 측정 데이터를 활용하거나 측정하고자 하는 서버에 대한 실측을 수행하는 방법이 있다.

#### 나) 단일서버의 최대 전력 사용량 측정 방법

단일서버의 최대 전력 사용량 측정을 위해 최대 성능 상태에서의 전력 사용량을 실측하거나 공개된 벤치마크 데이터 활용 또는 서버 전원 공급 장치에 표시된 전력 사용량을 활용하는 방법이 있다. 데이터센터에 도입된 서버에 대한 최대 성능 상태에서의 전력 사용량 측정을 통해 단일서버에 대한 최대 전력 사용량의 값을 가장 정확히 측정할 수 있다. 또한, 데이터센터 내에 설치된 모든 서버를 대상으로 벤치마크 성능 도구를 통한 측정이 가능하다면 각 단일서버의 최대 전력 사용량을 정확히 계산할 수 있으며, 서버의 100% 부하 상태에서의 평균 전력 사용량은 단일서버의 최대 전력 사용량 값으로 사용될 수 있다. 마지막으로, 데이터센터 내에 설치된 서버의 전원 공급 장치에 표시된 최대 전력 사용량을 이용하여 직접적인 측정을 수행하지 않고 단일서버의 최대 전력 사용량을 계산할 수 있다. 그러나 전원 공급 장치에 표시된 최대 전력 사용량과 서버의 실제 최대 부하 상태에서의 전력 사용량이 다를 수 있어 단일서버의 최대 전력 사용량 값의 정확도가 떨어질 수 있다.

#### 2) 단일서버 에너지 효율

단일서버 에너지 효율은 다음과 같은 수식을 통해 단일서버의 최대 성능과 최대 전력 사용량( $kW$ )의 비율로 산출된다.

$$\text{단일 서버 에너지 효율}_{Perf} = \frac{\text{단일 서버의 최대 성능}}{\text{단일 서버의 최대 전력 사용량}}$$

단일서버의 최대 성능은 서버 성능 벤치마크 도구를 사용하여 측정된 서버의 최대 성능을 의미하며, 단일서버의 최대 전력 사용량은 단일서버가 최대 성능을 나타낼 때의 전력 사용량을 의미한다. 위와 같은 수식에서 서버의 최대 성능은 서버의 성능을 측정하는 방법에 따라 다양하게 정의될 수 있으며, 기술된 서버 성능 측정 방법에 따른 서버의 성능은 아래 표와 같이 정의된다.

<표 2-7> 서버 성능 측정 방법별 성능 정의

서버 성능 측정 방법	서버 성능 정의
Adjusted Peak Performance (APP)	- Weighted TeraFLOPS (WT) (CPU 사이클 당 수행 가능한 부동 소수점 연산의 수) - 서버 성능 계산시의 가중치는 0.9(백터 프로세서), 0.3(비 백터 프로세서)로 각각 정의됨
LINPACK	- FLOPS (컴퓨터가 초당 수행할 수 있는 64비트 부동소수 점연산의 수)
SPECpower_ssj2008	- 컴퓨터가 초당 수행할 수 있는 Java 연산의 수 - 수행되는 Java 연산은 SPEC에서 정의

위의 표에서 어떤 서버 성능 측정 방법을 활용하는지에 따라 다음과 같이 첨자로 표시될 수 있다.

- |   |
|---|
| <p>(1) 단일서버 에너지 효율<sub>APP</sub> : APP 측정 방법 적용</p> <p>(2) 단일서버 에너지 효율<sub>LIN</sub> : LINPACK 측정 방법 적용</p> <p>(3) 단일서버 에너지 효율<sub>SPC</sub> : SPECpower_ssj2008 측정 방법 적용</p> |
|---|

앞서 정의한 단일 서버 에너지 효율<sub>Perf</sub>을 산출하는 수식을 통해 단일서버 에너지 효율의 값이 큰 서버 장비는 단위 사용 에너지당 성능이 좋은 것으로 판정할 수 있으며, 단일서버 에너지 효율 값이 큰 서버들을 도입함으로써 데이터센터 내에 설치된 IT 장비들의 에너지 사용량 및 데이터센터 전체의 에너지 사용량 절감을 달성할 수 있다.

### 3) 데이터센터 서버 에너지 효율

데이터센터 서버 에너지 효율은 데이터센터 내에 설치된 대상 서버 전체의 효율로 나타낼 수 있으며, 데이터센터 서버 에너지 효율은 다음과 같은 수식으로 산출된다.

$$\text{데이터센터 서버 에너지 효율}_{Perf} = \frac{\text{데이터센터 서버의 최대 성능}}{\text{데이터센터 서버의 최대 전력 사용량}}$$

위 수식에서 데이터센터 서버의 최대 성능은 벤치마크 성능 도구를 통해 측정된 각 서버 장비에 대한 최대 성능의 총합을 의미하며, 데이터센터 서버의 최대 전력 사용량은 각 서버 장비가 최대 성능을 나타낼 때의 전력 사용량의 총합을 의미한다. 위 수식에서 데이터센터 서버 에너지 효율 값은 데이터센터 서버의 최대 성능 측정에 사용된 벤치마크 방법(APP, LINPACK, SPECpower\_ssj2008)이 첨자로 표시된다. 위 수식을 통해 산출된 데이터센터 서버 에너지 효율의 값이 클수록 데이터센터 내에 높은 효율을 가진 서버 장비들이 설치되어 있다고 판단할 수 있다.

## 제 2 절 서버 에너지 절감 기술 동향

서버 제조사 및 연산처리장치 등을 포함한 많은 컴포넌트 제조회사는 환경문제로 인한 에너지 절감, 또는 장치의 모바일화 등으로 인한 시장이나 고객의 수요에 따라 전력 관리가 중요해지고 있다. 안정적인 성능을 발휘하면서 에너지를 절감하기 위해 여러 가지 전성비 향상 기술 등이 연구되고 출시되고 있다.

그중 서버의 에너지 사용량에 가장 많은 영향을 미치는 것은 CPU인데, 여러 전력 관리 기술 중 CPU 전력 관리 기술의 다양한 기술들을 중점적으로 살펴보고자 한다.

CPU의 전력 소모는 코어의 연산속도를 좌우하는 클럭(clock) 속도와 동작전압, 코어 개수 등에 의해 전력 소모량이 결정된다. 그리하여 소비되는 CPU 전력을 줄이기 위해 정규 클럭수 보다 낮게 동작하도록 하는 언더클럭 기술이나, 동작전압을 낮추는 언더볼팅 혹은 유휴 상태(idle)와 능동 상태(active)의 두 가지 상태에 따라 다른 시나리오를 구성하여 전력 소모를 줄이는 등의 기술이 있다.

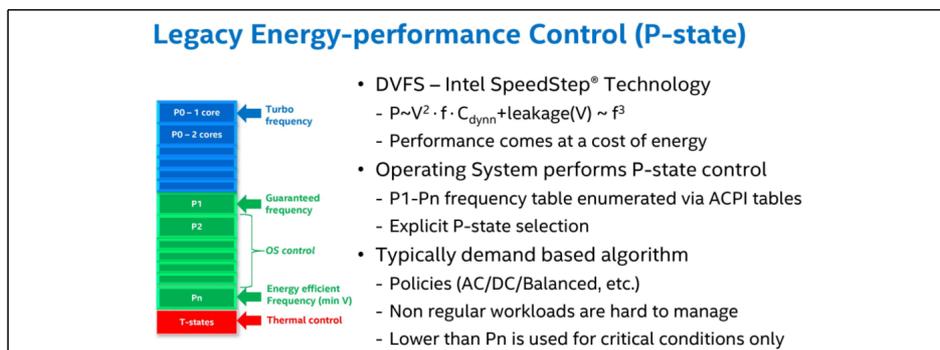
## 1. 다운클럭/언더클럭

CPU의 언더클럭(underclocking)은 CPU의 클럭 속도를 제조업체가 지정한 기본 속도보다 낮게 설정하는 것을 말한다. 이는 주로 성능을 희생하여 전력 소비를 줄이거나, 시스템의 열을 줄이기 위해 사용된다.

### 가. Speed Step

인텔이 1999년 발표한 기술로서, 동적으로 전압과 클럭을 조정\*하여 사용량에 따라 CPU의 전원 및 소비전력을 제어할 수 있다. ACPI 규격에 따라 CPU의 전력 상태는 글로벌 상태(G-State)와 시스템 상태(S-State), 프로세서 상태(C-state)와 성능 상태(P-state)로 계층화 되어있다. 스피드스텝 기술은 P-state에서 부하에 따라 전압과 클럭을 동적으로 조정해 소비전력을 관리하는 기술이다.

[그림 2-2] ACPI 규격에 따른 CPU 전력 상태 (P-state)



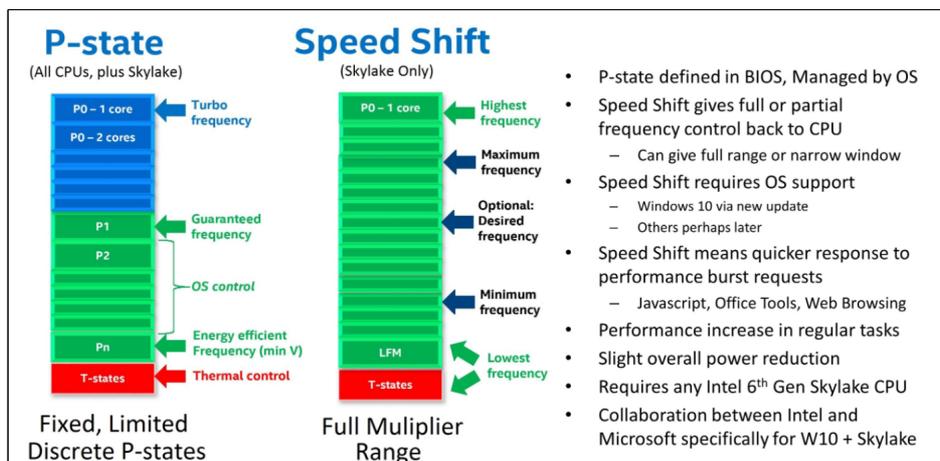
출처: anandtech.com

## 나. Speed Shift

스피드 쉬프트(Speed Shift)"는 인텔이 제공하는 기술로서, 이 기술의 목표는 운영 체제가 프로세서의 성능을 관리하는 것에서 벗어나 프로세서 자체가 그것을 관리하도록 하는 것이다. 인텔의 6세대 코어 프로세서인 Skylake 부터 적용되었다.

스피드 쉬프트는 운영 체제가 P-State의 일부 또는 전체 제어를 포기하고 그 제어를 프로세서에게 넘기는 것이다. 이로 인해 크게 두 가지 이점이 있다. 첫째, 프로세서가 주파수를 빠르게 조정하는 것이 운영 체제가 제어하는 것보다 훨씬 빠르다. 둘째, 프로세서는 상태에 대한 더 미세한 제어를 가질 수 있으므로 주어진 작업에 대한 최적의 성능 수준을 선택하고 따라서 에너지를 덜 사용할 수 있다. 스피드 쉬프트의 CPU 제어로 인해 특정 주파수에서의 점프가 20~30밀리초에서 대략 1밀리초로 줄어들며, 효율적인 전력 상태에서 최대 성능으로 바꾸는 것은 100밀리초에서 대략 35밀리초로 줄어들게 된다<sup>15)</sup>.

[그림 2-3] speed step과 speed shift 비교



출처: anandtech.com

15) 출처: Intel Speed Shift, ANANDTECH

#### 다. Cool'n'Quiet(쿨엔콰이어트), PowerNow

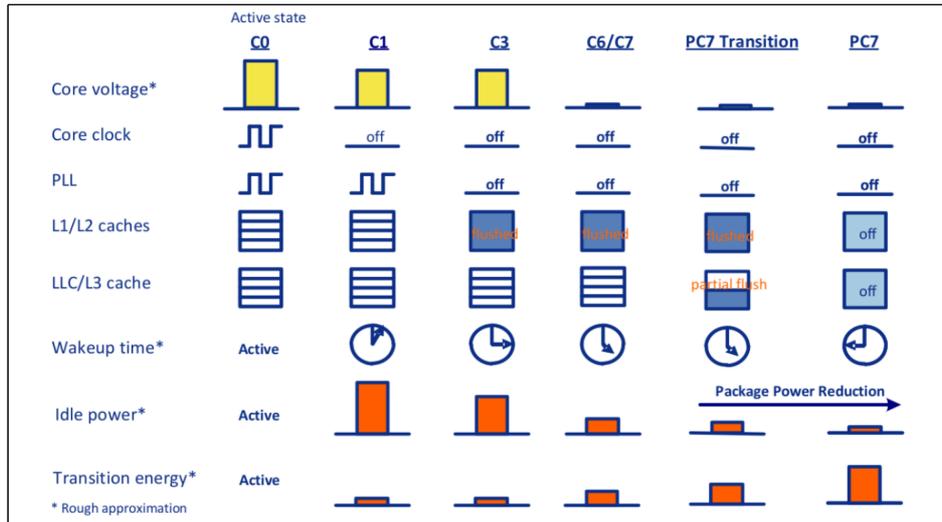
AMD 프로세서의 전력 관리 기술. 이 기술은 프로세서의 전력 소비를 효율적으로 관리하여 열을 낮추고 소음을 줄이는 데 도움을 준다. Cool'n'Quiet과 PowerNow 는 인텔의 speed-step과 비슷하게 프로세서의 작업 부하에 따라 동적으로 클럭 속도와 전압을 조절하여 전력 소비를 최적화한다.

## 2. 절전모드

### 가. C-state(idle)

사용 중인 능동 상태에서 전력 소비를 최적화하도록 설계된 P-State와 달리 C-State는 유휴 상태(idle)에서 전력 소모를 최적화하여 줄이는데 사용되는 기술이다. Enhanced Halt State 라고도 불린다. 단계에 따라 CPU의 C state를 변경하면서 소모 전력을 낮춘다. C-state는 아래와 같은 단계를 가지고 있으며 숫자가 커질수록 전력 절감 효과가 크다.

[그림 2-4] C-state의 단계별 특징



출처: www.thomas-krenn.com

### 나. ARM big.LITTLE

ARM에서 개발된 이기종 다중 처리(HMP), 컴퓨팅 아키텍처로 상대적으로 전력 소모가 적은 저성능 코어(LITTLE)들과 전력 소모가 많은 고성능 프로세서 코어(big)들을 함께 탑재하는 구조를 말한다. 일반적으로 두 종류의 코어들 중 한쪽만이 활성화되어 작동하며, 코어들이 동일한 메모리 영역을 사용하므로 상황에 따라 작업이 big 코어와 LITTLE 코어 사이에서 동적으로 할당된다. 일반적으로, 빅리틀 아키텍처는 MPSoC 시스템을 만드는 데 사용된다. 이러한 구조의 목적은 멀티코어 환경에서 계산된 필요량에 따라 동적으로 코어를 할당함으로써 단순히 클럭을 조절하는 것보다 더 높은 수준의 전력 소모 절감을 달성하는 것이다. ARM의 마케팅 자료에 의하면 특정 상황에서 최대 75%까지 전력 소모 절감이 가능하다. 빅리틀 구조가 적용된 최초의 프로세서는 2011년 10월 발표된 Cortex-A7이었으며, 이 프로세서는 Cortex-A15와 구조적인 호환성을 갖도록 설계되었다. 2012년 10월에 ARM은 Cortex-A53와 Cortex-A57(ARMv8) 코어들을 발표했다, 이 프로세서들 또한 서로 호환되어 빅리틀 칩 안에서 함께 사용하는 것이 가능하다. 이후 2013년에는 Cortex-A12, 2014년 2월에는 Cortex-A17이 발표되었으며, 두 코어는

Cortex-A7과 함께 모두 한 칩 내에서 빅리틀 구조로 사용할 수 있다.

### 제 3절 서버 에너지 측정 도구 동향

<표 2-8> 서버 에너지 측정도구 요약 표

벤치마크	SPECpower	SERT	MLC power
관리 기관	SPEC.org	SPEC.org	MLCommons
워크로드(부하)	OLTP(전자상거래 시스템 모의 부하)	워크로드 11종 (압축, 산술, OLTP 등)	AI 학습, 추론 연산
전력 계측 방법	PTDaemon tool 사용		
대기전력	확인		미확인
특징	공개형 벤치마크	비공개	공개형 벤치마크

#### 1. SPEC Power

SPEC(스펙)<sup>16)</sup>은 컴퓨터 및 마이크로프로세서 공급자들이 벤치마크 테스트의 표준을 만들기 위해 1988년에 설립한 비영리기관이다. 이 단체가 개발한 성능 평가 기준 프로그램을 스펙 벤치마크라고 부른다. 스펙에서는 매 분기마다 각 시험에 관한 결과를 취합하고 검토하여 각 분과의 페이지에 스폰서 별 시험 결과를 게재하여 공개한다. 각 결과는 테스트 스폰서, 테스트 환경, 벤치마크 성능 수치, 테스트 날짜, 테스트 대상 제품 등 다양한 정보를 포함하고 있다. 주요 벤치마크로는 JAVA 웹 서버 성능을 평가하는 SPECjbb, CPU 성능을 평가하는 SPEC CPU, 워크스테이션 성능을 평가하는 SPECworkstation 등이 있다.

SPECpower\_ssj2008은 서버급 컴퓨터의 전력 효율성(전성비)를 평가하기 위한 1세대 SPEC 벤치마크이다. 2008년 SPEC에서 개발 및 출시된 벤치마크로

16) SPEC: Standard Performance Evaluation Corporation, 컴퓨터 시스템의 성능 평가 기준 검사(benchmark test)를 개발하기 위하여 1988년에 애플로 컴퓨터사, 휴렛 팩커드(HP)사, 미스 컴퓨터 시스템사, 선 마이크로시스템사 등에 의해 결성된 비영리 단체. 컴퓨터의 성능을 측정하기 위한 성능 평가 기준 테스트 프로그램의 개발과 테스트를 한다.

써, 시험에 필요한 장비 및 구성 요소는 SUT(시험대상서버), Power Analyzer(전력 계측기), 온도 센서, 컨트롤러(CCS) 그리고 소프트웨어(ssj 워크로드, PTD 데몬, CCS, VAM)이 있다. 시험을 위한 진행 순서로는 장비 설정(운영 체제 및 환경 세팅) 및 소프트웨어 설치, SUT 구성 및 실행 및 분석으로 진행된다.

## 가. 시스템 설치 및 구성

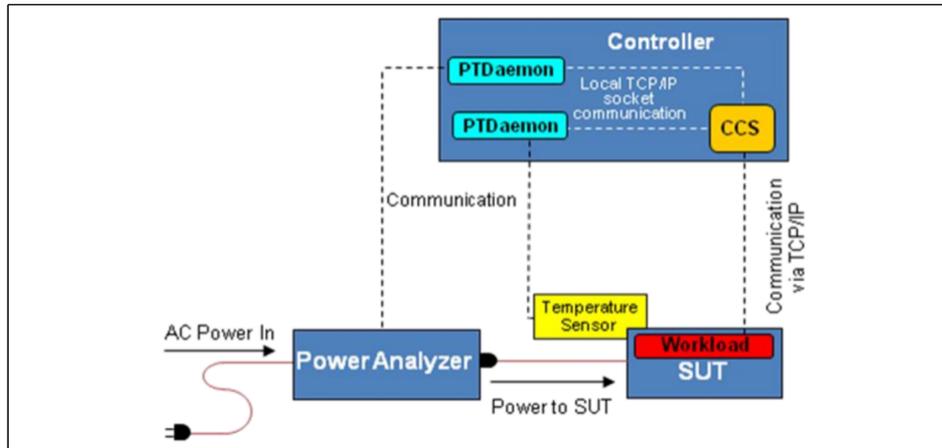
### 1) 하드웨어 구성

- 컨트롤러: 컨트롤러 서버; SUT의 전력 사용 정보 및 온도 워크로드를 수행하는 데 필요한 컨트롤러 서버(CCS). 전체 시험을 제어하고 센서를 통해 수집되는 데이터를 관리한다. 또한 시각화 도구를 통하여 성능 수치와 수집 데이터 등을 실시간으로 모니터링 할 수 있다.
- 테스트 대상 서버(SUT): 워크로드가 설치되고 실행되는 위치. 해당 서버를 대상으로 벤치마크 부하를 발생시킨다.
- 전력 계측기: SUT는 전력 분석기를 거쳐서 전원이 공급되며 이를 통해 전력 분석기는 SUT가 소비하는 전력을 측정한다. 해당 벤치마크에서 호환되는 전력 분석기는 SPEC.org에서 확인할 수 있다<sup>17)</sup>.
- 온도 센서: 온도 센서는 SUT가 벤치마킹하는 환경의 온도를 포착하기 위해 사용되며 테스트 대상 서버의 공기 흡입구 앞 5mm 이내로 위치시키도록 하며, 공정한 시험 결과를 위해 허용되는 주변 환경의 최저온도를 제한하고 있다. 해당 벤치마크에서 호환되는 온도 센서는 SPEC.org에서 확인할 수 있다.

[그림 2-5] SPECpower\_ss2008 시험환경 구성

---

17) [https://www.spec.org/power/docs/SPECpower-Device\\_List.html](https://www.spec.org/power/docs/SPECpower-Device_List.html)



출처: SPECpower\_ssj2008 User Guide

## 2) 소프트웨어 구성

- Java Runtime Environment (JRE) 설정: 워크로드 실행을 위해 자바 런타임 환경을 SUT와 컨트롤러 서버에 설치한다.
- Power & Temperature Daemon (PTDaemon): 전력 계측기와 온도 센서 제어를 위해 컨트롤러 서버에 설치한다.
- SUT를 컨트롤러 서버와 분리하여 원격으로 테스트를 수행할 경우 JVM Director를 설치한다.
- 워크로드: SPECpower\_ssj2008은 자바기반의 애플리케이션 워크로드이며, 측정 대상 시스템, SUT에 설치한다.

## 3) 네트워크 및 시스템 구성

- 각각의 구성 요소들을 연결하고 통신 및 호환 가능하도록 설정하기 위하여, 하드웨어의 드라이버 설치 및 네트워크(TCP/IP)를 설정한다.

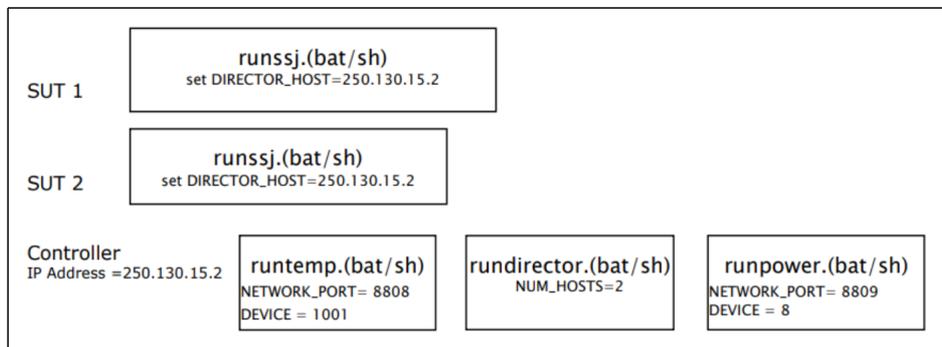
### 나. SPECpower\_ssj2008 실행

#### 1) 실행 절차

- CCS.props파일 설정: 전력 분석기 및 온도센서 할당(IP, Port, 모델 등 설정)
- 통신설정 구성: CCS.ptd.device.type, CCS.ptd.device.port

- 각 장치에 실행 스크립트(runscript)를 설정하고 실행을 준비한다.
- runpower, runtemp 스크립트를 실행하여 각 센서가 연결이 잘 되었는지 확인한다.
- SSJ 디렉토리에서 runssj 스크립트를 실행한다.
- SSJ 디렉토리에서 rundirector 스크립트를 실행한다.
- CCS 디렉토리에서 runCCS 스크립트를 실행하여 벤치마크를 수행한다.

[그림 2-6] SPECpower\_ssj2008 멀티노드 시험환경 구성



출처: SPECpower\_ssj2008 User Guide

## 2) 결과 분석 및 모니터링

- 벤치마크 실행이 완료되면 CCS 스크립트는 reporter를 호출하여 벤치마크 수행 중에 발생한 raw 데이터를 통해 HTML 파일의 형태로 테스트 결과 파일을 출력한다.
- 모니터링: VAM(Visual Activity Monitor)은 SPECpower\_ssj2008 벤치마크 실행 중 수집된 데이터를 기반으로 실시간 그래픽 표현을 제공하도록 설계된 Java 기반 소프트웨어 도구로써, 테스트 도중 실시간으로 성능을 확인하고 조율하는 데 유용하게 사용될 수 있다.

### 다. SPECpower\_ssj2008 결과 보고

테스트는 부하의 크기에 따라 총 11단계로 구성이 되며 3번의 교정작업을 통해 평균을 산출하여 최대 부하량이 설정된다. 각 단계에서의 전자상거래 시스템 워크로드의 성능은 쓰루풋 성능인 ssj\_ops(server side java operations

per second)로 산출된다. 최대 부하인 100% 부하부터 10%씩 감소시켜 10% 부하 마지막으로 0%인 유휴 상태에서도 성능을 집계하여 최종점수인 total ssj\_ops/watt로 환산된다.

$$\text{total ssj\_ops/watt} = \frac{\text{target load 1 ssj\_ops} + \text{target load 2 ssj\_ops} + \dots + \text{target load } n \text{ ssj\_ops}}{\text{target load 1 watts} + \text{target load 2 watts} + \dots + \text{target load } n \text{ watts} + \text{active idle interval watts}}$$

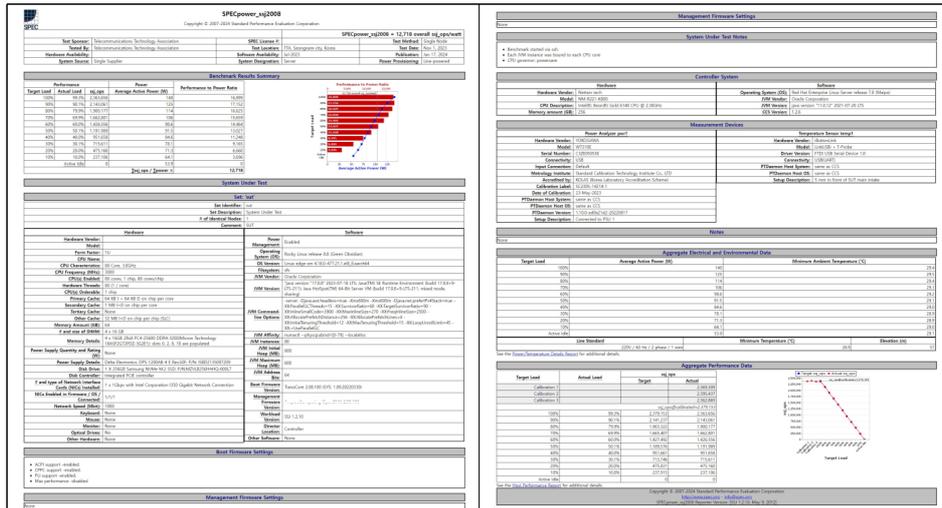
### 1) 결과 보고

벤치마크 수행이 완료되면 CCS에서 지정된 위치에 csv 및 raw 형식의 테스트 데이터와 HTML 형식의 테스트 수행 결과 파일을 찾을 수 있다.

- csv file: CSV 파일은 일반 텍스트, 유니코드 형식으로 작성되며 보편적인 텍스트 편집기(vi)로 확인할 수 있다. CSV 파일에는 각 샘플에 대해 벤치마크 실행 중 전력 소비량, 온도 및 성능 데이터가 매우 상세하게 수집되어 있다.
- raw file: RAW 파일 역시 일반 텍스트, 유니코드 형식으로 작성되며 보편적인 텍스트 편집기(vi)로 확인할 수 있다. 반면 raw 파일은 전력, 온도 및 성능 요약만 기록한다. 각 벤치마크 시나리오 간격 동안 수집된 모든 데이터 샘플의 평균이 기록된다. 예를 들어, Calibration 1차에서의 수집된 데이터 샘플이 240개일 경우, 해당 샘플의 평균만 raw 파일에 기록된다. 또한 raw 파일에는 워크로드 시나리오 수행 결과와 테스트 대상 서버(SUT)의 실제 하드웨어, 소프트웨어 및 벤치마크 구성에 대한 상세한 데이터가 기록된다. 이 데이터는 html 형식의 결과보고서를 작성하기 위한 파싱 데이터로 활용이 된다. 또한, 이 파일에는 해당 벤치마크 실행이 유효한지에 대한 센서 정확도, 오차율, 온도 준수, 및 테스트 규칙 준수 여부 등 결과 데이터 안정성 등을 확인한 결과도 표시한다.
- HTML 결과 파일: 다른 결과 데이터와 달리 HTML 결과 파일은 사용자가 읽기 쉽도록 작성되어 있다. HTML 파일은 7개의 주요 항목으로 구성되어

있으며, 각 항목에는 벤치마크 실행에 대한 다양한 데이터의 상세 내용이 포함되어 있다.

[그림 2-7] SPECpower\_ssj2008 결과 보고 (HTML)



출처: SPEC.org SPECpowerssj2008 결과보고서

- \* Header Section: 벤치마크 테스트 정보, SPECpower\_ssj2008 스코어 및 테스트베드 플랫폼에 대한 가장 기본적인 식별 정보가 작성된다.
- \* Benchmark Results Summary: 벤치마크의 전체 실행 결과에 대해 한눈에 볼 수 있도록 표와 도표를 활용하여 표시한다. 각각의 부하 레벨에 따른 쓰루풋, 전력, 전성비와 요약하는 도표를 표시한다.
- \* System Under Test(SUT): 하드웨어, 소프트웨어, OS 정보, Java 환경 정보 등을 포함한 테스트 대상 서버(SUT)에 대한 구성 정보가 작성된다.
- \* Control and Collect System: 컨트롤러 서버의 하드웨어 및 소프트웨어, CCS 버전 정보, Java 환경 정보, 전력 계측기 및 온도 센서에 대한 정보가 작성된다.
- \* Tuning/Notes: 벤치마크 실행과 관련될 수 있는 기타 모든 기타 참고 사항과 함께 테스트 베드 내에서 수행된 성능 튜닝에 대해 기술한다.
- \* Electrical and Environmental Data: Benchmark Results Summary 항목에서 기술된 것보다 전기적 데이터에 대해 더 자세한 내용과 온도 환경 데이터를 확인 할 수 있다.
- \* JVM Instance Performance section: 실행된 각 JVM 인스턴스에 대한 처리량 성능 데이터를 확인 할 수 있다.

## 2) 결과 개재 승인

SPECpower 벤치마크 테스트가 완료되면, 유효한 SPECpower 테스트 결과에 한하여 SPEC 위원회에 테스트 결과를 송부하여 벤치마크 결과 개재를 요청할 수 있다.

- 테스트 스폰서는 테스트 결과의 raw파일을 SPEC의 power 분과 위원회 이메일에 송부하여 검토 및 개재를 요청한다.
- 정해진 검토 주기에 따라 제출된 결과 자료는 SPEC power 분과위원에게 할당되며 시험에 관련된 모든 사항을 검토한다.
- 제출자는 검토 주기 동안 위원회 회의에서 제기되는 모든 질문과

지적 사항에 대해 응답이 필요하며 검토 주기 내 이상이 없다고 판단되면 벤치마크 게재가 허용된다.

## 2. SPEC SERT2 Suite

SERT는 Server Efficiency Rating Tool의 약자로 에너지 효율적인 IT장비에 대한 수요가 증가함에 따라 2013년 2월 SPEC은 미국 환경 보호국과 협력하여 개발된 서버 에너지 효율성 평가 도구다. ENERGY STAR는 SERT를 통하여 측정값을 수집하고 그에 따른 효율성 지표를 평가하여 서버 에너지 효율성 평가를 수행한다. 이 도구는 이제 ENERGY STAR 프로그램과 EU Lot 9 EcoDesign 규정, 일본의 컴퓨터 서버용 Top Runner 프로그램에서 전 세계 다양한 지역의 컴퓨터 서버 효율성 데이터를 평가하는 범용적인 방법론 혹은 평가 도구로 사용된다<sup>18)</sup>.

SERT는 크게 CPU 기반, 메모리 기반, 스토리지 기반의 세 가지 범주에 속하는 11개의 워크렛으로 구성된다. 워크렛의 테스트 결과는 CPU 65%, 메모리 30%, 스토리지 부하(worklet) 5%의 가중치를 적용하여 하나의 점수로 환산한다. SERT는 유휴 상태(Idle)에서 이러한 다양한 부하 종류의 전력 사용량뿐 아니라 부하의 다양한 크기에 따라서도 측정하여 변화를 관찰할 수 있다. 이러한 측정을 통해 사용자는 어떤 컴퓨터 서버가 특정 작업 부하, 전원관리 설정 및 배포 크기에 대해 최상의 성능과 에너지 효율성을 제공하는지에 대한 정보를 바탕으로 사용에 적합한 서버를 선택할 수 있다.

2013년에 3월 15일에 최초로 출시된 SERT는 2개월 후 ENERGY STAR 프로그램의 서버 인증용 프로그램으로 채택되었다. 그 후 런타임 시간 개선, 자동화, 전력 계측기 다변화 및 인터페이스 변경 등 업데이트를 거쳐 2017년 3월 14일 SERT2.0 버전이 출시되었다. 미국의 환경보호청(EPA)과의 작업 외에도 SPEC은 유럽 위원회와 긴밀히 협력하여 엔터프라이즈 서버에 대한

---

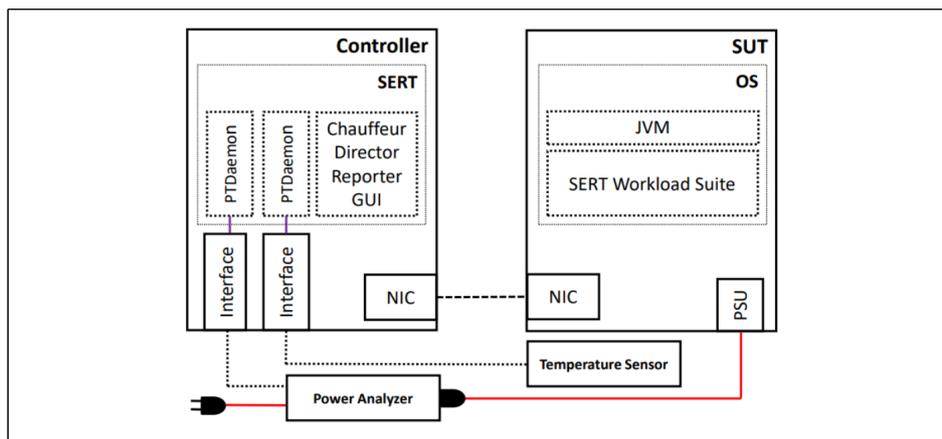
18) 출처: How to Measure Server Efficiency with SERT, ENERGY STAR

에코디자인 지침에 SERT를 추가하고, 중국 국립 표준화 연구소(CNIS)와 협력하여 중국의 서버 에너지 효율성 평가 도구 BenchSEE 개발에 참여하였다. 또한, ISO(국제표준 기구)는 데이터센터의 서버 효율성을 위해 ISO/IEC 21836 표준에 SERT를 포함하게 된다.

### 가. 설치 요구사항

2008년에 출시된 SPECpower의 벤치마크 구조를 많이 따르기 때문에 설치 요구사항에는 SPECpower와 같은 부분이 존재 한다. 전력 계측기와 온도 센서는 SPEC에서 출시한 PTDaemon(Power & Temperature Daemon)을 통해 제어되며 SERT의 워크로드는 JVM 환경에서 수행된다.

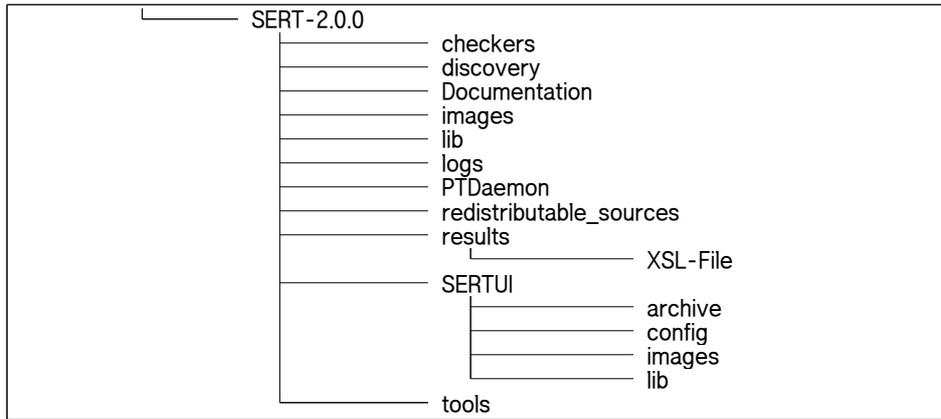
[그림 2-8] SERT 시스템 다이어그램



출처: SERTv 2.0 Guide line

### 나. SERT 제품군 설치

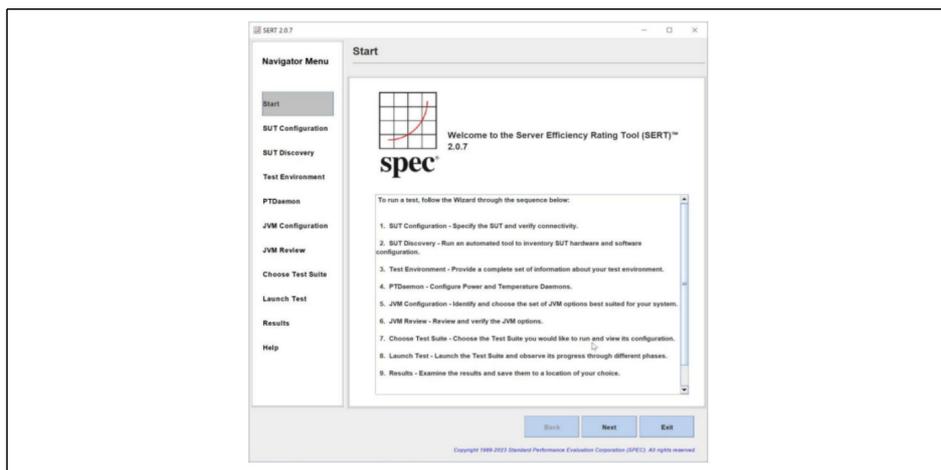
워크로드 실행을 위해 자바 런타임 환경(Java 8 이상)을 SUT와 컨트롤러 서버에 설치한다. 설치를 위해 SERT 패키지 내 setup 파일을 실행시켜 지침에 따라 설치한다. 설치가 완료되면 아래와 같은 트리 구조에 따라 하위 디렉터리 및 파일이 생성된다.



#### 다. SERT 실행

테스트는 GUI(Graphic User Interface) 도구를 통해 실행될 수 있으며, 1) SUT(테스트 대상) 서버 설정, 연결, 2)테스트 환경 정보 입력, 3)PTDaemon(전력, 온도 수집프로그램) 설정 및 연결, 4)테스트 워크로드(JVM 설정), 6)테스트 수행, 7)결과 보고 순으로 실행된다. SERT 벤치마크 테스트는 GUI가 없는 CLI(Command Line Interface) 도구에서도 실행할 수 있으며 실행 절차는 GUI 도구에서와 같다.

[그림 2-9] SERT 2.0.7 벤치마크 GUI 실행 화면



### 1) SUT(테스트 대상) 서버 연결, 설정

SUT 서버에서 "serthost.sh(UNIX)" 스크립트를 실행한다. 컨트롤러 서버에서 "sertui.sh"를 실행시켜 "SUT Configuration" 탭에서 SUT 서버의 IP를 입력하여 연결을 확인한다. 연결에 성공하면 다음 탭에서 연결된 SUT 서버의 정보를 확인하고 잘못 수집된 정보가 있으면 수정 후 저장한다.

### 2) 테스트 환경 정보 입력

다음으로는 결과보고서 작성에 필요한 테스트 수행 정보, SUT 서버 정보, 소프트웨어 정보, JVM, 펌웨어 및 기타 사항을 기록한다. 각 정보 기재에 대한 자세한 준수사항은 "<https://www.spec.org/sert2/SERT-resultfilefields.html>"에서 확인한다.

### 3) PTDaemon(전력, 온도 수집프로그램) 설정 및 연결

온도 및 전력 계측기의 센서 데이터 수집을 위해 PTDaemon(Power & Temperature Daemon)이 실행된다. 연결을 위해 각 센서의 입출력 인터페이스를 확인하여 연결 포트, 연결 인터페이스, IP 등을 입력한다. 전력 계측기의 연결의 경우 계측기 데이터의 분해능과 오차율 및 계측기 회로 보호를 위해 워크로드 별 전류, 전압별 range 설정이 필요하다.

### 4) 테스트 워크로드(JVM 설정)

테스트 워크로드 실행을 위해 테스트 매개변수 설정을 한다. 권장 매개변수 설정을 위해 "client-configurations-2.0.xml"의 최신 버전을 등록해야 하며 등록할 수 있는 최신 버전의 파일은 SPEC 웹사이트(<https://www.spec.org/sert2/client>)에서 확인할 수 있다. 각 모델, 운영 체제, JVM버전 등에 대해 알맞은 매개변수는 국제표준 "ISO/IEC 21836:2020 Annex A"을 참고한다.

### 5) 테스트 수행

설정이 완료되면 테스트 수행이 가능하다. 전력 계측기의 전류 전압 range 설정을 위해 스모크 테스트를 수행해야 한다. 테스트는 약 30분간 수행되며 각 워크로드에서 평균 전류, 전압값인 RMS값이 산출된다. 각 단계별 전력 계측기의 range가 산정이 되면 3) 단계로 돌아가 다시 range 설정을 입력하여 full-run 테스트를 재수행한다. 전체 테스트는 약 2시간 30분간 수행된다.

### 6) 결과 보고

테스트가 성공적으로 완료되면 자동으로 결과보고서가 생성된다. 테스트 결과서는 테스트 정보, 최종 스코어, 테스트 환경, 각 테스트 항목별 점수, 상세 점수 등을 확인할 수 있다. 테스트 결과는 CPU 65%, 메모리 30%, 스토리지 부하(worklet) 5%의 가중치를 적용하여 하나의 점수로 환산한다. 각 워크로드의 부하 단계별 에너지 효율성 점수( $Eff_{load}$ )는 수식 1과 같이 산출되며, 10종의 워크로드의 최종 효율성 점수( $Eff_{worklet}$ )는 수식 2 와 같이 산출된다.

$$Eff_{load} = \frac{Normalized\ Performance}{Power\ Consumption} \quad (1)$$

$$Eff_{worklet} = \exp\left(\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \ln(Eff_{load_i})\right) \times 1000 \quad (2)$$

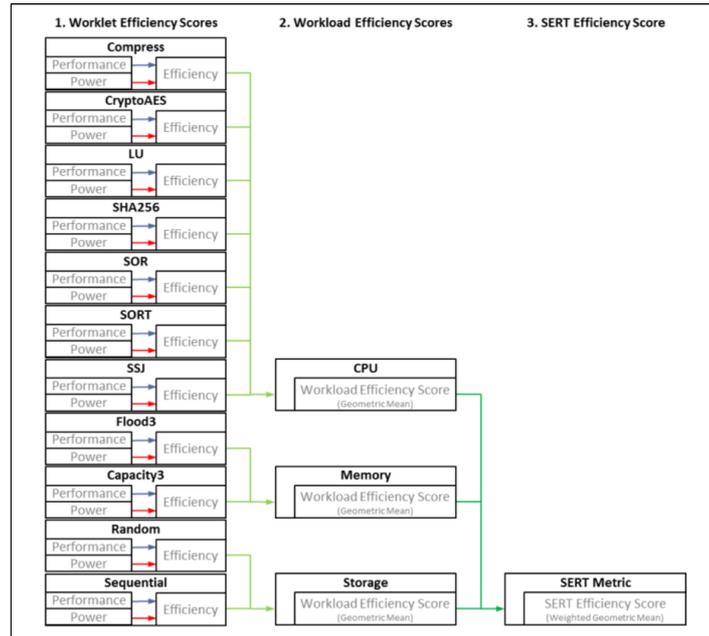
( i : 워크로드의 부하 레벨 단계 번호(25%:1, 50%:2, 75%:3, 100%:4) )

다음으로 CPU, MEM, STORAGE의 컴포넌트별 워크로드 에너지 효율성 점수( $Eff_{workload}$ )는 수식 3과 같이 산출되며 산출된 각 컴포넌트의 워크로드 에너지 효율성 점수는 CPU는 65%, 메모리는 30%, 스토리지는 5%의 가중치를 통한 평균을 산출하여 최종 SERT 2 효율성 점수를 산출한다. (수식 4)

$$Eff_{workload} = \exp\left(\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \ln(Eff_{worklet_i})\right) \quad (3)$$

$$\exp[0,65 \times \ln(Eff_{cpu}) + 0,3 \times \ln(Eff_{Memory}) + 0,05 \times \ln(Eff_{storage})] \quad (4)$$

[그림 2-10] SERT 2 효율성 점수 계산 다이어그램



### 3. MLCommons Power 분과

MLCommons는 인공 지능(AI) 시스템의 발전을 촉진하기 위해 설립된 엔지니어링 컨소시엄이다. 이 조직은 오픈 협력의 철학을 바탕으로, AI 기술의 효율성, 속도, 안전성, 그리고 정확성 향상에 지속적으로 노력하는 다양한 산업계와 학계의 엔지니어링 노력을 모으는 데 중점을 두고 있다. MLCommons의 활동은 AI 시스템을 더욱 발전시켜 전 세계 대학과 회사들이 사회에 긍정적인 영향을 미칠 수 있도록 돕는 것을 목적으로 한다.

#### 가. MLCommons 컨소시엄 목표

MLCommons 목표는 AI 혁신을 가속화하고 사회에 미치는 긍정적인 영향을 높이는 것이다. 이를 위해 전 세계의 스타트업, 선도기업, 학계 및 비영리 단체

등 125개 이상의 창립 회원 및 계열사와 협력하여 AI 모델의 품질과 성능을 측정한다. 개방형 산업 표준 벤치마크를 통해 기계 학습을 민주화하고, 개방적이고 대규모이며 다양한 데이터 세트를 구축하여 협력적이고 개방적인 연구를 촉진한다. 이는 AI의 민주화를 목표로 하며, 건강, 안전 및 통신 등의 분야에서 새로운 제품과 서비스를 광범위하게 통합할 수 있도록 지원한다.

<표 2-9> MLCommons 목표 방향성

목표	내용
AI 시장 성장 촉진	MLCommons는 AI 시장의 성장을 통해 더 나은 세계를 만드는 것을 목표로 함.
포괄적 참여 장려	글로벌하고 포용적이며 공정한 참여를 지향하며, 학계, 중소기업, 대기업, 비영리 단체 등 다양한 조직을 하나로 모으는 플랫폼을 제공함.
협업 기반 엔지니어링	MLCommons는 기술적 리더십을 유지하면서 직접 참여와 협업을 강조함. 데이터 기반의 결정을 선호하고, 단순성과 실제 사용자 가치에 중점을 둔 설계를 추구함.
신속하고 합의 중심의 의사결정	‘실험적’ 실무 그룹에 대한 접근 장벽을 낮추고, 중요한 결정은 합의를 통해 내림. 기술적 기여와 빠른 개발 및 반복을 장려함.
참여 욕구를 자극하는 커뮤니티 구축	환영하는 분위기와 비공식적이며, 친절한 대우로 커뮤니티에 참여하고자 하는 욕구를 자극함. 기여를 장려하고 인정, 보상을 통해 커뮤니티를 강화함.

기술 발전의 역사를 바탕으로, MLCommons는 AI 기술이 처음에는 제한적이었지만 점차 일반화되고 대중화될 것이라고 믿고 있다. 품질과 성능의 측정, 대규모 개방형 데이터 세트의 구축, 협력적 연구를 통해 AI 채택의 다음 단계를 열고 모든 사람에게 AI의 이점을 제공할 수 있는 길을 열고자 한다.

#### 나. MLCommons 가입 현황 및 분과별 활동

MLCommons는 전 세계 회원 및 계열사들로 구성된 커뮤니티 주도 및 커뮤니티 자금으로 운영되는 조직이다. 오픈 엔지니어링 컨소시엄으로서, 모든

조직, 기업, 학계 연구자, 비영리 단체, 정부 기관 및 개인에게 차별 없이 회원 또는 계열사 자격을 제공하며, 다음과 같은 회원 혜택을 제공한다.

- (1) MLCommons의 모든 작업 그룹에 대한 접근 및 영향력을 가질 수 있음. 여기에는 MLPerf 트레이닝 및 추론, 데이터셋, 연구 그룹 등이 포함됨.
- (2) 벤치마크 검토 과정에 참여할 수 있음.
- (3) MLPerf 트레이닝, 추론, 모바일 벤치마크 도구의 공개 결과를 제출하고 공유할 수 있음
- (4) 조직의 방향에 대한 발언권을 갖을 수 있고, 투표하는 회원 대표는 작업 그룹 의장이 될 자격이 될 수 있으며, MLCommons 이사회 선거에 출마하고 투표할 수 있음.
- (5) MLPerf 결과 및 MLCommons 관련 활동에 대한 공동 마케팅 지원을 받을 수 있음.
- (6) 유료 MLCommons 회원은 MLCommons 웹사이트에 나열됨.

MLCommons는 세계 선도적인 인공 지능 벤치마킹 기관으로서, 125개 이상의 글로벌 조직이 회원으로 참여하고 있다. 이들 중 많은 수가 기술 분야에서 선두를 달리는 대기업과 스타트업이며, 뛰어난 학자와 학술 기관이 포함된다. 회원들은 인공 지능 제품과 서비스의 연구, 개발 및 배포에 적극적으로 참여하고 있다.

MLCommons 조직 내에서 여러 작업 그룹(Working Group)이 활동하고 있으며, 각 그룹은 AI 기술의 다양한 측면을 연구하고 발전시키는 데 특화되어 있다. MLCommons의 작업 그룹들은 아래와 같은 중요한 역할을 수행한다.

### 1) 벤치마킹

MLCommons의 작업 그룹 중 하나인 MLPerf는 AI 시스템의 성능을 측정하는 벤치마크를 제공한다. 이를 통해 기술 기업들이 자사의 기계 학습 모델과 시스템의 성능을 객관적으로 평가하고 비교할 수 있도록 지원한다.

### 2) 데이터셋 구축

품질 높은, 다양한 데이터셋의 개발과 관리를 담당한다. 이는 AI 모델의

훈련과 검증에 필수적인 자원이다.

### 3) 연구개발

기술 혁신을 위한 연구 그룹은 새로운 AI 알고리즘과 기술의 발전에 기여한다.

MLCommons에서 운영하는 여러 작업 그룹(Working Group)들은 벤치마킹, 데이터셋 구축, 연구개발을 중점을 두고 활동하고 있다. MLCommons 회원들은 벤치마크 리뷰 과정에 참여하고, MLPerf 벤치마크 도구에 대한 공개 결과를 제출하며, 전반적인 조직 방향에 대한 발언권을 가질 수 있다.

MLCommons 작업 그룹(Working Group) 카테고리와 내용은 아래와 같다.

<표 2-10> MLCommons 작업 그룹(Working Group)

Working Group	내용 요약	
Benchmarks	Training	훈련 벤치마크를 정의, 개발 및 수행하는 WG
	HPC	대규모 슈퍼컴퓨터에서 실행할 과학 애플리케이션을 기반으로 MLPerf HPC 벤치마크를 개발하는 WG
	Inference	공정하고 대표적인 추론 벤치마크 세트를 개발하는 WG
	Mobile	최종 사용자 경험을 대표하는 스마트폰, 태블릿 및 노트북과 같은 모바일 소비자 장치에 대한 공정하고 대표적인 추론 벤치마크 세트를 개발하는 WG
	Automotive	자동차를 위한 업계 표준 ML 벤치마크 제품군을 정의하고 개발하는 WG
	Tiny	초저전력 시스템에서 추론 성능을 평가하기 위해 Tiny ML 벤치마크를 개발하는 WG
	Infra	로깅 도구 개발과 기계 학습 시스템 추적 및 운영 권장을 통해, 커뮤니티가 기계 학습을 더 잘 재현하고 관리할 수 있도록 지원하는 WG
	Power	제출 시스템에서 실행되는 벤치마크에 대한 보고 및 에너지 소비 비교, 성능 및 전력을 가능하게 하기 위해 다양한 MLPerf 벤치마크에 대한 전력 측정 기술을 개발하는 WG
	Storage	머신 러닝 워크로드를 지원하는 스토리지 시스템의 성능을

Working Group		내용 요약
		특성화하기 위해 MLPerf Storage 벤치마크를 정의하고 개발하는 WG
AI Safety		AI 안전 테스트의 지역 사회 개발을 지원하고 이러한 테스트를 기반으로 연구 및 산업 표준 AI 안전 벤치마크의 정의를 구성하는 WG
Data	Datasets	기계 학습의 혁신을 촉진하기 위해 새로운 데이터셋을 개발하는 WG
	Medical	의료 분야에서 AI 개발을 가속화하는 데 도움이 되는 벤치마크와 모범 사례를 개발하는 WG
	Best Practices	AI 사용 편의성을 개선하고 AI를 더 많은 사람들에게 확장하는 것을 목표로 하는 WG
Research	Algorithms	알고리즘 개선으로 인한 신경망 훈련 속도를 측정하기 위해 엄격하고 관련된 벤치마크 세트를 개발하는 WG
	Chakra	표준화된 실행 흔적을 사용하여 성능 벤치마킹 및 공동 설계를 발전시키는 WG
	DMLR	ML 벤치마킹 플랫폼을 통해 데이터 세트 및 데이터 중심 알고리즘에 대한 벤치마크를 정의, 개발 및 운영함으로써 기계 학습을 가속화하고 기계 학습의 과학적 엄격성을 높이는 WG
	Science	애플리케이션, 모델/알고리즘, 인프라, 벤치마크 및 데이터 세트를 중심으로 아티팩트를 평가, 구성, 큐레이션 및 통합하는 WG

MLCommons 각 Working Group으로 활동하면서 해당 분야의 발전을 위해 벤치마킹 결과의 공유, 데이터셋의 활용, 연구 협력, 성능 평가 및 개선 등 다양한 활동을 통해 인공 지능 기술의 발전에 참여하고, 이를 통해 AI 산업 전반의 혁신을 가속하는 데 기여할 수 있다.

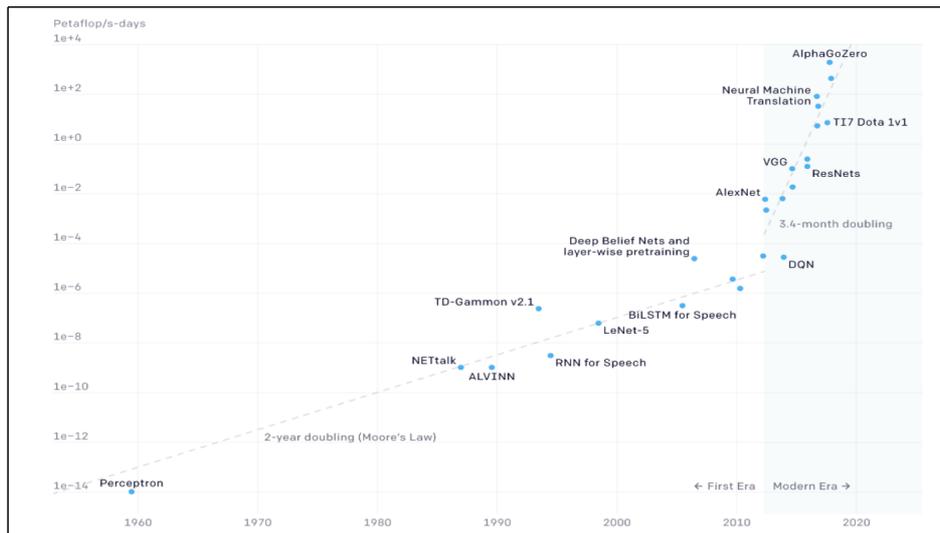
#### 다. MLCommons Power WG(Working Group) 개요 및 목표

MLCommons의 각 WG의 대부분은 AI 인공 지능 시스템의 성능을 측정하기 위한 벤치마크와 데이터에 관한 연구 및 개발을 메인 주제로 잡아 활동하고 있다. 하지만 이 중 Power WG은 AI 연산 성능에 중점을 두기보다 AI 시스템의 소비전력에 중점을 두고, 성능 대비 전력에 관한 평가 방법론과 인터페이스 개발이라는 핵심 주제로 활동하고 있다. 즉, AI 모델의 연산량과 관련된 에너지

비용의 증가를 관리하고 최적화하는 것을 중요한 연구 주제로 다루고 있다.

### 1) AI 모델 연산량과 전력의 관계

[그림 2-11] 훈련용 AI 시스템에서 두 가지로 구분되는 컴퓨팅 사용 시대



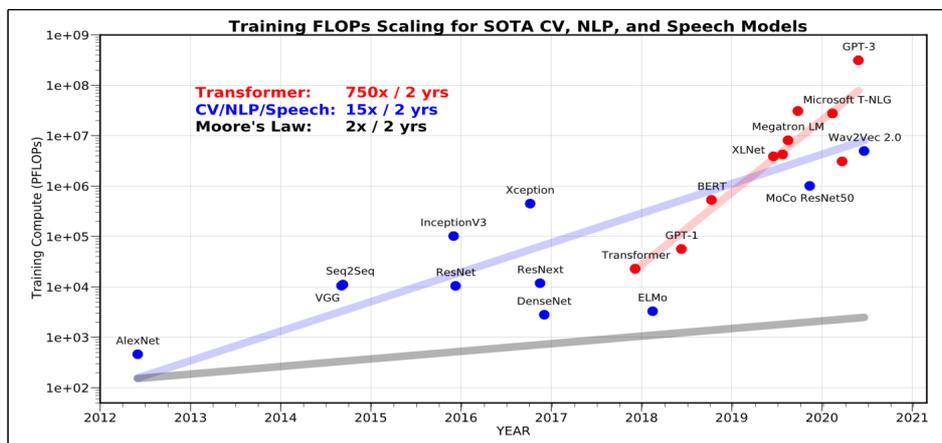
출처: Dimensionality Reduced Training by Pruning and Freezing Parts of a Deep Neural Network, a Survey

위 그림은 무어의 법칙에 따라 2년마다 2배씩 AI 모델 연산량이 비율적으로 증가하다가 어느 특정 시점을 기준으로 3~4개월마다 2배씩 증가하는 AI 모델 연산량의 기하급수적인 증가를 그래프로 표현하고 있다. AI/ML 애플리케이션과 모델이 점점 더 고도화 되어감에 따라 알고리즘 + 소프트웨어 + 하드웨어의 필요 연산량은 기하급수적으로 늘어날 수밖에 없고, 그에 따라 에너지 비용 또한 함께 증가하는 구조로 이어진다.

아래 그래프는 Transformer 관련 모델과 CV/NLP/Speech 관련 모델들이 2년 주기로 연산량이 750배, 15배씩 증가하는 것을 볼 수 있고, 그에 따라 무어의 법칙을 능가하는 연산량 수요 증가가 기하급수적으로 가속화되고 있음을 알 수 있다. 이에 반해 노드의 에너지 확장 기술 발전은 다소 정체되어 있다. 기하급수적인 연산량의 수요도 중요하지만, 증가하는 연산 요구사항은

더 많은 컴퓨팅 자원을 필요로 하며, 이는 결국 더 많은 전력 소비로 이어진다. 이에 따라 AI 모델 사용에 따른 전력 소비량도 성능만큼이나 중요한 지표로 작용한다.

[그림 2-12] 기계 학습 모델의 확장과 컴퓨팅 비용



출처: Autonomous Driving SoC Research Report 2023 - ResearchInChina

## 2) MLCommons Power Working Group 목표

AI 모델의 연산량과 관련된 에너지 비용 증가는 MLCommons Power WG에서 기술, 경제, 환경적 관점에서 중대한 도전 과제로 인식했다. 해당 Power Working Group의 활동 시작 날짜를 정확히 예측하기는 어렵지만, 2019년 3월로 추정되며 연구를 진행하다가 2021년 1분기 Inference WG 내에서 Datacenter 분과와 Edge 분과를 통해 Inference v1.0 신규 벤치마크 성능에 따른 소비전력에 대한 측정과 평가 항목으로 전성비 결과를 처음으로 시도하여 공개했다. MLPerf Inference v1.0 벤치마크는 성능 벤치마크를 보완하는 새로운 전력 측정 기법, 도구, 및 지표 도입을 통해 제출된 시스템의 에너지 소비, 성능, 전력을 보고하고 비교할 수 있게 해준다. 해당 라운드에서는 새로운 전력 측정이 선택적으로 제출되었으며, 864개의 성능 결과가 발표되었다. 전력 측정은 오늘날 컴퓨팅 시스템의 성능을 평가하기

위한 표준화된 벤치마크 및 도구를 제공하는 선도적 기관인 Standard Performance Evaluation Corp. (SPEC)과의 파트너십을 통해 개발되었고, MLPerf는 업계 표준 SPEC PTDaemon 전력 측정 인터페이스를 채택하여 확장하였다.

이를 통해 MLCommons Power 의장인 Klaus-Dieter Lange는 “기계 학습, 인공지능 채택이 가속화되고 ML 프로젝트의 예상 규모를 볼 때, ML 환경에서 전력 소비를 측정하는 능력은 전 세계적인 지속 가능성 목표(에너지 효율성 증가, 탄소 배출 감소, 경제적 효율성)에 있어 중요할 것”이라고 강조하였다. MLCommons Power Working Group은 에너지 효율적인 알고리즘과 시스템 개발을 촉진할 수 있는 연구 활동을 현재까지도 계속 진행 중이며, 벤치마크 범주 전반에 걸쳐 제출물에 소모되는 에너지 측정이 가능하도록 지속적으로 개발 중에 있다.

### 3) MLperf 전력 측정 방법

초기 MLPerf v0.5 전력 측정방법론은 Wall-Powered와 Battery-Powered 시스템 모두에 적용되며, 제출자에게 재현성, 정확성, 공정성을 갖춘 파워 측정 방법의 균형을 강조한다. 이 방법론은 SPECpower의 PTDaemon을 사용한 가장 좋은 방법론 사례를 재사용하며, 성능 점수에 기여하는 모든 구성 요소(가속기 카드, 호스트, 네트워킹 등)를 포함하여 전체 시스템의 전력을 측정한다. v0.5를 위한 실현 가능한 전력 규격을 구축하고, 후속 버전(예: v1.0)에 포함될 미래의 개선 가능성에 대한 방향성 목표는 아래와 같다.

<표 2-11> MLPerf Power 출시 버전별 차이

주제	MLPerf Power 현재(v0.5) 제안	MLPerf Power 향후(v1.0) 개발 가능성
시스템 타입	단일노드	단일노드와 멀티노드
벤치마크	추론	추론과 학습
시스템	Wall-Powered 시스템	Wall-Powered 시스템

주제	MLPerf Power 현재(v0.5) 제안	MLPerf Power 향후(v1.0) 개발 가능성
	Battery-Powered 시스템	Battery-Powered 시스템
보고되는 측정	활성/대기 전력 평균 전력	대기 전력 평균 전력 피크 전력 높은 샘플링 비율
보고되는 환경 수치	없음	온도 습도 기압
제한되는 환경 수치	온도 > 20	추후 결정
보고되는 시스템 구성	SUT 구성 요소 SUT 측정 다이어그램 클링 방법(공기 혹은 액체)	추후 결정
LoadGen과 통합	없음, 수동 조작	SPEC PTDaemon 실행 라이선스와 함께 자동화

해당 규격은 아직 발전 중이고, MLPerf v0.5를 위한 전력 측정은 선택 사항이다. 그러나 전력 수치를 제출하고자 하는 제출자는 해당 규격을 따라야 하고, 제출자에게는 Power WG에 참여하여 규격 설계에 도움을 줄 것을 권장한다.

### 가) 벤치마크

이 전력 규격은 현재 추론 시스템 벤치마크에만 적용된다. 훈련 시스템은 다음 이유로 이 규격에서 제외되고 있다.

- (1) 벤치마크의 지속 시간이 길다는 점(일부 경우, 며칠이 소요될 수 있음)
- (2) 추론 시스템과 훈련 시스템 간의 측정방법론이 상이한 점
- (3) 훈련 시스템은 흔히 멀티노드를 사용하며 상당한 네트워킹 장비를 포함할 수 있는데, 이 제안은 단일 노드 시스템만을 다룸

향후 버전에서는 멀티노드 전력 측정을 지원하여 MLPerf 훈련 사용이

가능할 것으로 예상된다.

#### 나) 시스템

첫 번째 제안은 단일노드 전원 시스템의 측정에 적용되고, 두 번째 제안은 단일노드 배터리 구동 시스템의 측정에 적용된다. 두 제안으로 나온 결과는 다른 정확도 수준 때문에 MLPerf 회원들에 의해 서로 비교되어서는 안 된다. 특히, 전원을 공급받는 시스템에 대한 제안은 제3자에 의한 재현 가능한 검증을 바탕으로 특정 정확도 기준(<1%)을 보장하는 전력 분석기 사용을 요구한다. 반면, 배터리 구동 제안은 monsoon DC 전원 공급 장치 또는 동등한 장비(SPEC 단체에서 검토/분석되지 않은 장비)를 사용하며, 이는 더 높은 변동성이 예상된다.

#### 다) 전력 관리

이 테스트의 목표는 실제 세계 사용 시나리오를 최대한 모방하고 현실적인 전력 관리의 이점을 보여줄 수 있도록 하는 것이다. 따라서 다음과 같은 요구 사항이 있다.

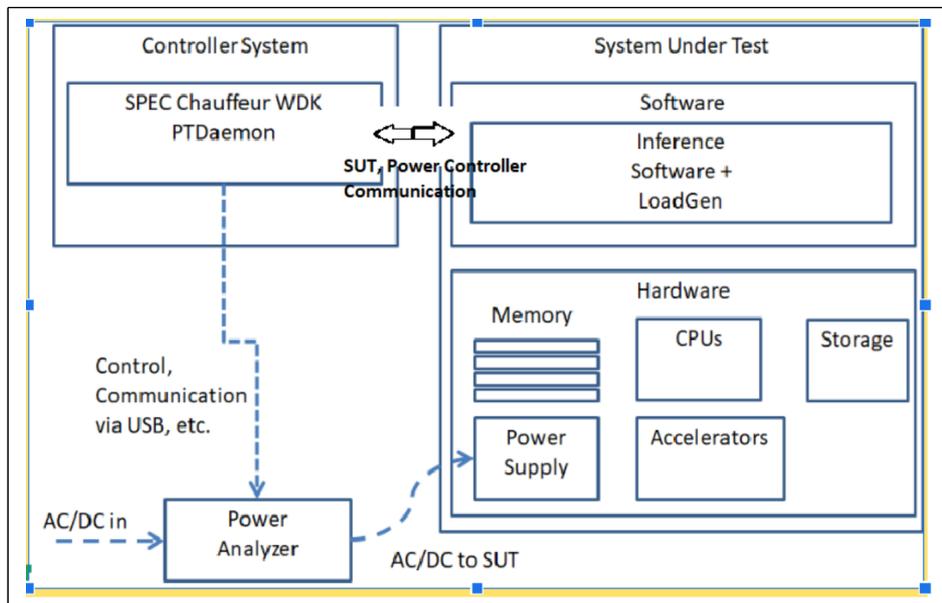
- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>(1) 제출 유형에 적합한 사용을 위해 자격을 갖춘 전력 관리 시스템이어야 한다. (예시: 일반적으로 사용할 수 있는 시스템은 플랫폼과 함께 제공되고, 일반적으로 사용할 수 있도록 자격을 갖춘 소프트웨어/펌웨어를 사용해야 한다.)</li><li>(2) 벤치마크나 벤치마킹에 특화된 해킹은 없어야 한다.</li><li>(3) 전력 관리 동작의 변경은 수동 개입을 필요로 하지 않아야 하며, 벤치마크를 인식해서는 안 된다.</li></ul> |
|--|

#### 라) Wall-Powered SUT(System Under Test)

테스트 대상 시스템(SUT)은 MLPerf 벤치마크의 성능 측정에 기여하는 모든 구성 요소를 포함한다. 예를 들어, 가속기 기반 시스템은 호스트 노드, 분산 시스템의 네트워킹/스위치, 냉각 시스템, 하드디스크를 포함해야 한다. 공유 자원을 사용하는 블레이드 시스템의 경우, 공유 자원도 전력 측정에 포함되어야 한

다. 또한, 냉각 방법(공랭식 또는 수랭식)은 명시되어야 합니다. 아래 그림을 보면, MLPerf 전력 측정 구성에 대한 세부 사항은 SPECpower와 달리 온도 센서가 필요 없으며, 수집 시스템은 SUT와 직접 연결되거나 이를 제어하지 않는다. 모든 전력은 전력 미터를 통해 SUT에 전달되어야 한다. DC 전원 시스템도 지원되지만, AC 전원 시스템과는 비교할 수 없다. AC와 DC 전원 구성 모두 가능한 시스템의 경우, AC 전원 구성을 사용해야 한다.

[그림 2-13] MLPerf를 위한 전력 측정 구성



출처: MLCommons Power WG

Wall-Powered SUT(System Under Test) 측정 절차의 순서는 아래와 같다.

- (1) 승인된 전력 측정기를 SUT에 연결함
- (2) 단일 인클로저 장치의 경우, 전력 공급 장치를 측정기에 연결함. 분산 시스템이나 다중 노드 시스템의 경우, SUT 구성 요소의 모든 전원 공급 장치를 전력 측정기에 연결함.
- (3) Logging을 위해 전력 측정기를 SPEC PTDaemon logging 소프트웨어를 실행하는 외부 컴퓨터에 연결함

- (4) 두 시스템의 시간을 NTP를 통해 동기화함
- (5) 추론데이터의 사전 처리를 수행함
- (6) 벤치마크 시작 전 시스템을 2분 동안 일시 정지함
- (7) MLPerf 추론(시나리오, 모델) 벤치마크를 실행함
- (8) 벤치마크 종료 후 시스템이 활성 대기 상태에 있을 때, 2분 동안 전력을 수집함
- (9) MLPerf 추론(시나리오, 모델) 벤치마크를 재실행함
- (10) 다른 시나리오, 모델 조합의 측정을 수집이 필요한 경우, (3)~(7) 단계를 각각의 다른 조합에 대해 반복적으로 수행함

#### 마) Battery-Powered SUT(System Under Test)

배터리로 구동되는 테스트 대상 시스템(SUT)은 안정적인 전원 공급(예: AC 또는 DC)이 아닌 배터리에서 작동하도록 설계되어 있다. 이러한 SUT는 주로 클라이언트 시스템(예: 노트북, 스마트폰, 태블릿, 일부 IoT 기기)이며, 단일 시스템 온 칩(SoC)을 중심으로 구축된다. SUT에는 MLPerf 벤치마크의 측정된 성능에 기여하는 모든 구성 요소가 포함된다. 그중 일부 구성 요소(셀룰러 모뎀, 와이파이 모뎀, 디스플레이)는 배제되며, 이러한 시스템과 관련 없는 구성 요소는 측정하지 않도록 비활성화해야 한다.

Battery-Powered SUT(System Under Test) 측정 절차의 순서는 아래와 같다.

- (1) 셀룰러 모뎀, 와이파이 모뎀, 디스플레이와 같은 제외된 구성 요소를 비활성화한다. 이 단계는 플랫폼별로 지정되며, 재현성을 위해 전력 측정의 일부로 제출되는 스크립트를 통해 수행되어야 한다.
- (2) 배터리 단자를 통해 현재 전류와 전압을 측정하는 기록하는 단계로 1단계와 개념적으로 동일하지만, 플랫폼/장치별로 구체화함
- (3) 추론데이터의 전처리를 수행함
- (4) 시스템 시간을 기록함
- (5) 벤치마크 시작 전 시스템을 2분 동안 일시 정지함
- (6) MLPerf 추론(시나리오, 모델) 벤치마크를 실행함
- (7) 벤치마크 종료 후 시스템이 활성 대기 상태에 있을 때, 2분 동안 전력을 수집함
- (8) MLPerf 추론(시나리오, 모델) 벤치마크를 재실행

#### 바) 전력 보고

MLPerf v1.0부터 전력 보고는 선택 사항이다. 제출자가 전력 수치를 제출하고자 하는 경우, 다음을 보고해야 한다.

- (1) 시나리오 + 벤치마크
- (2) 활성 대기 전력
- (3) 시나리오 성능 지표(아래 표 참조)
- (4) 전력/에너지 지표(아래 표 참조)
- (5) 전력 공급 유형: AC, DC, 배터리

v0.5에서는 이러한 값의 특정 조합을 권장하지는 않았지만, v1.0 버전부터는 해당 방향으로 나아가고 있다. 성능 지표는 아래와 같이 산출된다.

$$Watts = \frac{Joules}{Second} \text{ and } \frac{Throughput}{Watt} = \frac{Queries/second}{Joules/second} = \frac{Queries}{Joule}$$

성능이 대기 시간으로 측정될 때,  $\frac{Throughput}{Watt} = \frac{Joules}{Task}$  로 산정된다. 활성 대

기 전력은 6단계에서 측정된 전력이며, 평균 전력은 5단계 동안 수집된 평균 측정 전력이고, 에너지는 시간에 대한 평균 전력의 적분이다.

<표 2-12> 시나리오에 따른 전력 에너지 지표

시나리오	전력/에너지 지표
Single Stream	평균 에너지/쿼리
Multi Stream	평균 에너지/쿼리
Server	평균 전력
Offline	평균 전력

#### 사) 전력 측정 Parser

전력 측정 Parser는 Loadgen 로거와 전력 측정 시스템(Power Timing Daemon, PTD)에서 출력된 데이터를 분석하고 처리하는 것이다. 이 과정에는 로그에서 전력 샘플을 파싱하고, 특정 시간 내에서 평균 전력, 최소값, 최대값 등의 통계를 계산하는 작업이 포함된다. 또한, 측정된 전력을 기반으로 전력 사용량과 관련된 다양한 출력값(예: 평균 전력, 측정 시간, 소비된 에너지)을 생성하며, 이러한 정보는 전력 효율성 및 시스템 성능 평가에 중요한 기초 데이터를 제공한다. 이에 관한 절차 및 샘플 출력값은 아래와 같다.

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) LoadGen 로거 출력과 전력 측정 시스템(Power Timing Daemon, PTD) 로그를 파싱함.</li> <li>(2) LoadGen 로그의 Start/Stop 타임스탬프로 정의된 창 내의 전력 샘플을 평가함(성능 측정에 유효)</li> <li>(3) N개의 샘플(60개 이상이어야 함)을 사용하여 평균 전력(Pavg)을 계산하고, 최소값, 최대값, 최빈값, 중앙값 등의 기술 통계를 계산함</li> <li>(4) Start-Stop 타임스탬프는 전력이 측정된 시간(Turn)을 제공함</li> <li>(5) 출력은 평균 전력(Pavg), 측정 시간(Turn), 소비된 에너지(E=Pavg*Turn)로 구성됨.</li> <li>(6) 이 성능은 LoadGen에서 생성된 로그에서 추출됨</li> </ul> |
|---|

[그림 2-14] 전력 측정 샘플 출력값

```

python ..\..\scripts\parse_mlperf_v5.py -spl power.log -lgo loadgen_out.csv --stats "s" --verbose --deskew 28800
parseSPEC: opening power log file: power.log
parseSPEC: done parsing PTDaemon power log. 58556 entries processed
parseSPEC: storing csv data into: power_out.csv
stats: opening loadgen_out.csv for reading
stats: opening power_out.csv for reading
stats: loading and parsing data, please wait
Run:
  num: 1
  workload: rsnnet
  Scenario: offline
  Mode: Performance
  Begin Time: 2020-01-02 00:19:26.458000
  End Time: 2020-01-02 00:24:22.009000
  Runtime: 0:04:55.559000
  Samples: 286

Data: Watts
  Minimum: 261.200
  Maximum: 267.940
  Average: 264.841
  Std.Dev: 1.188

Data: Volts
  Minimum: 114.190
  Maximum: 116.410
  Average: 115.104
  Std.Dev: 0.413

Data: Amps
  Minimum: 2.438
  Maximum: 2.530
  Average: 2.482
  Std.Dev: 0.014

stats: 1 entries parsed
    
```

출처: MLCommons Power WG

## 제 4절 국내외 서버 에너지 인증 제도 현황 및 우수 사례

### 1. 서버 에너지 인증 제도 현황

서버 에너지 관련 인증제도 현황 분석을 위해 미국, 유럽, 일본, 중국 및 국내를 대상으로 조사를 진행하였으며, 국내외 서버 에너지 관련 인증제도 현황은 아래 표와 같다.

<표 2-13> 국내외 서버 에너지 인증 제도 현황

국가	인증제도 (주무 부처)	내용 및 특징	강제성	서버 제품 인증 기준 및 방법
미국	ENERGY STAR® (EPA/DOE)	- 에너지 효율적인 제품에 인증 라벨을 부여	임의 (혜택 부여)	SERT v2.0 (Eff <sub>ACTIVE</sub> Score)
	ENERGY STAR® for Computer Servers	- 서버의 에너지 효율성을 높이기 위해 설계됨		
유럽	ENERGY STAR® (European)	- 미국 EPA와의 협약을 통해 상호인증제도로 실시	의무	SERT v2.0 (Eff <sub>server</sub> Score)

국가	인증제도 (주무 부처)	내용 및 특징	강제성	서버 제품 인증 기준 및 방법
	Commission)	- 2018년 2월 추가 협약을 체결하지 않고 종료		
	ErP Lot 9 (European Commission)	- 서버 및 온라인 스토리지 제품에 대한 Ecodesign 요구사항 규정		
일본	International ENERGY STAR® Program (METI)	- 미국 EPA와의 협약을 통해 상호인증제도로 실시 - 2012년 3월부터 자체 인증제도로 실시됨	임의	SERT v2.0 (Eff <sub>server</sub> Score)
	Top-Runner Program (METI)	- 동종 제품군 중 에너지 효율이 가장 높은 제품을 기준으로 규제	의무	
중국	에너지 효율 라벨링 (중국시장감독관리총국)	- 에너지 효율 마크 대상 제품은 에너지 효율 라벨을 부착하고 등록하는 제도 - 2024년 컴퓨터 서버 기준 추가	의무	BenchSEE v2.0 (E <sub>server</sub> Score)
한국	그린데이터센터 인증 (KDCC)	- 데이터센터의 에너지 효율성과 환경 영향을 평가 - 데이터센터 전체 에너지 사용량 중 냉각, 공조 등 설비에서의 에너지 절감을 중점적으로 평가	임의	인프라 효율성 지표, 그린활동 지표등을 통한 점수 집계
	녹색인증 (한국산업기술진흥원)	- 환경친화적인 기술, 제품, 기업을 인증 - 세부 단위의 녹색 기술을 인증하는데 목적이 있으며, 기술 도입 전후의 효과 등을 중점적으로 평가	임의	10개 분야, 2,000 여 개 기술에 대 해 기술 수준 만족 여부 확인
	대기전력저감프로그램 (에너지관리공단)	- 의무적으로 전자제품의 대기전력 저감 및 우수제품 인증을 위해 신고필요	의무	대기전력 저감프로그램 운용 규정 준수 검인증

미국은 에너지를 효율적으로 사용하여 환경 보호에 기여하기 위해 환경보호국(EPA)과 에너지부(DoE)가 공동으로 1992년에 ENERGY STAR 프로그램을 시작하였다. ENERGY STAR 프로그램은 가정용 제품, 사무용 기기,

냉난방 시스템 등 다양한 카테고리의 제품군에 적용되었으며, 이를 통해 소비자는 에너지 비용을 절약하고 기업은 ENERGY STAR 인증을 통해 시장 경쟁력을 높일 수 있다. 미국 환경보호국(EPA)은 ENERGY STAR 라벨에 대한 소비자의 신뢰 확보와 파트너들의 투자 보호를 위해 제 3자 인증을 통한 성능 검증을 요구하고 있으며, 이를 위한 인증기관은 ISO/IEC 17065, ISO/IEC 17025 표준 등을 만족하도록 관리하고 있다.

에너지 사용량이 매우 높은 서버에 대한 에너지 효율성을 높이기 위해 ENERGY STAR® for Computer Servers를 설계 및 도입하였으며, 이를 통해 서버가 더욱 효율적인 전원공급장치(PSU)를 사용하고, 고급 전원관리 및 실시간 성능 측정 등의 기능을 갖추며 활성 및 대기 상태에서 에너지 소비량을 줄이도록 요구하고 있다.

유럽과 일본은 미국 환경보호국(EPA)과의 협약을 통한 상호인증제도로 ENERGY STAR 프로그램을 도입하였다. 유럽은 ENERGY STAR 프로그램에 대한 협약을 연장하지 않아 2018년 2월 20일에 만료되었으며, 일본은 2012년 3월부터 미국 환경보호국(EPA)과의 상호인증제도를 폐지하고, 일본 내에서 자체 인증제도로 ENERGY STAR 프로그램을 유지하기로 하였다.

유럽은 에너지를 사용하는 제품의 에너지 효율성을 강화하고 지속 가능성을 증진하기 위해 제품의 설계단계부터 준수해야 하는 환경 및 에너지 효율에 관련된 요구사항을 명시하는 Ecodesign 규정을 도입하였으며, ErP Lot 9 규정(Commission Regulation (EU) 2019/424)을 통해 서버 및 온라인 스토리지 제품에 대한 Ecodesign(친환경 디자인) 요구사항을 정의한다.

일본은 1970년대 두 차례의 석유파동을 계기로 합리적인 에너지 사용에 대한 대중의 관심이 높아졌으며, 다양한 에너지 절약 조치의 법적 기반을 강화하기 위해 1998년 6월 에너지 절약법을 개정하고 기계, 장비, 기타 품목에 대한 에너지 소비 효율 기준을 확립하기 위한 탑 러너 프로그램(Top-Runner Program)을 도입하였다. 탑 러너 프로그램을 통해 동종 제품군 중에서 가장 에너지 효율이 높은 제품을 효율 목표 기준으로 설정하고

다른 제품들이 일정 기간 내에 해당 목표 기준을 충족하도록 규제함으로써 에너지 효율성을 향상시키는 목적을 두고 있으며 그 중, 컴퓨터 제품군을 클라이언트형 컴퓨터와 서버형 컴퓨터로 범주를 나누어 에너지 효율성 기준을 제시한다.

중국은 2005년 경제 성장과 에너지 문제 대응을 위해 에너지 효율 라벨링 관리법을 도입하였으며, 이는 에너지 소비가 큰 제품들에 대한 효율 등급을 매기고 소비자의 에너지 절약 의식을 높이기 위한 목적으로, 시간이 지나며 지속해서 개선됐다. 이 제도는 고효율 제품의 생산 및 판매를 촉진하기 위해 마련되었으며, 2024년 4월 1일에 규제 적용 대상이 확장되고 일부 품목에 대한 에너지 효율 기준이 상향 조정되는 등의 개정 내용이 발표되었으며, 2022년 대비 22개 제품이 추가 되어 그 중 정보통신설비에서 서버 제품이 추가되었다.

국내에서는 데이터센터 및 서버 에너지 효율성 확보를 위해 그린데이터센터 인증, 녹색인증, 대기전력저감프로그램을 시행하고 있다. 그린데이터센터 인증은 데이터센터 설계단계부터 에너지 사용량, 냉각 효율, 입지적 특성, PUE 등을 고려하여 데이터센터의 에너지 효율에 의한 인증 기준과 적합성을 심사하여 인증 등급을 부여한다. 민간 자율 인증으로 시행되고 있으며, 인증 형태에 따라 설계인증, 예비인증, 본 인증으로 구분된다. 2010년 4월에 도입된 녹색인증은 한국산업기술진흥원에서 시행하는 제도로 유망한 녹색 기술 또는 사업을 인증 및 지원하여 관련 일자리 창출 및 산업 육성에 기여하고 있으며, 녹색 기술 인증, 녹색기술제품 확인, 녹색전문기업 확인으로 세 가지 분야에 대한 인증을 수행한다. 대기전력을 절감하기 위해 1999년 최초로 도입되어 2010년부터 전면적 의무 규제 제도로 시행되고 있는 대기전력저감프로그램은 전자제품을 사용하지 않을 때 소모되는 대기전력을 저감 시킨 대기전력 저감 우수제품의 보급을 확대하고 관련 기술의 개발을 촉진하기 위한 제도이다. 대기전력 저감 기준을 만족하지 못하는 경우 의무적으로 표시해야 하는 대기전력 경고 표시 라벨을 부착하거나 규정을 준수하지 않는 경우 벌금을 부과한다.

## 가. 미국 서버 에너지 인증

### 1) ENERGY STAR®

ENERGY STAR는 미국 환경보호국(EPA)과 에너지부(DoE)가 공동으로 1992년에 시작한 프로그램이며 미국의 청정 공기법(Clean Air Act), 2005년 에너지 정책법(Energy Policy Act) 및 에너지 정책 및 보존법(Energy Policy and Conservation Act)을 기반으로 운영한다. 이 프로그램은 에너지를 효율적으로 사용하여 환경 보호에 기여하는 것을 목적으로 한다. ENERGY STAR 인증을 받으려면 제품이 엄격한 에너지 효율성 기준을 충족해야 한다. 이 기준은 제품의 종류에 따라 다르며, 인증을 받은 제품은 ENERGY STAR 로고를 사용할 수 있다. 이는 소비자들에게 해당 제품이 에너지를 절약할 수 있고 친환경적임을 알려줄 수 있다. ENERGY STAR 프로그램은 가정용 제품, 사무용 기기, 조명, 난방 및 냉방 시스템 등 다양한 카테고리의 제품에 적용된다. 이 프로그램을 통해 소비자는 에너지 비용을 절약하고 온실가스 배출을 줄일 수 있다. 기업은 ENERGY STAR 인증을 통해 제품의 시장 경쟁력을 높일 수 있다.

ENERGY STAR는 자율 인증으로 강제성은 없으나 인증과 에너지 감축 노력을 장려하기 위하여 ENERGY STAR는 인증 제품에 대한 리베이트나 세금 공제<sup>19)</sup> 등의 혜택을 장려하고 있다<sup>20)</sup>. ENERGY STAR는 미국뿐만 아니라 다른 나라에서도 인정받고 있으며, 전 세계적으로 파트너 관계를 통하여 에너지 소비 감소와 환경 보호를 위한 기준으로 활용되고 있다.

<표 2-14> ENERGY STAR의 기업용 장비 혜택

품목	혜택
개인용 컴퓨터	리베이트
데이터센터 스토리지	리베이트
무정전 전원 공급장치	리베이트 및 저금리 대출 등

19) <https://www.energystar.gov/about/federal-tax-credits>

20) 미국 경제회생입법(에너지 정책법), 세액감소법 등

품목	혜택
기업용 서버	저금리 대출

출처: ENERGY STAR Rebate Finder

미국 환경보호청(EPA)은 ENERGY STAR 라벨에 대한 소비자의 신뢰를 확보하고 ENERGY STAR 파트너들의 투자를 보호하기 위해 모든 ENERGY STAR 제품이 제 3자의 인증된 실험실의 성능검증을 통해 인증되어야 한다고 요구한다. 제품이 ENERGY STAR 라벨 획득하기 위해서는 EPA가 인정하는 실험실에서 테스트 되며 EPA가 인정하는 인증기관(CBs: Certification Bodies)에 의해 검토된다. 인증기관의 주요 기준 중 하나로써 국제 인정포럼의 적합성 평가 분야 인정기관 간 상호인정약정(IAF MLA)의 제품인증 ISO/IEC 17065 적합성 평가의 제품, 프로세스 및 서비스 인증기관에 대한 요구사항 및 인정 기구 협의체(ILAC)의 교정 및 시험기관 인증(ISO/IEC 17025)을 만족해야 한다. 또한 인증 대상 제품의 테스트 결과 대한 정보공유, EPA의 감사 협조, 제품 기본사항 등을 기술하는 ENERGY STAR 제품인증 및 검증을 위한 표준 운영 절차에 따라야 한다.<sup>21)</sup>

## 2) ENERGY STAR® for Computer Servers

ENERGY STAR의 컴퓨터 서버 사양은 서버의 에너지 효율성을 높이기 위해 설계되었다. 이 프로그램은 서버가 더욱 효율적인 전원 공급장치(PSU)를 사용하고, 고급 전원 관리 기능을 갖추며, 실시간 성능 측정을 제공하고, 활성 및 대기 상태에서 모두 에너지 소비를 줄일 것을 요구한다. ENERGY STAR 인증을 받은 컴퓨터 서버는 전원 관리가 활성화되어 있을 때 기존의 서버에 비해 평균적으로 약 30% 적은 에너지를 사용한다고 한다.<sup>22)</sup> 2009년에 최초로 출시된 ENERGY STAR 컴퓨터 서버 1.0은 대상 서버군 변경 및 테스트 도구 업데이트 등을 거쳐 2023년 4월 ENERGY STAR 컴퓨터 서버 4.0 출시 및 배포되었다. 이

21)

<https://www.energystar.gov/partner-resources/products-partner-resources/third-party-cert>

22) [https://www.energystar.gov/products/data\\_center\\_equipment](https://www.energystar.gov/products/data_center_equipment)

사양은 관련 이해관계자들의 의견을 반영하여 개발되었으며, 이 프로그램의 요구사항과 추가 정보는 ENERGY STAR 웹사이트에서 확인할 수 있다.<sup>23)</sup>

ENERGY STAR에서 기업용 서버는 다음과 같이 정의한다.

**[서버의 정의]**

워크스테이션, 개인용 컴퓨터 또는 네트워크의 다른 기능 유닛에 컴퓨팅 서비스를 제공하기 위한 CPU, 메모리, 스토리지, PSU, 팬 및 I/O로 구성된 물리적인 시스템 유닛

또한, 정량적인 기준으로는 8GB 이상의 메모리 지원이 가능한 4 소켓 이하의 64-bit 명령어 체계 지원이 가능한 서버 컴퓨터로 명시하고 있다. <sup>24)</sup> ENERGY STAR 서버의 대상 제품 유형은 아래와 같다.

(1) 컴퓨터 서버: 클라이언트 장치(예: 데스크톱 컴퓨터, 노트북 컴퓨터, 썬 클라이언트, 무선 장치, PDA, IP 전화기, 기타 컴퓨터 서버 또는 기타 네트워크 장치)에 서비스를 제공하고 네트워크로 연결된 리소스를 관리하는 서버 컴퓨터. 컴퓨터 서버는 데이터센터 및 사무실/회사 환경에서 사용하기 위해 기업 채널을 통해 판매된다. 키보드나 마우스와 같이 직접 연결하여 사용하는 것이 아닌 주로 네트워크 연결을 통해 액세스 된다. 이 사양과 목적을 위해 다음 기준을 충족해야 한다.

- \* 컴퓨터 서버로 홍보 및 판매
- \* 하나 이상의 컴퓨터 서버 운영 체제(OS) 또는 하이퍼바이저<sup>25)</sup>를 지원하도록 설계
- \* 일반적으로 기업에서 사용자가 설치한 애플리케이션을 실행하는 것을 목표로 함(필수요소는 아님)
- \* UDIMM<sup>26)</sup>, 및 RDIMM<sup>27)</sup> 지원가능
- \* 하나 이상의 AC-DC, DC-DC 전원공급장치가 포함되어 있음
- \* 모든 프로세서가 공유 시스템 메모리에 액세스 할 수 있고 OS나 하이퍼바이저에서 제어가 가능해야 함

(2) 블레이드 시스템: 블레이드 채시와 하나 이상의 이동식 블레이드 서버 및 기타 블레이드 장치(스토리지, 네트워크 등)로 구성된 시스템. 블레이드 시스템은 단일 인클로저에 여러 블레이드 서버 또는 스토리지 장치를 결합하기 위한 확장 가능한 수단을 제공하며 서비스

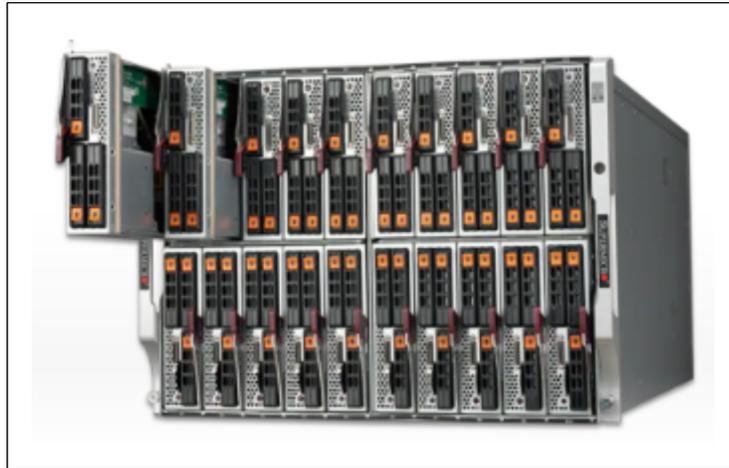
23) [https://www.energystar.gov/products/enterprise\\_servers/partners](https://www.energystar.gov/products/enterprise_servers/partners)

24) 데이터센터 서버 표준 - ISO/IEC 21836:2020

25) 호스트 컴퓨터로 다수의 운영 체제를 동시에 실행하기 위한 논리적 플랫폼, VMware나

기술자가 현장에서 블레이드를 쉽게 추가하거나 교체(핫 스왑)할 수 있도록 설계된 서버 시스템

[그림 2-15] 블레이드 서버 예시



(3) 완전 내결함성 서버(Fully Fault Tolerant Server): 전체 하드웨어 이중화가 만족하여 두 개의 완전히 복제된 노드가 실행되어 한 노드의 문제 발생 시 즉시 다른 노드의 대응으로 시스템 다운을 방지할 수 있음

(4) 레질리언트 서버(Resilient Server) : 시스템, CPU 및 칩셋의 마이크로 아키텍처에 통합된 광범위한 신뢰성, 가용성, 서비스 가능성(RAS: Reliability, Availability, Serviceability) 및 확장성 기능을 갖춘 컴퓨터 서버

(5) 다중노드 서버(Multi-node Server): 두 개 이상의 독립된 서버로 설계된 컴퓨터 서버

(6) Storage Heavy Server(SHS): 일반 서버보다 더 큰 저장 용량을 갖춘 컴퓨터 서버

(7) 서버 어플라이언스(Server Appliance): 기능이나 용도에 특화된 사전 설치된 OS 및 응용 프로그램 소프트웨어와 함께 번들로 제공되는 컴퓨터 서버(예: 파일서버, 프록시서버 등)

(8) 고성능 컴퓨팅(HPC) 시스템: 고성능, 딥 러닝 또는 인공 지능 애플리케이션을 위한 고도의 병렬 애플리케이션을 실행하도록 설계 및 판매되는 서버

정의되는 서버에 대해 인증 기준으로써는 전원공급장치(PSU:Power Supply

QEMU등이 하이퍼바이저에 해당됨

26) Unbuffered DIMM : 버퍼기능은 없으나 오류수정/검출 기능(ECC)을 지원하는 메모리

27) Registered DIMM : 레지스터 버퍼가 있어 높은 주파수와 고용량을 지원하는 메모리

Unit) 효율성, 전력 관리 요구사항, 활성 상태 SERT 점수 요구사항, 대기전력 요구사항 등이 있다.

- 전원공급장치(PSU) 요구사항: 인증 서버에 사용되는 PSU는 'Generalized Internal Power Supply Efficiency Test Protocol, Rev. 6.7'의 테스트 방법론에 따라 정격 부하에 대한 PSU 효율 및 역률(Power Factor)<sup>28)</sup> 기준을 만족해야 한다.

<표 2-15> ENERGY STAR 최소 PSU 효율 요구사항

PSU 유형	PSU 정격출력	10% Load	20% Load	50% Load	100% Load
다중 출력	≥ 750 W	없음	90%	92%	89%
	< 750 W	없음	87%	90%	87%
단일 출력	≥ 750 W	90%	96%	96%	91%
	< 750 W	83%	90%	94%	91%

<표 2-16> ENERGY STAR 최소 PSU 역률 요구사항

PSU 유형	PSU 정격출력	10% Load	20% Load	50% Load	100% Load
다중 출력	-	없음	0.80	0.90	0.95
단일 출력	≤ 500 W	없음	0.80	0.95	0.95
	500 W <, ≤ 1,000 W	0.65	0.80	0.95	0.95
	≥ 1,000 W	0.80	0.90	0.95	0.95

- 전원 관리(Power Management) 요구사항: ENERGY STAR 인증을 위해 컴퓨터 서버는 BIOS 및 OS 등을 통해 기본적으로 프로세서 전력 관리 기능이 제공되어야 하며, 모든 기능은 상세히 설명 가능한 리포트로 제공되어야 한다. 관리 기능의 예시로는 DVFS(동적 전압/주파수 조정), 유휴 모드

28) 역률: 부하가 사용하는, 유효전력과 부하에 공급되는 피상전력에 대한 비율

(C-state) 등이 있다.

- 활성 상태(Active State) 효율성 요구사항: ENERGY STAR 인증의 활성 상태 요구사항 확인을 위해 SERT2.0 테스트를 통해 산출되는 활성 상태 점수인  $Eff_{ACTIVE}$  (전성비) 값이 요구되며 최소 요구사항은 아래 표와 같다.

<표 2-17> ENERGY STAR 최소  $Eff_{ACTIVE}$  요구사항

서버 타입	최소 $Eff_{ACTIVE}$ (전성비)
<b>1 CPU 프로세서 서버</b>	
랙 서버	26.4
타워형 서버	24.4
Resilient 서버	6.6
<b>2 CPU 프로세서 서버</b>	
랙 서버	30.4
타워형 서버	26.5
블레이드/멀티 노드 서버	29.1
Resilient 서버	6.0
<b>3 CPU 이상 서버 시스템</b>	
랙 서버	31.9
블레이드/멀티 노드 서버	26.8

- 유휴 상태(Idle State) 효율성 요구사항: ENERGY STAR 인증을 위해 컴퓨터 서버의 유휴(대기) 상태일 때 대기 전력을 아래와 같이 측정하여 보고되어야 하며 대기전력의 최소 요구사항은 없다. 블레이드 및 멀티노드 서버의 경우, 개별 블레이드와 노드의 유휴 전력과 시스템 전체 전력은 별도로 산출되어야 한다. 블레이드 서버의 유휴전력을 측정하기 위해 블레이드당 서버 소비 전력  $P_{BLADE}$ 은 다음과 같은 수식을 통해 산출된다.

$$\text{블레이드 서버 유휴 상태 전력} : P_{BLADE} = \frac{P_{TOT\_BLADE\_SYS}}{N_{INST\_BLADE\_SRV}}$$

$P_{TOT\_BLADE\_SYS}$ 는 블레이드 서버 시스템의 총소비 전력(W)이며,

$N_{INST\_BLADE\_SRV}$ 는 블레이드 새시에 설치된 블레이드 서버의 수를 의미한다.

$$\text{블레이드 서버 유헤 상태 전력} : P_{NODE} = \frac{P_{TOT\_NODE\_SYS}}{N_{INST\_NODE\_SRV}}$$

멀티노드 서버의 소비전력 측정 및 산출 절차에서의 블레이드당 서버 소비 전력  $P_{NODE}$ 은 다음과 같은 수식을 통해 산출된다.

$$P_{NODE} = \frac{P_{TOT\_NODE\_SYS}}{N_{INST\_NODE\_SRV}}$$

$P_{TOT\_NODE\_SYS}$ 는 멀티노드 서버의 총 전력 소비를 나타내고 와트(W)로 표시되며,  $N_{INST\_NODE\_SRV}$ 는 측정 대상인 멀티노드 새시에 설치된 멀티노드 서버의 수를 의미한다.

ENERGY STAR의 기업용 서버 제품의 인증서 및 인증 결과는 미국 ENERGY STAR 홈페이지 “ENERGY STAR Certified Enterprise Servers” 항목에서 확인할 수 있다. 인증서는 제조사별, 서버 폼 팩터(Form Factor), 소켓 수 등에 따라 분류되어 있으며 각 인증서에서는 서버의 기본 스펙 정보, SERT 테스트 점수, 테스트 기본정보, 및 인증 정보 등을 확인할 수 있다.

[그림 2-16] ENERGY STAR Enterprise Server 인증 공개 리스트

**Find and Compare** [Change Product](#)

**ENERGY STAR Certified Enterprise Servers**

Visit the Enterprise Servers page for usage tips and buying guidelines.

Together we can create a healthier planet for all of us. [LEARN MORE](#)

216 Records Found

**Filter Your Results**

Sort by: **SERT Active State Efficiency Score Typical or Single Configuration**

filter by keyword

**Brand Name**

- ASUS (1)
- CISCO (9)
- DELL (63)
- DELL EMC (51)
- Fujitsu (20)
- H3C (3)
- Hewlett Packard Enterprise (62)

[Show more](#)

**Lenovo Group Limited : Lenovo - 7D9Q-1P**  Compare

Form Factor: Rack-mount  
 Product Processor Socket Count: 2 Maximum Memory Capacity (GB): 1536.0  
 SERT Active State Efficiency Score Typical or Single Configuration: 90.20

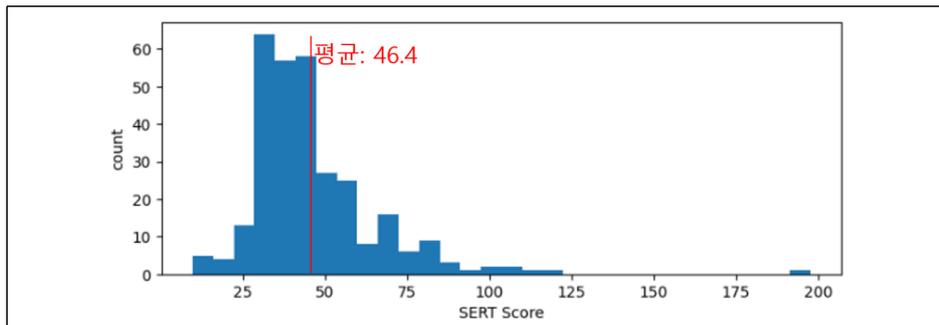
[CLICK FOR PRODUCT DETAILS](#)

**Hewlett Packard Enterprise : Hewlett Packard Enterprise - HPE Cray XD225v 1P**  Compare

Form Factor: Blade - Half Chassis  
 Product Processor Socket Count: 2 Maximum Memory Capacity (GB): 6144.0

ENERGY STAR 인증 서버는 총 304개 제품에 대해 공개되어 있으며, SERT 테스트 점수는 평균 46.4점과 최소 9.8점부터 최대 197점으로 분포되어 있다.<sup>29)</sup>

[그림 2-17] 글로벌 서버 기업 에너지 효율 점수 분포도



29) ENERGY STAR Enterprise Server '24.3.13, 공개데이터 기준

## 나. 유럽 서버 에너지 인증

### 1) ENERGY STAR®

미국의 ENERGY STAR 프로그램이 이미 미국 시장에서 판매되는 사무용 장비에 대한 표준을 확립했고 ENERGY STAR 요건이 전세계적으로 표준이 되고 있음을 토대로 EU 위원회는 별도의 라벨링 프로그램을 개발하기보다는 미국의 ENERGY STAR 프로그램을 도입했다. 이에 따라 사무용 장비의 에너지 효율 라벨링 프로그램 조정에 관한 미국 정부와 유럽 공동체 간의 협정이 2000년 12월 19일 워싱턴에서 서명 및 협약되었다.

이 협약<sup>30)</sup>은 2001년 11월에 발효되었으며, 실질적인 라벨링 프로세스는 2002년에 시작되었다. EU ENERGY STAR는 유럽 시장에서 판매되는 에너지 효율적인 사무용 장비에 라벨을 붙임으로써 소비자들이 유럽에서 에너지 효율적인 장비를 더 쉽게 구입할 수 있도록 만들었다. 협약에 포함된 기술 사양은 절전 모드에 대한 요구사항에 중점을 두었다. EU 위원회는 협의 기관인 EC ENERGY STAR Board(ECESB)의 지원을 받아 관리 주체로서 프로그램을 실행하도록 위임받았으며, ECESB와 협력하여 EU 위원회는 ENERGY STAR 적격 제품에 관한 기술 사양 갱신 활동을 수행하고 적격 제품을 등록 및 홍보했으며, 사무용 장비의 효율적인 사용에 대한 대중에게 정보를 제공했다. EU 위원회는 2003년 가을부터 온라인으로 운영되는 인터넷 포털([www.eu-energystar.org](http://www.eu-energystar.org))을 만들고 제조업체를 위한 프로그램 참여 지침, ENERGY STAR 데이터베이스에 대한 검색 가능한 인터페이스 등 관련 행위자에게 맞춤형 관련 정보에 대한 접근을 용이하게 했다<sup>31)</sup>.

2006년 12월 18일, EU 위원회와 미국은 유럽연합 이사회 결정 (2006/1005/EC)을 통해 ENERGY STAR 프로그램을 5년 더 지속하기로 협의

---

30) Regulation (EC) No 2422/2001

31) Communication from the Commission to the Council and the European Parliament on the implementation of the Energy Star program in the European Community in the period 2001-2005

했으며, 2006년 12월 28일에 유럽연합(EU)과 미국은 새로운 ENERGY STAR 계약을 체결했다.<sup>32)</sup> 계약이 시작된 이후 ENERGY STAR에는 컴퓨터, 모니터, 디스플레이 및 이미징 장비(복사기, 프린터, 스캐너 등)에 대한 사양이 포함되었다. 기술 발전에 맞춰 사양을 수정하고 효율성을 높이기 위해 3차례에 걸쳐 사양이 수정되었다.

2011년 2월부터 EPA는 미국 내 프로그램에 따라 인증을 원하는 모든 제품에 대해 제 3자 인증 시험실에서 테스트를 거쳐 인증 후 체계적으로 점검하도록 요구하였다. EU 위원회는 이와 같은 변경 사항이 계약을 위반하지 않고 ENERGY STAR 프로그램에 참여하는 EU 제조업체에 부정적인 영향을 미치지 않도록 하는 것을 목표로 하였으며, EU와 미국 에너지 협의회 간의 광범위한 논의를 통해 EPA는 계약에 따라 EU에 등록된 제품이 미국에서도 여전히 인정되므로 제 3자 인증을 받을 필요가 없음을 확인했다. 이에 EU 위원회는 향후 EU에서 ENERGY STAR 프로그램의 미래를 위해 가능한 방안으로 제 3자 인증 제도 도입, 자체 인증제도 전환, ENERGY STAR 프로그램을 대체 규제 수단으로 교체하는 것에 대해 고민하기 시작했다<sup>33)</sup>.

2011년 11월 29일에 EU와 미국은 사무용 장비의 에너지 효율 라벨링 프로그램 조정에 관한 새로운 ENERGY STAR EU-US 협약을 체결했다. 2012년 12월에 이사회 결정을 통해 2013/107/EU<sup>34)</sup>로 승인되었으며, 계약 연장을 위해 EU 위원회는 다음과 같은 조정 사항을 제안하였다.

- |  |
|--|
| <p>(1) 미국이 제3자 인증을 도입함에 따라 EU와 미국은 서로 다른 두 가지 제품 등록 시스템을 활용해야 한다. 상호 인정은 없지만, 미국의 요구사항이 EU 수출업체에게 불이익을 주지 않도록 조치를 취해야 한다.</p> <p>(2) REGULATION EC/106/2008의 공공 조달 조항을 유지해야 하며, 대규모 공공 공급 계약의 경우 정부는 공공 조달에 대한 공통 사양보다 까다롭지 않은 에너지 효율성 요구사</p> |
|--|

32) 2006/1005/EC: Council Decision

33) COMMUNICATION FROM THE COMMISSION on the implementation of the ENERGY STAR program in the European Union in the period 2006 - 2010

34) 2013/107/EU: Council Decision

항을 지정해야 한다.

(3) ENERGY STAR 프로그램이 실제로 시장에서 가장 효율적인 제품을 지정할 수 있도록 요구수준에 대한 사양이 정기적으로 개정되어야 한다.

(4) EU 회원국은 프로그램의 시행에 협력하고, 협정 체결 후 18개월 이내에 효율성을 검토해야 한다.

(5) EU 위원회는 미국과 ENERGY STAR 프로그램이 제안한 변경 사항이 에너지 절약 및 제조업체에 미치는 영향을 새로운 계약이 만료되기 최소 1년 전에 지속적으로 모니터링하고 사무용 장비의 에너지 소비를 해결하기 위한 향후 대책을 분석할 것이며, 향후 대책으로 ENERGY STAR 프로그램을 대체 정책 수단으로 교체하는 것도 포함된다.

해당 협약이 2018년 2월 20일에 만료됨에 따라 EU 위원회와 미국과의 추가적인 ENERGY STAR 프로그램 협약은 진행되지 않았다<sup>35)</sup>.

## 2) ErP Lot 9

ErP Lot 9은 유럽 연합(EU) 규정 2019/424<sup>36)</sup>로도 알려져 있으며, 특히 서버 및 스토리지 제품과 관련되어 있다. ErP Lot 9은 전력 사용량 및 제품 수명 주기와 같이 서버가 충족할 수 있음을 입증해야 하는 엄격한 요구사항 목록을 제공하고 있다. ErP(Energy-related Products Directive)는 에너지 관련 제품에 대한 Ecodesign 요구사항 설정을 위한 프레임워크를 확립하기 위해 2009년 10월 21일 유럽 회의 및 이사회 지침 2009/125/EC<sup>37)</sup>의 발행으로 시작되었다. EU는 Ecodesign 규정을 통해 에너지 효율을 준수하기 위한 요구사항을 규정하고 있으며, 이에 따라 해당 요구사항을 준수하여 적합성 평가를 받은 제품만 판매 및 유통할 수 있도록 규제하고 있다<sup>38)</sup>. 해당 지침은 2013년 6월 26일 규정 617/2013<sup>39)</sup>이 통과되면서 법으로 시행되었으며, 2019년 3월 15일에 제

35) 출처: CRS Reports - ENERGY STAR Program, 미국 의회 조사국(CRS), 2018

36) Commission Regulation (EU) 2019/424

37) Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council

38) 출처: EU 에코디자인 규제 동향 및 전자업계 영향, 한국전자정보통신산업진흥회

39) Commission Regulation (EU) No 617/2013

정된 규정 2019/424를 통해 개정되었다. ErP Lot 9 규정은 서버 및 온라인 스토리지 제품의 시장 출시 및 서비스 제공에 대한 Ecodesign 요구사항을 설정하고 있으나, 다음 제품군에 대해서는 적용하지 않는다.

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 임베디드 애플리케이션용 서버</li> <li>(2) Regulation (EU) No 617/2013에 따라 소규모 서버로 분류된 서버</li> <li>(3) 4개 이상의 코어 프로세서 소켓이 있는 서버</li> <li>(4) 서버 어플라이언스</li> <li>(5) 대규모 서버</li> <li>(6) 완전한 내결함성 서버</li> <li>(7) 네트워크 서버</li> <li>(8) 소규모 데이터 저장 제품</li> <li>(9) 대규모 데이터 저장 제품</li> </ul> |
|--|

Regulation (EU) No 617/2013에서 정의하고 있는 소규모 서버는 일반적으로 데스크탑 폼 팩터에서 데스크톱 컴퓨터 구성 요소를 사용하지만 주로 다른 컴퓨터의 스토리지 호스트가 되도록 설계되고 네트워크 인프라 서비스 제공 및 데이터/미디어 호스팅과 같은 기능을 수행하도록 설계된 컴퓨터 유형을 의미한다. 소규모 서버는 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 모든 데이터 처리, 저장 및 네트워크 인터페이스가 하나의 공간(box)에 포함되도록 데스크톱 컴퓨터와 유사한 받침대, 타워 또는 기타 폼 팩터로 설계됨</li> <li>(2) 하루 24시간, 주 7일 운영되도록 설계됨</li> <li>(3) 주로 네트워크로 연결된 클라이언트 장치를 통해 여러 사용자에게 서비스를 제공하는 동시 다중 사용자 환경에서 작동하도록 설계됨</li> <li>(4) 운영 체제와 함께 시장에 출시된 운영 체제는 홈 서버 또는 저가형 서버 응용 프로그램용으로 설계됨</li> <li>(5) G1 이외의 분류를 충족하는 dGfx(discrete graphics card)로 시장에 출시되지 않음</li> </ul> |
|---|

ErP Lot 9 규정에서 정의하고 있는 Ecodesign 요구사항은 크게 ①서버 및 온라인 스토리지 제품에 대한 Ecodesign 요구사항, ②하나 또는 두 개의 프로세서 소켓이 있는 서버에만 적용되는 Ecodesign 요구사항, ③제조업체가 제공하는 정보로 구성되어 있다.

①서버 및 온라인 스토리지 제품에 대한 Ecodesign 요구사항은 PSU 효율성 및 역률 요구사항(PSU efficiency and power factor requirements)과 자재 효율성 요구사항(Material efficiency requirements)으로 구분된다.

이 중, PSU 효율성 및 역률 요구사항은 직류 서버 및 직류 데이터 스토리지 제품을 제외한 서버 및 온라인 스토리지 제품의 경우 정격 부하 수준의 10%, 20%, 50% 및 100%의 PSU 효율과 정격 부하 수준의 50%에서의 역률은 아래 표에 정의된 값보다 작지 않아야 한다.

<표 2-18> 최소 PSU 효율 및 역률 요구사항

	최소 PSU 효율				최소 역률
	10%	20%	50%	100%	
정격 부하 %	10%	20%	50%	100%	50%
다중 출력	-	90%	94%	91%	0.95
단일 출력	90%	94%	96%	91%	0.95

출처: COMMISSION REGULATION (EU) 2019/424

②하나 또는 두 개의 프로세서 소켓이 있는 서버에만 적용되는 Ecodesign 요구사항은 유휴 상태 전원(Idle state power)과 활성 상태 효율성(Active state efficiency)으로 구분된다.

먼저 유휴 상태 전원(Idle state power) 요구사항 충족을 위해 복원력이 있는 서버(resilient server), HPC 서버 및 통합 APA가 있는 서버를 제외한 서버의 유휴 상태 전력( $P_{idle}$ )은 다음과 같은 식을 통해 산출된 값을 초과할 수 없다.

$$P_{idle} = P_{base} + \sum P_{add_i}$$

위의 식에서  $P_{base}$ 는 기본 유휴 상태 전력 허용량을 의미하며,  $\sum P_{add\_i}$ 는 적용 가능한 추가 구성 요소에 대한 유휴 상태 전력 허용량의 합을 의미한다. 블레이드 서버의 경우,  $P_{idle}$ 는 총계로 계산한다. 측정된 전력을 테스트 된 블레이드 새시에 설치된 블레이드 서버 수로 나눈 값을 활용한다. 멀티노드 서버의 경우 소켓 수는 노드당 계산되며,  $P_{idle}$ 는 측정된 총 전력을 테스트 된 인클로저에 설치된 노드 수로 나누어 계산된다.  $P_{base}$ 에 대한 기본 유휴 상태 전력 허용량과  $\sum P_{add\_i}$ 에 활용하기 위한 추가 구성 요소에 대한 추가 유휴 전력 허용량은 아래 표가 활용된다.

<표 2-19> 기본 유휴 상태 전력 허용량

제품 유형	기본 유휴 상태 전력 허용량 $P_{base}$ (W)
1 소켓 서버(블레이드 또는 다중노드 서버 아님)	25
2 소켓 서버(블레이드 또는 다중노드 서버 아님)	38
블레이드 또는 멀티노드 서버	40

출처: COMMISSION REGULATION (EU) 2019/424

<표 2-20> 추가 구성 요소에 대한 추가 유휴 전력 허용량

시스템 특성	적용 대상	추가 유휴 전력 허용량
CPU 성능	모든 서버	1 소켓 : $10 \times \text{Perf}_{\text{CPU}} \text{W}$ 2 소켓 : $7 \times \text{Perf}_{\text{CPU}} \text{W}$
추가 PSU	전원 이중화를 위해 명시적으로 설치된 PSU	PSU 당 10W
HDD 또는 SSD	설치된 HDD 또는 SSD당	HDD 또는 SSD당 5.0W
추가 메모리	메모리 용량 4GB 이상	GB당 0.18W
추가 버퍼링 된 DDR 채널	8개 이상의 채널이 설치된 버퍼링 된 DDR 채널	버퍼링 된 DDR 채널당 4.0W
추가 I/O 장치	$\alpha \geq 1$ Gbit 포트 2개 이상의 온보드 이더넷	$\alpha < 1$ Gb/s : 허용되지 않음
		$\alpha = 1$ Gb/s : 2.0W/허용 포트
		1 Gb/s $< \alpha < 10$ Gb/s : 4.0W/허용 포트
		10 Gb/s $\leq \alpha < 25$ Gb/s : 15.0W/허용 포트
		25 Gb/s $\leq \alpha < 50$ Gb/s : 20.0W/허용 포트
		$\alpha \geq 50$ Gb/s : 26.0W/허용 포트

출처: COMMISSION REGULATION (EU) 2019/424

활성 상태 효율성(Active state efficiency) 요구사항 충족을 위해 복원력이 있는 서버, HPC 서버 및 통합 APA가 있는 서버를 제외한 서버의 활성 상태 효율성( $Eff_{server}$ )은 아래 표의 값보다 낮을 수 없다.

<표 2-21> 활성 상태 효율성 요구 사항

제품 유형	최소 활성 상태 효율성
1 소켓 서버	9.0
2 소켓 서버	9.5
블레이드 또는 멀티노드 서버	8.0

출처: COMMISSION REGULATION (EU) 2019/424

③제조업체가 제공하는 정보에 대한 Ecodesign 요구사항을 충족하기 위해 제조업체는 제품 유형, 제조 연도, 정격 출력 전력, 정격 부하 수준에서의 역률, PSU 정격 전력 출력, 유휴 상태 전력 등 제품에 대한 상세한 정보를 제공해야 한다.

Ecodesign 요구사항의 준수 여부는 별도로 명시된 방법에 따라 측정 및 계산되어야 한다. 활성 상태 효율성( $Eff_{server}$ )과 유휴 전력( $P_{idle}$ )을 계산하기 위한 데이터는 관련 표준에 따라 동일한 시험 중에 측정되어야 하며, 이때 유휴 전력은 활성 상태 효율에 대한 시험 일부를 실행하기 전 또는 실행한 후에 측정될 수 있다.

서버의 활성 상태 효율성( $Eff_{server}$ )은 다음과 같이 계산한다.

$$Eff_{server} = \exp \left[ W_{CPU} \times \ln(Eff_{CPU}) + W_{Memory} \times \ln(Eff_{Memory}) \right. \\ \left. + W_{Storage} \times \ln(Eff_{Storage}) \right]$$

여기서  $W_{CPU}$ ,  $W_{Memory}$ ,  $W_{Storage}$ 는 각각 CPU, 메모리 및 스토리지 워크로드에 적용되는 가중치를 의미한다. 할당된 가중치는 다음과 같다.

- (1)  $W_{CPU}$  = CPU 워크로드에 할당된 가중치는 0.65
- (2)  $W_{Memory}$  = 메모리 워크로드에 할당된 가중치는 0.30
- (3)  $W_{Storage}$  = 스토리지 워크로드에 할당된 가중치는 0.05

$Eff_{CPU}$ 는 다음과 같은 수식을 통해 산출된다.

$$Eff_{CPU} = \left( \sum_{i=1}^7 Eff_i \right)^{1/7}$$

$Eff_{CPU}$ 을 산출하기 위한 CPU 워크로드는 7개의 워크렛(workletCompress, workletLU, workletSOR, workletCrypto, workletSort, workletSHA256, workletHybrid SSJ)이 활용된다.

$Eff_{Memory}$ 는 다음과 같은 수식을 통해 산출된다.

$$Eff_{Memory} = \left( \sum_{i=1}^2 Eff_i \right)^{1/2}$$

$Eff_{Memory}$ 을 산출하기 위한 메모리 워크로드는 2개의 워크렛(workletFlood3, workletCapacity3)으로 구성되어 있다.  $Eff_{Storage}$ 는  $Eff_{Memory}$ 와 동일한 형태의 수식을 통해 산출되며,  $Eff_{Storage}$ 을 산출하기 위해 2개의 스토리지 워크렛(workletSequential, workletRandom)을 활용한다.

CPU, 메모리, 스토리지에 대한 각각의 워크렛에 대한 효율성 값을 산출하기 위해 다음과 같은 수식을 활용한다.

$$Eff_i = 1000 \times \frac{Perf_i}{Pwr_i}$$

$Perf_i$ 는 정규화된 간격 성능 측정의 기하평균을 의미하며,  $Pwr_i$ 는 측정된

간격 전력 값의 기하평균을 나타낸다. 서버에 대한 단일 에너지 효율성 지표를 생성하려면 다음과 같은 절차를 통해 모든 다른 워크렛에 대한 간격 효율성 값을 결합해야 한다.

- (1) 기하평균을 사용하여 개별 워크렛에 대한 간격 효율 값을 결합하여 워크렛에 대한 개별 워크렛 효율 값 산출
- (2) 워크로드 유형(CPU, 메모리, 스토리지)별 기하평균 함수를 사용하여 워크로드 유형 값을 산출하는 워크렛 효율성 점수 결합
- (3) 가중된 기하평균 함수를 사용하여 세 가지 워크로드 유형을 결합하여 단일 총 서버 효율성 값을 산출

#### 다. 일본 서버 에너지 인증

##### 1) International ENERGY STAR® Program

1995년 6월 미국 환경보호국(EPA)과 일본 경제산업성(METI)<sup>40)</sup>은 개인용 컴퓨터의 사무 자동화 장비에 대한 에너지 절약 표준인 국제 ENERGY STAR 프로그램의 표준 및 표시 체계를 통일하기로 합의하였으며, 1995년 10월 1일부터 시행되었다<sup>41)</sup>. 이에 따라 일본은 미국과 동일한 표준과 로고를 사용하여 ENERGY STAR 프로그램을 시행해 왔으며, 상호인정 원칙에 따라 한 국가에서 인증을 받은 제품은 다른 국가에서도 동일한 방식으로 취급되었다.

미국에서 2011년 1월부터 ENERGY STAR 프로그램의 제3 자 인증 의무화를 도입함에 따라 일본에서는 향후 ENERGY STAR 프로그램의 시행 방침에 관한 검토를 진행하였다. 2011년 1월 이후에도 기존과 같은 방식의 ENERGY STAR 프로그램 운용을 결정하였으며, 2012년 3월 미국 환경보호국과의 협의를 통해 일본에서 자체 인증제도를 도입하여 국제 ENERGY STAR 프로그램을 지속

40) 경제산업성(METI: Ministry of Economy, Trade and Industry)은 일본의 행정조직으로 산업 정책 및 기업지원, 무역 정책 관리 및 국제 무역 협정 추진, 에너지 정책 관리 등 일본 경제와 산업 발전을 촉진하기 위해 다양한 업무를 수행한다.

41) 일본 International ENERGY STAR Program 브로셔(2021.04)

하기로 결정했다<sup>42)</sup>. 이에 따라 일본과 미국 간의 상호 승인은 폐지되었으며, 자체 인증 제도의 도입에 따라 다음과 같은 사항을 준수해야 한다.

- (1) 자체 인증 제도를 계속하는 국가와 제 3자 인증 제도를 이행하는 국가 간의 상호 인증은 폐지되었으며, 제 3자 인증제도로 이행한 미국, 캐나다용 제품에 대해서는 일본에 등록할 수 없으므로 직접 EPA에 등록해야 한다.
- (2) 상호 인증이 폐지됨에 따라 기존 경제산업성에 등록하지 않고 미국과의 상호 인증을 바탕으로 ENERGY STAR 로고가 부착된 제품을 일본에서 판매하던 사업자도 이제는 경제산업성에 사업자 등록을 진행해야 한다.
- (3) 제 3자 인증 제도를 채택한 국가에 도입하려는 제품의 경우 경제산업성이 관리하는 국제 ENERGY STAR 프로그램 웹 페이지 데이터베이스에 제품을 게재하려는 사업자는 인증을 획득했음을 증명하는 해당 국가의 ENERGY STAR 프로그램 시행 기관의 문서를 첨부한 제품 통지서를 제출해야 한다.

일본의 국제 ENERGY STAR 프로그램은 미국 EPA의 새로운 기준 버전에 연동하여 제도 요강 및 운용세칙을 개정하고 운용하고 있다. 미국 EPA에서의 새로운 기준의 수립 또는 개정은 다음과 같은 지침에 따라 실시된다.

- (1) 에너지 효율 개선이 국가 기반으로 실현될 수 있음
- (2) 에너지 효율화에 따라 제품성능의 유지 또는 향상을 볼 수 있음
- (3) 구매자는 상당한 사용 기간을 거쳐 구매 비용을 회수할 수 있음
- (4) 유일한 기술을 특별히 다루지 않음
- (5) 제품의 에너지 소비와 성능을 측정 및 실증할 수 있음
- (6) ENERGY STAR 로고의 표시에 의해 효과적으로 제품을 차별화할 수 있음

일본 국제 ENERGY STAR 프로그램의 대상 제품군은 컴퓨터, 디스플레이 장치, 프린터, 스캐너, 복합기 등과 같은 이미징 장비, 컴퓨터 서버로 구성되어 있으며, 정해진 기준을 충족하는 제품에는 국제 ENERGY STAR 로고의 부착이나 카탈로그 표기가 가능하다. 컴퓨터 서버 대상 제품군은 블레이드형, 멀티노드

42) METI's Comment on Final Draft of Conditions and Criteria for Recognition of Certification Bodies for the ENERGY STAR® Program(2010)

형, 랙 탑재형 또는 타워형 폼 팩터이며, 프로세스 소켓 수가 4개 이하인 컴퓨터 서버로 한정되며, 다음과 같은 제품군은 대상에서 제외된다.

- |                               |
|-------------------------------|
| (1) 일체형 APA를 탑재하여 출고되는 컴퓨터 서버 |
| (2) 완전 무정지형 서버                |
| (3) 서버 어플라이언스                 |
| (4) 고성능 컴퓨터 시스템               |
| (5) 대형 서버                     |
| (6) 블레이드 스토리지를 포함하는 스토리지 장치   |
| (7) 대형 네트워크 장비                |

컴퓨터 서버에 대한 전원장치 효율의 경우, 랙 탑재형 또는 타워형 서버는 출하 전 시점에서 아래 표에 규정된 해당 효과 비율 요건을 충족하거나 초과하는 전원 공급 장치만을 사용하여 구성되어야 하며, 인클로저와 함께 배송되는 블레이드 또는 멀티노드 서버는 인클로저에 전원을 공급하는 모든 전원 공급 장치가 출하 전 시점에서 아래 표에 명시된 해당 효율 요구사항을 충족하거나 초과하도록 구성해야 한다.

<표 2-22> 전원 공급 장치 효율 요구사항

종류	정격 출력 전력	10% 부하	20% 부하	50% 부하	100% 부하
다중 출력 (AC-DC)	모든 출력 수준	해당 없음	90%	92%	89%
단일 출력 (AC-DC)	모든 출력 수준	83%	90%	94%	91%

출처: 일본 ENERGY STAR 프로그램 제도요강과 운용세칙 (컴퓨터 서버 제품 기준)

컴퓨터 서버에 대한 전원 공급 장치 전력량의 경우, 랙 탑재형 또는 타워형 서버는 출력 전력이 75W 이상인 모든 부하 조건 하에서 출하 전 시점에 아래 표에 규정된 해당 역률 조건을 충족하거나 초과하는 전원 공급 장치만을 사용하여 구성되어야 하며, 75W 미만인 경우에는 전원 공급 장치의 역률 측정과 보고를 시행하고 역률 요건은 적용되지 않는다. 인클로저와 함께 배송되는 블레이드 또는 멀티노드 서버의 출력 전력은 75W 이상인 모든 부하 조건 하에

서 새시에 전력을 공급하는 모든 전원 공급 장치가 출하 전 시점에서 아래 표에 규정된 해당 역률 요건을 충족하거나 초과하도록 구성되어 있어야 한다. 75W 미만의 경우에는 전원 공급 장치의 역률 측정과 보고를 시행하며 역률 요건은 적용되지 않는다.

<표 2-23> 전원 공급 장치 역률 요구사항

종류	정격 출력 전력	10% 부하	20% 부하	50% 부하	100% 부하
다중 출력 (AC-DC)	모든 출력 수준	해당 없음	0.80	0.90	0.95
단일 출력 (AC-DC)	출력 정격 ≤ 500W	해당 없음	0.80	0.95	0.95
	500W < 출력 정격 ≤ 1000W	0.65	0.80	0.95	0.95
	출력 정격 > 1000W	0.80	0.90	0.95	0.95

출처: 일본 ENERGY STAR 프로그램 제도요강과 운용세칙 (컴퓨터 서버 제품 기준)

컴퓨터 서버의 활성 상태에 대한 효율은 SERT 평가 도구를 활용하여 산출되며, 산출된 활성 상태 효율은 제품군 내에서 적합성을 목적으로 신고된 모든 구성 및 추가 구성에 대해 아래 표에 기재된 최소 활성 상태 효율 기준 이상이어야 한다.

<표 2-24> 모든 컴퓨터 서버의 활성 상태 효율 기준

제품 기종	활성 상태 효율의 최솟값
단일 탑재 프로세서	
랙 탑재형	11.0
타워형	9.4
블레이드 또는 멀티노드 형	9.0
탄력적인 서버	4.8
2개의 탑재 프로세서	
랙 탑재형	13.0
타워형	12.0
블레이드 또는 멀티노드 형	14.0
탄력적인 서버	5.2
2개 이상의 탑재 프로세서	
랙 탑재형	16.0

제품 기종	활성 상태 효율의 최솟값
블레이드 또는 멀티노드 형	9.6
탄력적인 서버	4.2

출처: 일본 ENERGY STAR 프로그램 제도 요강과 운용세칙 (컴퓨터 서버 제품 기준)

유휴 상태에 대한 전력 효율 측정의 경우, 모든 컴퓨터 서버에 대해 유휴 상태 소비전력 값( $P_{IDLE}$ ,  $P_{BLADE}$  또는  $P_{NODE}$ )의 측정 및 보고는 측정 상황을 포함해야 하며, 블레이드 및 멀티노드 서버의 경우  $P_{TOT\_BLADE\_SYS}$ (블레이드 서버의 총소비전력 측정) 및  $P_{TOT\_NODE\_SYS}$ (멀티노드 서버의 총소비전력 측정)을 각각 보고해야 한다. 유휴 상태에 대한 블레이드 서버의 소비전력 측정 및 산출은 다음과 같은 조건에서 수행되어야 한다.

- (1) 소비전력은 절반만 채워진 블레이드 새시를 사용하여 측정하고 보고해야 한다. 여러 개의 전력 도메인을 가진 블레이드 서버는 블레이드 새시의 절반을 채우는데 가장 가까운 전력 도메인의 수를 선택한다. 절반에 똑같이 가까운 두 가지 선택 사항이 있는 경우 더 많은 수의 블레이드 서버를 사용하는 도메인 또는 도메인 조합으로 테스트한다. 절반만 채워진 블레이드 새시 테스트 중에 테스트된 블레이드 수를 보고해야 한다.
- (2) 절반만 채워진 블레이드 새시 데이터도 제공되는 경우 완전히 채워진 블레이드 새시의 전력을 선택적으로 측정하고 보고할 수 있다.
- (3) 블레이드 새시에 설치된 모든 블레이드 서버는 동일한 구성을 공유해야 한다.
- (4) 블레이드당 서버 소비전력( $P_{BLADE}$ )은 산출식을 통해 계산되어야 한다.

블레이드 서버의 소비전력 측정 및 산출 절차에서의 블레이드당 서버 소비 전력  $P_{BLADE}$ 은 다음과 같은 수식을 통해 산출된다.

$$P_{BLADE} = \frac{P_{TOT\_BLADE\_SYS}}{N_{INST\_BLADE\_SRV}}$$

$P_{TOT\_BLADE\_SYS}$ 는 블레이드 서버 시스템의 총 전력 소비를 의미하고 와트 (W)로 표시되며,  $N_{INST\_BLADE\_SRV}$ 는 측정 대상인 블레이드 새시에 설치된 블

레이드 서버의 수를 의미한다. 유휴 상태에 대한 멀티노드 서버의 소비전력 측정 및 산출은 다음과 같은 조건에서 수행되어야 한다.

- (1) 소비전력은 완전히 채워진 멀티노드 새시를 사용하여 측정하고 보고해야 한다.
- (2) 멀티노드 새시의 모든 멀티노드 서버는 동일한 구성을 공유해야 한다.
- (3) 노드당 소비전력( $P_{NODE}$ )은 산출식을 통해 계산되어야 한다.

멀티노드 서버의 소비전력 측정 및 산출 절차에서의 블레이드당 서버 소비 전력  $P_{NODE}$ 은 다음과 같은 수식을 통해 산출된다.

$$P_{NODE} = \frac{P_{TOT\_NODE\_SYS}}{N_{INST\_NODE\_SRV}}$$

$P_{TOT\_NODE\_SYS}$ 는 멀티노드 서버의 총 전력 소비를 나타내고 와트(W)로 표시되며,  $N_{INST\_NODE\_SRV}$ 는 측정 대상인 멀티노드 새시에 설치된 멀티노드 서버의 수를 의미한다.

이러한 기준에 따라 2019년 10월부터 현재까지 총 68개의 컴퓨터 서버 제품이 일본 ENERGY STAR 프로그램이 등록되어 있으며, 제품에 대한 사양과 앞서 나열한 수식에 의한 측정값들을 공개하고 있다.

[그림 2-18] 일본 ENERGY STAR 프로그램 컴퓨터 서버 제품 등록정보

Model	Manufacturer	Model	Type	Resilient System	CPU	Processor Speed	Cores per Processor	Installed Processor	Memory	Installed Memory	Installed OS	OS	Power Management	ENERGY STAR EPC (W)	IP SLIDE (W)	P (AC/DC) (W)	Release
DELL PowerEdge R750	DELL	1+1+1+1	No	Intel Core i5-2640	2.5GHz	10	2	SR Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Server 2016	Yes	10	104.4	201502	
DELL EMC or DELL PowerEdge C630	EMC	1+1+1+1	No	AMD SPYC T120	2.3GHz	10	2	SAMD AMD Xeon E5-2640	20480	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	8.1	125.8	201509	
DELL EMC or DELL PowerEdge C630	EMC	1+1+1+1	No	Intel Core E5-2640	2.5GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.2	212.6	201508	
DELL EMC or DELL PowerEdge T310	EMC	1+1+1+1	No	Intel Xeon E5-2640	2.5GHz	8	1	SAMD AMD Xeon E5-2640	12288	8	3000	Microsoft Server 2016	Yes	26.9	50.8	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge T310	EMC	1+1+1+1	No	Intel Xeon E5-2640	2.5GHz	8	1	Intel Xeon E5-2640	12288	8	3000	Microsoft Server 2016	Yes	26.9	50.7	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R230	EMC	1+1+1+1	No	Intel Xeon E5-2640	2.5GHz	8	1	SAMD AMD Xeon E5-2640	8448	2	3000	Microsoft Server 2016	Yes	26.9	43.3	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R230	EMC	1+1+1+1	No	AMD SPYC T120	2.3GHz	8	1	SAMD AMD Xeon E5-2640	8448	2	3000	Microsoft Server 2016	Yes	26.9	43.3	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R230	EMC	1+1+1+1	No	Intel Core E5-2640	2.5GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	42.4	168.170	201506	
DELL EMC or DELL PowerEdge R230	EMC	1+1+1+1	No	Intel Xeon E5-2640	2.5GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	42.4	168.170	201506	
DELL EMC or DELL PowerEdge R680	EMC	1+1+1+1	No	Intel Xeon E5-2640	2.5GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.4	146.220	201506	
DELL EMC or DELL PowerEdge R680	EMC	1+1+1+1	No	AMD SPYC T120	2.3GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.4	146.220	201506	
DELL EMC or DELL PowerEdge R680	EMC	1+1+1+1	No	Intel Xeon E5-2640	2.5GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	45	488.7	201506	
DELL EMC or DELL PowerEdge R680	EMC	1+1+1+1	No	AMD SPYC T120	2.3GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	45	488.7	201506	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	AMD SPYC T120	2.3GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	8.1	89.2	201506	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	Intel Core E5-2640	2.5GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.0	87.2	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	AMD SPYC T120	2.3GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.2	127.3	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	Intel Core E5-2640	2.5GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	AMD SPYC T120	2.3GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	Intel Core E5-2640	2.5GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	AMD SPYC T120	2.3GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	Intel Core E5-2640	2.5GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	AMD SPYC T120	2.3GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	Intel Core E5-2640	2.5GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	AMD SPYC T120	2.3GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	Intel Core E5-2640	2.5GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	AMD SPYC T120	2.3GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	Intel Core E5-2640	2.5GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	AMD SPYC T120	2.3GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	Intel Core E5-2640	2.5GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	AMD SPYC T120	2.3GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	Intel Core E5-2640	2.5GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	AMD SPYC T120	2.3GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	Intel Core E5-2640	2.5GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	AMD SPYC T120	2.3GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	Intel Core E5-2640	2.5GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	AMD SPYC T120	2.3GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	Intel Core E5-2640	2.5GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	AMD SPYC T120	2.3GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	Intel Core E5-2640	2.5GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	AMD SPYC T120	2.3GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	Intel Core E5-2640	2.5GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	AMD SPYC T120	2.3GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	Intel Core E5-2640	2.5GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	AMD SPYC T120	2.3GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	Intel Core E5-2640	2.5GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	AMD SPYC T120	2.3GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	Intel Core E5-2640	2.5GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	AMD SPYC T120	2.3GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	Intel Core E5-2640	2.5GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	AMD SPYC T120	2.3GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	Intel Core E5-2640	2.5GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	AMD SPYC T120	2.3GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	Intel Core E5-2640	2.5GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	AMD SPYC T120	2.3GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	Intel Core E5-2640	2.5GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	AMD SPYC T120	2.3GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	Intel Core E5-2640	2.5GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	AMD SPYC T120	2.3GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	Intel Core E5-2640	2.5GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	AMD SPYC T120	2.3GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	Intel Core E5-2640	2.5GHz	10	2	Intel Xeon E5-2640	15360	16	3000	Microsoft Windows Server 2016	Yes	11.3	104.5	201507	
DELL EMC or DELL PowerEdge R750	EMC	1+1+1+1	No	AMD SPYC T120	2.3GHz												

## 2) Top-Runner Program

일본의 에너지 소비는 제2차 세계대전 이후 경제 발전과 함께 급속히 확대되었으나, 일본은 국내 에너지 자원이 거의 없으며 대부분의 에너지를 해외 에너지원에 의존하고 있어 일본의 에너지 공급 구조는 본질적으로 취약하다는 특징이 있었다. 1970년대 1, 2차 석유파동으로 인한 혼란은 일본 에너지 정책에 많은 영향을 미쳤다<sup>43)</sup>. 두 차례의 석유파동을 계기로 합리적인 에너지 사용 방법에 대한 대중의 관심이 집중되었고, 에너지 비용에 대한 우려가 큰 산업계에서는 에너지 절약이 급속히 발전했다. 일본은 이러한 추세를 의식하여 1979년에 '에너지의 합리적 이용에 관한 법률(에너지절약법)'을 제정하여 에너지 절약 활동의 법적 근거를 마련하고 지원 정책을 강화하고 추진하였다<sup>44)</sup>.

1997년 12월 제3차 기후변화총회(COP3)에서 채택된 교토의정서(Kyoto Protocol)를 통해 온실가스 감축 목표가 수립되었으며, 지구온난화 대책의 선도적 대책으로 강화된 에너지 절약 대책이 명시되었다. 이에 따라 일본은 다양한 에너지 절약 조치의 법적 기반을 강화한다는 목표로 1998년 6월 에너지 절약법을 개정하였으며, 주거·상업 부문과 교통 부문의 핵심적인 에너지 절약 대책으로 기계, 장비, 기타 품목에 대한 에너지 소비 효율 기준을 확립하기 위해 탑 러너 프로그램(Top-Runner Program)을 도입하였다<sup>45)</sup>. 탑 러너 프로그램은 동종의 제품군 중에서 가장 에너지 효율이 높은 제품을 효율 목표 기준으로 설정하고 이를 충족하지 못하는 다른 제품들은 일정 기간 내에 목표 기준을 충족하도록 규제하는 제도<sup>46)</sup>로, 처음에는 11개 제품군이 탑 러너 프로그램에 지정되었으며 현재는 32개 제품군으로 구성되어 있다<sup>47)</sup>. 탑 러너 프로그램에 선정된 제품군은 다음과 같은 요건을 만족해야 한다.

43) 출처: 일본의 에너지 절약 제도 분석과 시사점, 에너지경제연구원

44) 출처: Japan Energy Conservation Handbook 2013, The Energy Conservation Center, Japan

45) 출처: Top Runner Program General Brochure, 일본 경제산업성(METI), 2015

46) 출처: 탑-러너 제도의 친환경적 도입 방안 연구, 에너지경제연구원, 2010

47) 탑 러너 프로그램의 대상 제품군은 일본 경제산업성 자원에너지청([www.enecho.meti.go.jp](http://www.enecho.meti.go.jp))에서 확인 가능

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 일본에서 대량으로 사용되는 제품군</li> <li>(2) 사용 중 상당한 양의 에너지를 소비하는 제품군</li> <li>(3) 에너지 소비 성능을 개선하기 위한 특별한 노력이 필요한 제품군</li> </ul> |
|---|

탐러너 프로그램의 기준치 설정을 위해서는 먼저 기계, 설비, 기타 품목의 대상 범위, 에너지 소비 효율 측정 방법 등을 결정한다. 이후 산업체와 협력하여 현재 시장에 출시된 모든 제품의 에너지 소비 효율을 측정한다. 그 결과 데이터를 이용하여 가장 최신의 최대 효율 값을 결정한다. 목표 연도의 경우, 사회적인 관점에서 장비의 에너지 절약 및 효율을 어떻게 요구하는지, 제조업체의 제품 개발 계획 및 용량 등을 고려하여 결정한다. 목표 표준값(Top-Runner Standard Value)은 목표 연도를 향한 잠재적인 기술 개발을 평가하고 그 이상의 최대 효율 값에 기술 개발을 추가하여 결정한다. 분류 기준 작업 그룹은 모든 항목이 논의된 후 잠정 결정을 내리고 보고서를 공개하여 대중의 의견을 수렴하고, 수렴된 의견을 고려하여 최종 보고서를 작성한다. 그 후 에너지 효율 및 보존 관련 위원회의 승인에 의해 탐 러너 표준의 초안이 결정된다. 이렇게 결정된 표준 제정 시 수입 제품에 대한 무역 장벽을 피하기 위해 탐 러너 표준 초안을 WTO/TBT<sup>48)</sup>에 보고한다. 이러한 절차가 완료되면 정부 및 기타 조례 개정 및 입법안 제정 절차를 수행한다.

컴퓨터 제품군에서는 다음과 같은 특징을 제외한 서버형 컴퓨터 및 클라이언트형 컴퓨터를 대상 범위로 정의하고 있다.

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 처리장치, 주기억장치, 입출력(I/O) 컨트롤러 및 전원 공급 장치가 구조적으로 다중화된 장치</li> <li>(2) 4개 이상의 CPU를 사용하여 연산을 수행할 수 있는 장치</li> <li>(3) 입출력 신호 전송 채널이 512개 이상인 장치<br/>(최대 데이터 전송 속도가 10GB/s 이상인 장치에 한함)</li> </ul> |
|---|

---

48) WTO/TBT(World Trade Organization: Agreement on Technical Barriers to Trade) : 기술 규정, 표준 및 적합성 평가 절차가 국제무역에 불필요한 장애를 초래하지 않도록 보장하기 위해 WTO 모든 회원국을 대상으로 강제력을 가지는 협정

- (4) 서버형 컴퓨터에서 비트 수가 다른 명령을 실행할 수 있도록 설계된 CPU를 사용한 장치 중 컴퓨터마다 전용으로 설계된 CPU가 탑재된 장치
- (5) 다양한 비트 수의 여러 명령을 실행하도록 설계된 CPU와 64비트 컴퓨터 아키텍처 전용으로 설계된 CPU를 가진 서버형 컴퓨터
- (6) 서버형 컴퓨터에서 비트 수가 다른 명령을 실행할 수 있도록 설계된 CPU 이외의 CPU를 사용한 장치 중 십진 부동소수점 연산을 수행하는 기능이 없는 CPU가 탑재된 장치
- (7) 내장된 전지를 이용하여 전력선으로부터 전력을 공급받지 않고 사용되는 장치

서버형 컴퓨터에 대한 목표 기준치는 다음 표와 같이 정의되며, 측정된 에너지 소비 효율이 CPU 구분에 따라 정의된 기준 에너지 소비 효율 이하가 되지 않아야 한다.

<표 2-25> 서버형 컴퓨터 구분 및 목표 기준치

CPU 종류	구분		기준 에너지 소비효율
	CUP 소켓 수	구분 명	
x86 <sup>49)</sup>	1	1	8.9
	2	2	11.9
	4	3	8.9
SPARC <sup>50)</sup>	1	4	6.3
	2	5	4.2
	4	6	3.5
Power <sup>51)</sup>	1	7	4.6
	2	8	4.9
	4	9	4.2

출처: 일본 경제산업성(METI), Top-Runner Program 브로셔

49) x86 : 다양한 비트 수의 명령을 실행하도록 설계된 CPU를 의미하며, 각 컴퓨터 전용으로 설계된 것이 아니라 32비트 아키텍처와 호환되는 64비트 아키텍처를 갖추고 있음  
 50) SPARC : 다양한 비트 수의 여러 명령어를 실행하도록 설계된 것 이외의 CPU를 의미하며, 소수 부동소수점 연산을 수행하는 기능과 레지스터 제어 기능을 갖추고 있음  
 51) Power : 다양한 비트 수의 여러 명령을 실행하도록 설계된 것 이외의 CPU를 말하며, 소수 부동소수점 연산을 수행하는 기능은 있으나 레지스터 제어 기능을 갖추지 않음

서버형 컴퓨터의 에너지 소비 효율은 SERT v2.0을 기반으로 CPU, 메모리, 스토리지의 성능을 와트로 나타낸 수치로 나누어 얻어지는 수치로 활용하며, 서버형 에너지 소비 효율인  $Eff_{SERVER}$ 은 다음과 같은 식에 의해 산출된다.

$$Eff_{SERVER} = \exp\left(0.65 \times \ln(WLo_{CPU}) + 0.3 \times \ln(WLo_{MEMORY}) + 0.05 \times \ln(WLo_{STORAGE})\right)$$

위의 수식에서  $WLo_{CPU}$ 는 CPU 워크로드에 대한 에너지 소비 효율을 의미하며,  $WLo_{MEMORY}$ 는 메모리 워크로드에 대한 에너지 소비 효율,  $WLo_{STORAGE}$ 는 스토리지 워크로드의 에너지 소비 효율을 의미한다. 워크로드의 에너지 소비 효율은 측정된 각 워크렛의 에너지 소비 효율을 기하평균으로 산출하고 CPU, 메모리, 스토리지 워크로드는 각각 다음 식을 활용한다.

$$WLo_{CPU} = \exp\left(\frac{1}{n_i} \times \sum_i^{n_i} \ln(WL_{CPU,i})\right)$$

$WLo_{CPU}$ 는 CPU 워크로드에 대한 에너지 소비 효율을 의미하며, 위의 수식에서  $WL_{CPU,i}$ 는 CPU 워크로드에 포함된 각 워크렛의 에너지 소비 효율을 나타낸다.  $n_i$ 은 워크로드에 포함된 워크렛의 수를 의미하며, CPU 워크로드는 7개의 워크렛(Compress, CryptoAES, LU, SHA256, SOR, SORT, SSJ)을 활용한다. 각 워크렛에 대한  $WL_{CPU}$ 는 다음과 같은 수식을 통해 산출된다.

$$WL_{CPU} = \exp\left(\left(\frac{1}{n_2}\right) \times \sum_j^{n_2} \ln(L_{CPU,j})\right) \times 1000$$

위의 수식에서  $L_{CPU,j}$ 는 CPU 워크렛의 각 부하 수준에 대한 에너지 소비 효율을 의미하며,  $n_2$ 는 각 워크렛에 대한 부하 수준의 수를 나타낸다. Compress,

CryptoAES, LU, SHA256, SOR, SORT 워크렛은 25%, 50%, 75%, 100%의 부하 수준에 대해 에너지 소비 효율을 측정하며, SSJ 워크렛은 12.5%, 25%, 37.5%, 50%, 62.5%, 75%, 87.5%, 100%의 부하 수준에 대한 에너지 소비 효율 측정이 진행된다. 메모리 워크로드를 의미하는  $WLo_{MEMORY}$ 는 다음과 같은 수식을 통해 산출된다.

$$WLo_{MEMORY} = \exp\left(\frac{1}{n_i} \times \sum_i^{n_1} \ln(WL_{MEMORY,i})\right)$$

$WL_{MEMORY,i}$ 는 메모리 워크로드에 포함된 각 워크렛의 에너지 소비 효율을 의미하며, 메모리 워크로드는 2개의 워크렛(Flood3, Capacity3)을 활용하여 산출된다. 각 워크렛에 대한  $WL_{MEMORY}$ 는 다음과 같은 수식을 통해 산출된다.

$$WL_{MEMORY} = \exp\left(\left(\frac{1}{n_2}\right) \times \sum_j^{n_1} \ln(L_{MEMORY,j})\right) \times 1000$$

$L_{MEMORY,j}$ 는 메모리 워크렛의 각 부하 수준에 대한 에너지 소비 효율을 나타내며, Flood3 워크렛은 50%, 100%의 부하 수준에 대해 에너지 소비 효율을 측정하고, Capacity3 워크렛은 4GB, 측정 대상 제품에 탑재할 수 있는 메모리 용량의 1/2 부하 수준에 대해 에너지 소비 효율을 측정한다. 스토리지 워크로드를 나타내는  $WLo_{STORAGE}$ 는 다음과 같은 수식을 활용한다.

$$WLo_{STORAGE} = \exp\left(\frac{1}{n_i} \times \sum_i^{n_1} \ln(WL_{STORAGE,i})\right)$$

$WL_{STORAGE,i}$ 는 스토리지 워크렛의 각 부하 수준에 대한 에너지 소비 효율을 나타내며, 스토리지 워크로드는 2개의 워크렛(Random, Sequential)을 통해 산출

된다. 각 워크렛에 대한  $WL_{STORAGE}$ 는 다음과 같은 수식을 활용하여 산출된다.

$$WL_{STORAGE} = \exp\left(\left(\frac{1}{n_2}\right) \times \sum_j^{n_1} \ln(L_{STORAGE,j})\right) \times 1000$$

$L_{STORAGE,j}$ 는 스토리지 워크렛의 각 부하 수준에 대한 에너지 소비 효율을 의미하며, Random, Sequential 워크렛은 50%, 100%의 부하 수준에 대한 에너지 소비 효율을 측정한다.

탑 러너 기준에 규정된 기계·장비를 제조 또는 수입하는 기계·장비 종류별 가중평균값이 목표회계연도까지 기준값을 달성해야 한다. 기준 달성 여부를 확인하기 위해 대상 연도 직후에 기계·장비 제조업체에 설문지를 배포하고 대상 연도의 출하 대수, 에너지 소비 효율 등에 대한 정보를 취득하며, 이에 대한 조사는 에너지 절약법 시행을 담당하는 천연자원에너지청에서 실시한다.

에너지 효율 조사 결과가 판정 기준에 비해 현저히 낮은 것으로 보이고, 당시 에너지 효율을 적절히 개선할 필요성이 인정될 때는 필요에 따라 해당 제조업체에 권고사항을 제시한다. 또한, 권고사항을 따르지 않으면 권고사항을 공표하고 제조업체에게 권고사항을 따르도록 명령할 수 있다.

이러한 권고사항 및 조건의 대상이 되는 제조업체는 일본 내 에너지 소비에 실질적인 영향을 미치는 것으로 판단되는 제조업체로 한정되어야 한다. 또한, 조직 역량이 경제적·재정적으로 충분히 확고한 제조업체 즉, 사회적인 적정성에 문제가 없을 제조업체로 대상을 한정해야 한다.

또한, 다수의 항목 중 부분적으로 목표를 달성하지 못한 항목이 있는 경우, 제조업체에게 바로 조언하는 것은 적절하지 않다. 대신 목표를 달성하지 못한 이유, 동일한 분야 내 다른 기업의 성취 기록, 해당 기업의 다른 부문에서 성취 기록, 전체 부문에서 목표 기준을 달성하지 못한 부문의 비율 등을 종합적으로 평가한다. 탑 러너 프로그램 제도에 따라 서버형 컴퓨터의 에너지 소비 효율 측정값은 성능표시가 표기되는 카탈로그나 판매촉진을 위해 제조사 등이 제공

하는 서류 등을 통해 쉽게 알아볼 수 있는 위치에 표시되어야 한다.

[그림 2-19] 탑 러너 프로그램 제도에 따른 에너지 소비효율 표시

対応OS (オペレーティングシステム)	Windows Server 2012 R2 (64bit) Windows Server 2016 R2 (64bit)	Linu
停電保護機能	電源供給時間: 最大約7分 充電時間: 約48時間 ※ニッケル水素バッテリー使用 (定期交換3年) …回収対象の小形二次電池	
使用温度・湿度範囲	5℃~35℃ 10%~80%RH (ただし、結露しないこと)	
省エネルギー法 (2021年度基準) に基づくエネルギー消費効率 <sup>※1</sup>	9.2 (区分1)	
保存温度・湿度範囲	-20℃~60℃ 10%~90%RH (ただし、結露しないこと)	
外形寸法	横置き時: 315 (W) ×401 (D) ×113 (H) mm 縦置き時: 146 (W) ×401 (D) ×331 (H) mm ※ゴム	
質量 (重量)	約8.5kg	

※1 エネルギー消費効率とは、中央演算処理装置、補助記憶装置及び主記憶装置の消費電力あたりの性能を幾何平均して得られる数値です。

**導入・保守**  
++ポータル++

출처: 도시바 상품 페이지(<https://www.toshibatec.co.jp/products/system/xp9500/>)

[그림 2-19]와 같이 에너지 소비효율 측정값이 9.2임을 표기하였으며, 해당 측정값이 구분 '1'에 대한 기준 에너지 소비효율 값인 8.9 이상임을 확인할 수 있다.

## 라. 중국 서버 에너지 인증

### 1) 에너지 효율 라벨(CEL: China Energy Label)

2005년 3월 1일, 급격한 경제 성장과 함께 심각해지는 에너지 문제 해결을 위해 중국은 국가발전개혁위원회(国家发展和改革委员会/NDRC)와 국가질량감독검역총국(国家质量监督检验检疫总局)의 주도로 에너지 효율 라벨 관리법(能源效率标识管理办法)을 제정하였다. 이 법은 에너지 소비 효율이 높은 제품을 촉진하고 소비자의 에너지 절약 의식을 제고하여 에너지 절약과 녹색 소비를 실현하기 위한 목적으로 제정되었다.

중국의 에너지 효율 라벨 제도는 냉장고, 에어컨, 텔레비전, 세탁기, 전기밥솥, 전등, 자동차 등 에너지 소비가 큰 제품을 대상으로 적용되었으며, 라벨은 1등급부터 5등급까지 5개 등급으로 구분되어 있고 1등급이 가장 높은

에너지 효율을 나타낸다. 라벨에는 제품 모델명, 제조사, 에너지 소비 효율 등급, 연간 예상 에너지 소비량 등이 명확하게 표시되어 소비자가 쉽게 제품의 에너지 효율을 비교하고 선택할 수 있도록 한다. 또한, 제조 및 판매 규제를 통해 에너지 효율 라벨 획득 제품만 제조 및 판매할 수 있게 하고, 정부 기관에 의한 시장 감시 및 위반 시 제재 방안을 마련하였다. 이러한 규제는 에너지 효율이 낮은 제품의 생산 및 판매를 제한하고, 고효율 제품의 시장 진입을 촉진하는 데 기여하도록 목적을 둔다.

2005년 처음 도입된 에너지 효율 라벨 제도는 시대적 요구와 기술 발전에 맞춰 지속해서 개선되고 있다. 2016년 6월 1일 에너지 효율 표기 관리법 개정법(新版能源效率标识管理办法) 발표를 통해 라벨 디자인 변경, 라벨 정보 추가, 에너지 효율 기준 강화, 라벨 위조 방지 강화 등의 주요 내용을 개정하였으며, 2021년 친환경 경제 발전을 선언한 공업 녹색발전 14·5 계획<sup>52)</sup> 발표 후 에너지 효율 라벨 관리에 대한 중요성, 범위가 더 넓어지고 있다.

개정된 라벨은 더욱 시각적으로 명확하고 정보량이 풍부해져 소비자의 이해를 높였으며, 에너지 효율 기준 강화를 통해 고효율 제품의 비중을 확대하였다. 또한, 라벨 위조 방지 기술 도입을 통해 제도의 신뢰성을 높이고 소비자를 보호하는 데에도 집중하고 있다. 2024년 4월 1일 "선진화된 수준의 에너지 효율성, 에너지 절약 수준 및 액세스 수준"을 공지하여 규제 적용 대상을 확장하고 일부 품목의 에너지 효율 기준을 상향하였다. 적용 대상은 2022년 판 규제 대비 22개 제품이 추가되었으며, 특히 서버 제품이 정보통신설비 범주에 추가되었으며 에너지 효율 표기 관리법 대상 제품과 추가된 제품(굵은 밑줄 글씨)은 아래 표와 같이 정리되어 있다.

---

52) 제14차 5개년 계획(2020~2025) 기간 동안 산업의 저탄소 전환과 에너지 효율 향상을 도모하는 '5대 목표'와 '주요 임무'를 발표하고 계획함

<표 2-26> 에너지 효율 표기 관리법 개정법(新版能源效率标识管理办法)

범주	중국의 인증제도
산업용 설비 (10개)	3상 비동기 모터, 전력변압기, <u>산업용 보일러, 청소기, 전기용접기,</u> 용적식 공기압축기, 송풍기, 수중 전동 펌프, 영구자석 동기 모터, <u>고압</u> <u>3상 케이지형 비동기 모터</u>
정보통신설비 (4개)	<u>데이터센터, 서버, 통신기지국, 디스플레이</u>
운송설비 (2개)	<u>충전스테이션, 전기자동차용 전기 모터 시스템</u>
상업용 설비 (11개)	멀티형 에어컨(히트펌프), 유닛형 에어컨, 저온 환경 공기열 히트펌프(수냉식), 히트펌프 온수기, 간접냉각식 진열 냉장고, <u>직접냉각식 상업용냉장고, 냉수기, 상업용 전기레인지, 상업용</u> <u>가스레인지, 태양광 계통연계형 인버터, 결정질 실리콘 태양광 모듈</u>
가전제품 (11개)	실내용 에어컨, 가정용 냉장고, 세탁기, <u>평면 TV, 공기청정기,</u> 저장형전기온수기, 가정용 가스레인지, <u>전기밥솥, 레인지 후드,</u> <u>전기주전자및 유사 전기포트, 전기레인지</u>
조명기구 (4개)	<u>LED 평판 램프, LED 원형 램프, 확산형 안정기 내장형 LED 램프,</u> 도로및 터널용 LED 조명기구

출처: 한국기계전기전자시험연구원, 무역기술장벽(TBT) 심층분석 보고서

에너지 효율 라벨 대상 제품은 적용되는 표준에 따라 에너지 효율을 시험 한 후 등급에 따른 마크를 부착해야 하고, 포장이나 사용 설명서에 효율 등급 설명을 기재해야 한다. 마크는 생산업체명, 제품규격 모델명, 에너지효율등급, 에너지 효율 지표, 에너지 효율 강제성 국가표준번호, QR코드를 표시하게 되어있으며, QR코드를 통해 제품 정보, 품질 등의 정보를 확인할 수 있도록 해야 한다. 에너지 효율 라벨의 규제 기관은 중국시장감독관리총국(中国市场监督管理总局)이며, 이하 산하기관인 중국표준연구원(中国标准研究院, CNIS)에서 관련 인증을 담당하고 있다.

## 2) 중국 국가표준(GB 43630-2023)

중국 표준연구원 및 화웨이 기술 유한공사, 중국정보통신연구원, LENOVO 등

이 참여하여 2023년 12월 29일 타워 및 랙 서버의 에너지 효율성 제한 및 에너지 효율성 등급(塔式和机架式服务器能效限定值及能效等级)을 발표하였으며, 국가 표준화 관리 위원회(NCIS)는 23개의 필수 국가표준을 승인했으며 표준 목록에는 GB 43630-2023 표준(타워 및 랙 서버의 에너지 효율성 제한 및 에너지 효율성 등급)이 포함되었다. 표준은 서버 효율성 테스트 방법 및 부하 테스트 도구인 BenchSEE(Benchmark of Server Energy Efficiency)에 대해 기술한다.

GB 43630-2023 표준에 정의된 서버의 에너지 효율성 수준은 다음 표와 같이 세 가지 수준으로 구분된다.

<표 2-27> 서버 유형별 에너지 효율성 수준

CPU 공정 구분	서버 유형		서버 에너지 효율성		
			레벨1	레벨2	레벨3
14nm 이상 및 Non-EUV 노광 공정	타워형	single CPU	≥25.0	≥15.0	≥5.0
		dual CPU	≥30.0	≥20.0	≥7.5
	랙 마운트	single CPU	≥25.0	≥20.0	≥10.0
		dual CPU	≥30.0	≥25.0	≥15.0
14nm 미만 공정	타워형	single CPU	≥40.0	≥25.0	≥7.5
		dual CPU	≥60.0	≥30.0	≥15.0
	랙 마운트	single CPU	≥45.0	≥40.0	≥12.5
		dual CPU	≥70.0	≥45.0	≥25.0

출처: GB 43630-2023, Chinese technical standard (2023)

CPU의 구분은 공정의 세대를 통해 구분되며, 레벨1의 에너지 효율성이 가장 높다. 각 공정과 특징에 따라 각 서버는 위의 표에 따른 에너지 효율성 요구사항을 준수해야 한다.

서버 에너지 효율성 벤치마크 도구인 BenchSEE<sup>53)</sup>를 통해 서버 에너지 효율성을 측정할 수 없는 경우에만 ISO/IEC 21836:2020 표준의 지침에서

지정하고 있는 서버 에너지 효율성 테스트 도구인 SERT 2.0를 사용하여 에너지 효율성 점수를 산정할 수 있으며 해당 기준은 다음 표와 같다.

<표 2-28> SERT 2.0 에너지 효율성 점수 요구사항

서버 유형		서버 에너지 효율성 점수
타워형	single CPU	≥ 12.9
	dual CPU	≥ 13.1
랙 마운트	single CPU	≥ 11.9
	dual CPU	≥ 13.5

출처: GB 43630-2023, Chinese technical standard (2023)

GB 43630-2023 표준에서는 서버 에너지 효율성을 측정하기 위한 테스트 환경에 대한 요구사항을 명시하고 있다. 테스트 환경 권장 온도는  $25\pm 5^{\circ}\text{C}$ 를 만족해야 하고, 대기압은 86kPa ~ 106kPa을 만족해야 한다. 공칭 전력이 1.5kW 이하인 테스트 서버일 경우 PSU(전원공급장치)는 AC( $220\pm 1\%$ ), 공칭 전력이 1.5kW를 초과하는 서버일 경우 PSU는 AC( $220\pm 4\%$ )를 만족해야 한다. 또한, 공칭 전력이 1.5kW 이하인 테스트 서버일 경우 PSU(전원공급장치)는 PSU의 고조파 왜곡(THD, Total Harmonic Distortion)은 2%를 초과해서는 안 되며, 공칭 전력이 1.5kW를 초과하는 서버일 경우 PSU의 고조파 왜곡은 5%를 초과해서는 안 된다. 전원 입력 주파수는 ( $50\pm 1\%$ ) Hz를 만족해야 한다. 전력 계측기는 AC 전원과 테스트 대상 서버(SUT) 사이에 직접 연결하며, 연결을 위해 무정전 전원 공급 장치(UPS)가 사용되어서는 안 된다. 전력 계측기와 온도 센서 데이터 출력 인터페이스는 테스트 컴퓨터의 입력 인터페이스를 통해 연결하여 인가된 프로그램을 통해 자동으로 기록되어야 한다. 테스트에 사용되는 서버 에너지 효율 테스트 벤치마크

53) Benchmark of Server Energy Efficiency (BenchSEE) : 서버 제품의 에너지 효율성을 테스트 하기 위해 중국 국립 표준화 연구소(CNIS) 자원 환경 부서에서 개발한 벤치마크 소프트웨어

도구(BenchSEE)는 유효한 버전 중 최신 버전을 활용하여 테스트가 진행되어야 한다.

서버 에너지 효율성을 측정하기 위한 대상 서버에는 CPU, 메모리, 하드디스크, 운영 체제가 모두 포함되어야 하며, CPU 슬롯은 모두 CPU가 장착된 상태로 테스트가 진행되어야 한다. GPU, DPU, NPU 등 가속기를 포함하는 서버의 경우, 모든 확장 보조 처리 가속기를 제거해야 한다. 온도 센서는 대상 테스트 서버의 공기 흡입구에 배치되어야 하며, 테스트 호스트 컴퓨터와 대상 테스트 서버 사이의 네트워크 연결 속도는 1Gb/s 이상 이어야 한다.

테스트 서버의 활성 상태(Active State) 컴퓨팅 테스트 부하 중 CPU 테스트 부하에는 AES(Advanced Encryption Standard), Compress(압축 알고리즘), LU(행렬 연산), OLTP, 256비트 해시 알고리즘(SHA256), SOR(연속적 완화가속법), SORT(정렬 알고리즘) 연산이 있으며, 각각 설정된 부하 수준에 따라 순차적으로 실행된다.

<표 2-29> CPU 테스트 부하 연산 및 부하 수준

No.	부하 연산	부하 수준
1	AES	25%, 50%, 75%, 100%
2	Compress	25%, 50%, 75%, 100%
3	LU	25%, 50%, 75%, 100%
4	OLTP	12.5%, 25%, 37.5%, 50%, 62.5%, 75%, 87.5%, 100%
5	SHA256	25%, 50%, 75%, 100%
6	SOR	25%, 50%, 75%, 100%
7	SORT	25%, 50%, 75%, 100%

출처: GB 43630-2023, Chinese technical standard (2023)

메모리 테스트 부하에는 메모리 캐시(Cache) 테스트, 메모리 대역폭(Stream)

테스트 부하가 있으며, 각각 설정된 부하 수준에 따라 순차적으로 실행된다.

<표 2-30> 메모리 테스트 부하 연산 및 부하 수준

No.	부하 연산	부하 수준
1	Cache	50%, 100%
2	Stream	50%, 100%

출처: GB 43630-2023, Chinese technical standard (2023)

스토리지(저장장치) 테스트 부하에는 랜덤(Random) 스토리지 테스트, 순차(Sequential) 스토리지 테스트 부하가 있으며, 각각 설정된 부하 수준에 따라 순차적으로 실행된다.

<표 2-31> 스토리지 테스트 부하 연산 및 부하 수준

No.	부하 연산	부하 수준
1	Random	50%, 100%
2	Sequential	50%, 100%

출처: GB 43630-2023, Chinese technical standard (2023)

CPU 테스트 부하에 대한 에너지 효율 계산은 다음과 같은 수식을 통해 산출된다.

$$r_{cpu_{ij}} = \frac{S_{cpu_{ij}}}{e_{cpu_{ij}}}$$

$$R_{cpu_i} = \prod_{j=1}^n r_{cpu_{ij}}$$

$i$ 는 부하 테스트 종류를 나타내고,  $j$ 는 부하 수준을 나타낸다.  $S_{cpu_{ij}}$ 는 각 테스트 레벨( $i, j$ )에서의 정규화된 성능 값(단위: point)을 나타내며,  $e_{cpu_{ij}}$ 는 각 테스트 레벨( $i, j$ )에서의 서버의 전력 소비량(단위: Wh),  $R_{cpu_i}$ 는 테스트 유형( $i$ )의 부하에 따른 에너지 효율(단위: point/Wh)을 나타낸다.  $n$ 은 각 테스트 유형별 부하 수준의 개수를 나타낸다. 메모리 및 스토리지 테스트 부하를 산출하기 위한 수식은 아래와 같다.

$$r_{mem\_ij} = \frac{S_{mem\_ij}}{e_{mem\_ij}}, R_{mem\_i} = \prod_{j=1}^n r_{mem\_ij}$$

$$r_{sto\_ij} = \frac{S_{sto\_ij}}{e_{sto\_ij}}, R_{sto\_i} = \prod_{j=1}^n r_{sto\_ij}$$

위와 같은 수식들을 통해 산출된 각 부하 연산을 활용하여 CPU, 메모리, 스토리지 테스트 부하에 대한 에너지 효율을 산출한다.

$$SEE_{cpu} = \prod_{i=1}^7 R_{cpu\_i}^{1/7}$$

$$SEE_{mem} = \prod_{i=1}^2 R_{mem\_i}^{1/2}$$

$$SEE_{sto} = \prod_{i=1}^2 R_{sto\_i}^{1/2}$$

CPU, 메모리, 스토리지에 대한 에너지 효율 값을 나타내는  $SEE_{cpu}$ ,  $SEE_{mem}$ ,  $SEE_{sto}$  이 산출되면 아래 수식과 같이 가중치를 적용하여 최종 서버 에너지 효율  $E_{server}$  을 계산한다.

$$E_{server} = SEE_{cpu}^{0.65} \times SEE_{mem}^{0.3} \times SEE_{sto}^{0.05}$$

## 마. 국내 서버 에너지 인증

### 1) 그린데이터센터 인증

해외 주요 국가에서는 데이터센터의 에너지 효율성 확보를 위해 아래 표와 같이 PUE를 기준으로 데이터센터 인증제도를 운영하고 있다.

<표 2-32> 해외 주요 데이터센터 인증제도

국가	제도명	내용
유럽	CoC	데이터센터 에너지사용량 및 측정 절약가능한 Action Plan, Best Practice 의무 보고
영국	CEEDA	에너지효율(PUE) 및 정성적 평가에 따른 등급 부여
미국	ENERGY STAR for DC	PUE 기반의 인증, 예측 PUE값과 실제 PUE 값을 비교하여 순위 결정 및 스타라벨 부여

출처: 2023 제12회 그린데이터센터인증설명회, 한국데이터센터연합회

이에 따라 2012년 국내 데이터센터의 고효율 및 저전력화를 통한 에너지 효율성 확보를 위해 그린데이터센터 인증제도를 출범했다. 그린데이터센터 인증제도는 데이터센터 설계단계부터 에너지 사용량, 냉각효율, 입지적 특성, PUE 등을 고려하여 데이터센터의 에너지 효율에 의한 인증기준과 적합성 심사를 통해 기준 이상의 에너지 효율을 달성하고 있는 여부를 확인하고, 이에 따라 인증등급을 부여하거나 에너지 효율을 검증하는 민간자율인증제도이다. 그린데이터센터 인증제도는 아래 표와 같이 3가지 유형으로 구분된다.

<표 2-33> 그린데이터센터 인증제도 유형

구분	본인증	예비인증	설계인증
설명	인증등급이 부여되는 대표인증	인증 참여 전 운영데이터가 부족한 경우 일부 데이터로 참여가능한 인증	설계 시 데이터센터의 PUE 검증 인증
평가 기준	GDC 평가기준 Ver.4 (PUE 80점 + 그린활동 20점) + 가점 5점	GDC 평가기준 Ver.4 (iPUE 80점 + 그린활동 20점)	GDC 설계평가 (dPUE)
인증 등급	Bronze (60~69점) / 최소PUE 1.7x	등급 없음 (예비인증 Certified)	등급 없음 (설계인증 Certified)
	Silver (70~79점)		
	Gold (80~89점)		
	Platinum (90점 이상)		
유효 기간	1년	1년	없음
인증 시행	년 1회	상시	상시

구분	본인증	예비인증	설계인증
비고	최소 1년이상 운영을 하고 있는 데이터센터	신축 또는 리노베이션 데이터센터 (1년치 데이터 미 보유)	PUE 시뮬레이션 보고서가 필요하며 DC 개요, IT 부하, 냉각용량/방식, 장비 일람, 운영 온습도 기준, 해당 지역의 온도 데이터가 모두 제시되어야 함

출처: 2023 제12회 그린데이터센터인증설명회, 한국데이터센터연합회 (일부발취)

그린데이터센터인증 평가는 아래 표와 같이 정량적 지표 80점, 정성적 지표 20점, 가점 5점 총합 105점 만점으로 평가가 진행된다.

<표 2-34> 그린데이터센터 인증제도 평가기준

구분	배점	가점	평가항목
정량적 지표	80		총 전력 / IT 장비 전력
		+1	pPUEcooling 측정여부
		+1	EEcooling 측정여부
		+1	pPUEpower 측정여부
		+1	EEups 측정여부
		+1	CUE, WUE 측정여부 / 각 0.5점
정성적 지표	80	+5	80(+5)
총합	20		데이터센터 그린활동 점검표
	100	+5	

출처: 2023 제12회 그린데이터센터인증설명회, 한국데이터센터연합회

정량적 지표인 인프라 효율성 지표(PUE)는 데이터센터에서 인증평가 기준에 따라 측정한 PUE 값을 제출하고 인증위원회 검증을 통해 PUE 점수 및 가점을 총 80(+5)점으로 평가하며, PUE의 경우 ISO/IEC 30134-2:2016 표준<sup>54)</sup>에 정의한 측정 방법에 따라 산출한다.

54) ISO/IEC 30134-2:2016(Information technology—Data Centres—Key Performance indicators—Part 2: Power usage effectiveness (PUE))

$$PUE = \frac{\text{데이터센터에서 사용한 총 적산전력량}}{\text{총 적산전력량}}$$

- \* UPS 출력단 적산전력량 연속측정, 일 1회 이상 측정
- \* 신규 측정 보조지표 6개에 대한 가점 신설
- \* 최소 1.7x의 PUE를 가진 센터인 경우 등급점수 획득

정성적 지표인 그린 활동 지표는 데이터센터에서 그린 활동 점검표(양식)를 자체 평가하여 제출하고 인증위원회 검증을 통해 총 20점의 점수로 평가한다. 그린 활동 지표는 크게 정책 및 운영 분야, 시설 분야로 구분된 총 40여 개 항목으로 구성되며, 인증 대상 기관에만 공개된 항목에 대해 자체평가를 실시하고 결과를 제출한다. 제출한 자체평가서는 그린데이터센터 인증위원회의 검증을 통해 평가가 진행된다. 그린데이터센터 인증을 취득하면 K-택소노미(K-Taxonomy)<sup>55)</sup> 녹색 금융 활용 인정 조건이 달성되며 금융권 및 연기금을 통한 자금 유치 및 금리 조건 우대에 대한 혜택을 받을 수 있다. 또한, 배출권거래제 최적 가용기법(BAT) 신청 시 제 3자 검증을 통해 온실가스 배출권 추가 할당 조정 계수가 면제되는 혜택이 발생한다.

## 2) 녹색인증

2010년 4월에 도입된 녹색인증제도는 한국산업기술진흥원에서 진행하는 인증제도로 「저탄소 녹색 성장 기본법」에 의거하여 유망한 녹색 기술 또는 사업을 인증 및 지원하고 있으며, 이를 통해 시장 창출을 지원하고 관련 분야의 매출을 증가시켜 일자리 창출 및 산업 육성에 기여한다<sup>56)</sup>. 녹색인증은 녹색 기술 인증, 녹색기술제품 확인, 녹색전문기업 확인이 있으며 이에 대한 인증 대상은 다음과 같다.

55) K-택소노미 : 유럽의 그린 택소노미를 모티브로 환경부와 금융위원회가 공동 제정하고 있는 한국형 녹색금융분류체계

56) 출처: 녹색인증 개요, 한국산업기술진흥원  
(<https://www.greencertif.or.kr/pt/cDefinitionC/summarize.do>)

- (1) 녹색기술인증 : 에너지와 자원을 절약하고 효율적으로 사용하여 온실가스 및 오염물질의 배출을 최소화하는 기술
- (2) 녹색기술제품 확인 : 인증된 녹색기술을 적용한 제품으로 판매를 목적으로 상용화한 제품
- (3) 녹색전문기업 확인 : 전년도 총 매출액에서 인증 받은 녹색기술에 의한 매출이 20% 이상인 기업

녹색기술에서 서버와 관련된 기술군은 시스템 및 메모리 반도체, 그린SW&솔루션, 그린 컴퓨팅이 있으며, 이에 대한 핵심기술 및 요구되는 기술수준은 아래 표와 같다.

<표 2-35> 녹색기술 핵심기술 및 기술수준

분류명	핵심기술	기술수준
(대) 그린IT (중) 시스템 반도체 (소) 컴퓨터 반도체	퓨전 프로세서 기술	- CPU/GPU/DSP 등의 코어 중 두 개 이상으로 구성 - GPU 연산속도 450 Mpixel/sec 이상
(대) 그린IT (중) 시스템 반도체 (소) 컴퓨터 반도체	고속 데이터 인터페이스 기술	- USB, HDMI, ThunderBolt, DP, PCIe 등의 폼팩터 요구조건 만족
(중) 메모리 반도체	-	- 반응속도, 공정조건 및 저장소 규격 등 요구조건 만족 필요
(대) 그린IT (중) 그린 SW & 솔루션 (소) IT기기 에너지 절감 솔루션	PC/서버 전력관리 기술	- PC/서버 전력관리 기술 미적용 대비 에너지사용량 10% 이상 절감
(대) 그린IT (중) 그린 SW & 솔루션 (소) IT기기 에너지 절감 솔루션	IT기기 전력 소비 측정 또는 모니터링 기술	- IT기기 에너지 소비 측정 또는 모니터링 기술 미적용 대비 에너지사용량 10% 이상 절감
(대) 그린IT (중) 그린 SW & 솔루션 (소) IT기기 에너지 절감 솔루션	자율 소비전력 관리 기술	- 자율 소비전력 관리 기술 미적용 대비 에너지사용량 10% 이상 절감
(대) 그린IT (중) 그린 컴퓨팅 (소) 그린 컴퓨팅 하드웨어 기술	고속클러스터 시스템 기술	- 고속 네트워크 처리 노드 수 30 개 이상
(대) 그린IT	에너지절감형	- 해당 기술이 적용된 제품의 에너지 소비

분류명	핵심기술	기술수준
(중) 그린 컴퓨팅 (소) 그린 컴퓨팅 하드웨어 기술	시스템 기술	효율 1등급 획득 - 해당 기술이 적용된 제품이 대기전력저감프로그램 인증 획득 및 대기전력 1.0W 이하 - (인증대상 품목이 아닌 경우) 비 절감형 시스템 대비 전력소모량 10% 이상 절감

출처: 녹색기술 분류별 상세, 한국산업기술진흥원

녹색기술인증의 인증 기준은 100점 만점(기술 우수성 60점, 녹색성 40점)으로 산출되며 70점 이상이어야 한다. 인증 기준에 대한 점수는 아래 그림과 같은 항목들을 기준으로 산출된다.

[그림 2-20] 녹색기술인증 점수산출 기준



출처: 녹색기술인증 인증기준, 한국산업기술진흥원

녹색기술제품에 대한 확인기준은 녹색기술인증 확인, 제품생산가능여부, 품질 경영, 제품 성능을 모두 만족하는지 확인이 필요하며 이에 대한 기준은 다음과 같다.

- |   |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 녹색기술인증 확인 : 녹색기술인증서 신청제품(모델) 보유 유무</li> <li>(2) 제품생산가능여부 : 공장 등의 생산시설 보유 유무 (단, OEM제조제품의 경우 증빙서류)<br/>※ 신청제품의 지속적인 생산 가능성</li> <li>(3) 품질경영 : ISO 등 품질경영관련 인증의 보유 유무 또는 기타 품질경영관련 증빙서류<br/>※ 제품의 지속적인 생산 품질 경영 관리체계</li> <li>(4) 제품성능 : 외부기관(또는 자체)의 시험/인증 증빙 등 기술 수준을 만족<br/>※ 신청제품의 성능이 녹색기술인증의 기술 수준을 만족</li> </ol> |
|---|

녹색전문기업 확인에 대한 인증 기준은 아래 그림과 같이 신청 요건과 매출 비중을 모두 만족하여야 하며, 인증받은 녹색 기술에 의한 매출액은 ①인증받은 녹색 기술의 라이선스 또는 기술이전 수입 및 공사수주액 등과 같은 매출액과 ②녹색기술제품 확인을 받은 제품의 매출액의 합(①+②)으로 산정된다.

[그림 2-21] 녹색전문기업 확인 인증 기준



출처: 녹색기술인증 인증 기준, 한국산업기술진흥원

녹색인증은 공공 조달, 사업화 지원, 금융 지원 등 아래 표와 같이 다양한 혜택을 제공하고 있다.

<표 2-36> 그린데이터센터 인증제도 혜택 현황

구분	기관명	사업명	지원 내용 및 규모
공공 조달	조달청	물품구매적격심사	- 녹색인증 가점(신인도 1.5점)
		우수조달물품지정	- 녹색인증 가점
	중소기업 유통센터	기술개발 제품 우선 구매제도	- 중소기업기술개발제품 우선구매의무화(15%) 대상제품에 포함
		기술개발 제품 시범 구매제도	- 공공기관이 소액 수의계약으로 시범구매 대 상제품에 녹색기술제품 포함
	한국산업 기술진흥원	혁신제품 지정제도	- 녹색인증 가점(2점)

구분	기관명	사업명	지원 내용 및 규모
사업화 지원	특허청	특허 우선 심사제도	- 녹색기술과 직접 관련된 특허출원 (우선심사 결정 후 2개월 내 심사 착수)
		지식재산 평가지원 사업	- 녹색기술 인증을 받은 기업에 대해 국고지원율 5%p 추가 우대
	한국환경 산업기술원	우수환경산업체 지정 · 지원사업	- 녹색인증, 녹색기업에 가점 1점
		환경분야 적정기술 보급지원사업	- 녹색기술인증 취득기업 가점 2점
경기도 경제 과학진흥원	경기도 그린뉴딜 선도기업 기술사업화 지원사업	- 녹색인증 취득기업 가점 1점 부여	
금융 지원	한국은행 경기본부	중소기업 지원자금 운용기준에 따른 지원	- 지원대상업체 선정기준에 녹색기술 인증 포함
	IBK기업은행	IBK녹색기업대출	- 녹색인증기업 대출금리 우대
	NH농협은행	NH친환경 기업우대론	- 대출한도 및 금리우대
	기술보증기금	보증한도 우대	- 녹색성장기업 영위기업에 녹색인증기업 포함 - 보증한도 70억
	신용보증기금	보증한도 우대	- 녹색성장산업 신성장동력산업 영위기업에 녹색인증 포함 - 보증한도 70억
	중소벤처기업진흥공단	Net-Zero 유망기업	- 지원대상에 녹색기술인증 포함
기타	국세청	세정지원	- 자금유동성 지원 - 납부기한연장, 납세담보 면제 등 경영지원 - R&D 세액공제 사전심사 우선처리 등
	국도교통과학기술진흥원	건설/교통신기술	- 건설/교통신기술 심사시 녹색인증기술은 해당항목(첨단기술성) 최대가점(10점) 부여
	한국 환경 산업기술원	환경신기술	- 1차 서류심사시 완성도 항목에 최고배점 (15점) 부여

출처: 2023년 10월 기준 녹색인증 지원혜택 현황, 한국데이터센터연합회 (일부 발췌)

### 3) 대기전력저감프로그램

국내에서는 대기전력을 절감하기 위해 1999년 대기전력 프로그램을 최초로 도입하였으며, 대기전력 1W 이하 달성 국가 로드맵인 “Standby Korea 2010<sup>57)</sup>”을 발표함으로써 본격적인 대기전력 절감에 힘쓰게 되었다. 대기전력저감프로그램은 「에너지이용합리화법」, 「대기전력저감프로그램 운용 규정」에 근거하여 전자제품을 사용하지 않을 때 소모되는 대기전력(standby power)을 저감시킨 대기전력 저감 우수제품의 보급을 확대하고 관련 기술의 개발을 촉진하기 위한 의무적인 신고제도이다.

<표 2-37> 대기전력저감프로그램 단계별 추진 내용

단계 구분	내용
1단계 (2005~2007년)	자발적(Voluntary) 1W 정책
2단계 (2008~2009년)	의무적(Mandatory) 정책 전환 준비 및 일부 제품 의무 규정 적용
3단계 (2010년 이후)	의무적(Mandatory) 1W 정책

출처: 대기전력저감 프로그램, TTA 저널, 한국정보통신기술협회 (2005)

대기전력저감프로그램은 대기전력 저감을 위해 업체의 자발적인 참여를 기초로 하여 시행되었으며, 2010년부터 전면적 의무 규제 제도로 국내에서 유통되는 모든 전자제품에 대해 의무적으로 대기전력 1W 제도를 시행하도록 추진되었다. 대기전력저감프로그램의 대상 품목은 컴퓨터, 서버 등 20개 품목으로 구성되어 있으며, 대상 품목 중 하나인 서버에 대한 적용 범위는 다음과 같다.

데이터센터나 사무용으로 기업에서 구입하며, 시중에 서버로 유통되는 제품으로 아래 조건을 모두 만족하는 제품 (1) 서버용 운영 체제를 사용함 (2) 오류수정코드(Error-Correcting Code) 또는 버퍼형 메모리(버퍼형 DIMM 또는 버퍼형 온
---

57) Standby Korea 2010-대기전력 1W 달성을 위한 로드맵, 대기전력 1W 프로그램 추진위원회, 2005

보드 설정(On board configuration))을 지원함

(3) 정격 소비전력 3,000W 이하의 AC-DC 전원장치와 함께 판매함

(4) 모든 프로세서는 공유 시스템 메모리에 접속 가능함  
(단, 프로세서 소켓이 3개 이상인 서버, 블레이드 시스템(Blade System), 고장 내성 (Fault Tolerant Server), 멀티노드 서버는 제외)

서버에 대한 대기전력저감기준은 아래 표와 같으며, 서버에 대해 네 가지로 구분하여 서버가 기본구상의 장치만 갖추었을 때의 기본 소비전력을 나타낸다.

<표 2-38> 서버의 대기전력저감기준

구분	대기모드 소비전력
일반형 단일 프로세서 서버	≤ 55.0W
관리형 단일 프로세서 서버	≤ 65.0W
일반형 듀얼 프로세서 서버	≤ 100.0W
관리형 듀얼 프로세서 서버	≤ 150.0W

출처: 대기전력저감 프로그램 운용규정, 산업통상자원부 (2022)

위의 표에서 일반형 서버는 관리형 서버를 제외한 모든 서버를 의미하며, 관리형 서버는 높은 수준의 관리 기능을 제공하는 서버로 다음과 같은 기능을 모두 포함해야 한다.

- (1) 여분의 전원 공급 장치 장착이 가능해야 함
- (2) 메인 프로세서와 별도로 관리용 프로세서를 장착해야 함

서버는 기본 구성 이상의 장치를 갖춘 후 시험을 실시하며, 기본구상 외에 추가적인 장치에 따라 허용되는 대기모드 소비전력은 아래 표와 같이 정의된다.

<표 2-39> 서버의 추가장치별 허용 대기전력저감기준

장치	기본구상	추가장치별 허용되는 대기모드 소비전력
전원 공급 장치	서버 동작을 위한 최소한의 전원 공급 장치	20.0W
HDD 또는 SSD	1개	8.0W
메모리	4 GB	1GB당 2.0W
I/O	1Gbit 2포트 온보드 이더넷	$\alpha < 1\text{Gbit}$ : 해당사항 없음 $\alpha = 1\text{Gbit}$ : I/O포트당 2.0W $1\text{Gbit} < \alpha < 10\text{Gbit}$ : I/O포트당 4.0W $10\text{Gbit} \leq \alpha$ : I/O포트당 8.0W

출처: 대기전력저감 프로그램 운용규정, 산업통상자원부 (2022)

대기전력저감기준을 만족하지 못하는 제품에 대해 의무적으로 표시해야 하는 라벨인 대기전력경고표시(경고라벨)이 부착되어야 하며, 기준을 만족하는 제품에 부착할 수 있는 에너지절약마크는 임의적으로 적용이 가능하다.

[그림 2-22] 대기전력저감기준 미달 및 만족제품 라벨

	
대기전력저감기준 미달제품 (의무표시)	대기전력저감기준 만족제품 (임의표시)

출처: 대기전력저감프로그램 제도개요, 한국에너지공단

대기전력저감프로그램 대상품목의 제조 및 수입업자는 고시된 기술기준과 측정 방법에 따라 제품을 시험하고 한국에너지공단에 60일 이내에 신고해야 하며, 이를 따르지 않는 경우 「에너지이용합리화법」에 의거하여 500만 원 이하의 벌금이 발생할 수 있다.

## 2. 서버 에너지 인증 제도 우수 사례

미국에서는 미국 환경부와 SPEC 단체의 협력으로 개발된 서버 에너지 효율성 측정 도구(SERT)를 통해 서버의 전력 효율성을 평가하여 데이터센터의 전력 사용량을 최적화하고, 이를 통해 에너지 효율성, 비용 절감, 환경 보호, 규제 준수 등의 이점을 제공한다. 또한, ENERGY STAR 프로그램과 밀접한 관련이 있으며, 제조사들은 SERT를 사용하여 제품의 에너지 효율성을 측정하고 ENERGY STAR의 인증을 받을 수 있다. 이를 통해 소비자와 기관 및 기업들은 에너지 효율성에 우수한 제품을 선택할 수 있게 된다.

한편, 서버 에너지 효율성 평가를 활용한 서버 전력 관리를 통한 적정 에너지 규모 산정의 이점은 서버의 전력 수요를 예측하고, 유휴 전력 수요를 감소시킴으로써 비용을 절감하고 온실가스 배출을 감소시킬 수 있다. 또한, SERT 측정 데이터를 활용하여 데이터센터의 전력 수요를 예측할 수 있어, 운영자들은 효율적인 서버를 선택하여 에너지 사용을 최적화할 수 있다. 이러한 노력은 전반적으로 데이터센터의 에너지 소비를 줄이고 운영 비용을 절감하는 데 기여한다.

또한, TGG(The Green Grid) 전 세계적인 IT 산업의 지속 가능성을 향상시키기 위해 다양한 산업 표준을 개발하고 지원하며, 서버의 경우 에너지스타 및 서버 에너지 효율성 평가 도구(SERT)를 국제적으로 활용하기 위해 국제적인 정보교류 및 협력 기관으로써 활동하며 데이터센터의 에너지 효율성을 높이는 데 중요한 역할을 하고 있다.

### 가. 국외 SERT 데이터 활용 서비스 동향

SERT(Server Efficiency Rating Tool)는 SPEC 단체와 미국 환경부와 협력하여 서버 에너지 효율을 측정하기 위해 개발된 도구이다. SERT(Server Efficiency Rating Tool)는 서버의 전력 효율을 측정하는 도구로, Data center의 전력 사용량을 최적화하는 데 매우 중요한 역할을 한다.

<표 2-40> SERT(Server Efficiency Rating Tool) 주요 이점 4가지

주요 이점 카테고리	내용
에너지 효율	SERT는 서버의 작업 부하 처리 능력을 기반으로 에너지 효율성을 측정한다. 이는 서버의 전체적인 성능을 향상시키는 데 도움이 된다.
비용 저감	더 효율적인 서버는 적은 전력을 사용하므로, 운영 비용을 절감하는 데 도움이 된다.
환경 보호	에너지 효율적인 서버는 탄소 발자국을 줄이는 데 기여한다. 이는 기업의 환경 친화적 이미지를 향상시키는 데 도움이 된다.
규제 준수	많은 국가에서는 에너지 효율성에 대한 규정을 갖고 있다. SERT를 사용하면 이러한 규정을 준수하는 데 도움이 된다.

SERT(Server Efficiency Rating Tool)와 ENERGY STAR 사이에는 밀접한 관련이 있다. ENERGY STAR는 미국 환경보호청(EPA)에서 시작한 프로그램으로, 에너지 효율성에 중점을 두고 있다. 이 프로그램은 전자제품의 에너지 효율을 인증하고, 소비자들이 더 효율적인 제품을 선택할 수 있도록 정보를 제공한다. SERT는 이런 ENERGY STAR 프로그램의 일부로 개발되었다. SERT는 서버의 에너지 효율성을 측정하는 표준 도구로, 서버 제조업체들은 이 도구를 사용하여 제품의 에너지 효율성을 측정하고, 그 결과를 ENERGY STAR에 제출한다. ENERGY STAR는 이러한 데이터를 기반으로 서버의 에너지 효율성을 평가하고, 해당 서버가 ENERGY STAR의 기준을 충족하는지를 결정한다. 이 기준을 충족하는 제품은 ENERGY STAR 인증을 받게 되며, 이는 소비자들에게 해당 제품이 에너지 효율성에 우수하다는 것을 보증하는 데 사용된다. 따라서 SERT는 서버 제품이 ENERGY STAR의 에너지 효율성 요구사항을 충족하는지 확인하는 데 필요한 중요한 도구다. 이는 소비자들이 더 에너지 효율적인 제품을 선택하는 데 도움을 주고, 결국은 전체적인 에너지 소비를 줄이는 데 기여한다.

## 1) SERT 활용 사례

SERT(Server Efficiency Rating Tool)는 서버의 에너지 효율성을 측정하는 도구로, 다양한 활용 사례를 가지고 있다. 주요 활용 분야는 아래의 표와 같다.

<표 2-41> SERT(Server Efficiency Rating Tool) 활용 분야

활용 분야 카테고리	내용
제품 개발	서버 제조사들은 SERT를 사용하여 자신들의 제품의 에너지 효율성을 측정하고, 이를 통해 제품의 성능을 향상시키는 데 도움을 받을 수 있다. SERT의 측정 결과를 바탕으로 제조사들은 제품의 에너지 소비 패턴을 이해하고, 이를 최적화하는 방향으로 제품 개발을 진행할 수 있다.
에너지 효율성 인증	ENERGY STAR와 같은 에너지 효율성 인증기관들은 SERT를 사용하여 제품의 에너지 효율성을 평가할 수 있다. 제품이 SERT를 통해 측정된 특정 기준을 만족하면, 해당 제품은 에너지 효율성 인증을 받을 수 있다.
소비자 선택	소비자들은 SERT의 측정 결과를 확인하여, 어떤 제품이 자신들의 요구사항에 가장 적합한지 판단하는 데 도움을 받을 수 있다.

### 가) SERT 활용에 따른 에너지 사용량과 비용 절감 및 온실가스 배출 방지

미국 환경보호국(EPA)은 2019년 6월 17일부터 적용될 ENERGY STAR 컴퓨터 서버 사양 버전 3.0에서 SPEC 서버 효율성 평가 도구(SERT)를 사용하여 서버의 활성 상태에서의 에너지 효율성을 측정할 것이라고 발표했다. SERT는 2013년에 도입된 도구로, 서버 제조업체들이 다양한 구성의 단일노드와 멀티노드 서버의 에너지 효율성을 측정하는 데 도움을 준다. 이 도구는 AMD, Dell, HPE, IBM, Intel, 그리고 뷔르츠부르크 대학 대표들이 포함된 SPECpower 위원회에 의해 개발 및 유지되고 있다. 이 새로운 사양은 서버의 유휴 상태에서의 전력 측정을 넘어 실제 작업 부하를 수행하는 상황에서 전력 소비를 기반으로 한 측정법을 도입했다. EPA의 ENERGY STAR 리더인 Ryan Fogle이 ENERGY STAR 컴퓨터 서버 파트너와 이해관계자들에게 보낸 편지에 따르면, ENERGY STAR 컴퓨터 사양 버전 3.0을 준수하는 SERT 2.0.1에 따라 인증된 서버 제품의 에너지 사용이 30%

감소할 것으로 예상되며, 이는 매년 10억 달러 이상의 비용 절감과 180억 파운드 이상의 온실가스 배출량 감소를 가져올 것으로 보인다고 전망했다. 또한, SERT 2.0.1을 ENERGY STAR 버전 3.0 컴퓨터 사양에 포함시키는 것은 컴퓨팅 전문가들이 제품의 에너지 소비를 더 잘 이해하게 도와주고, 그에 따라 운영 비용을 줄여 데이터센터 관리자들이 미래의 에너지 요구를 더 정확하게 계획할 수 있도록 도울 것이라는 전망을 내세웠다.

#### 나) SERT를 활용한 서버 전력 관리 이점 분석과 데이터센터 전력 수요 예측

2021년 4월 SERT를 활용하여 서버 전력 관리의 2가지 핵심 이점을 발견할 수 있었고, SERT 측정 데이터를 이용하여 데이터센터 전력 수요를 예측할 수 있다는 연구 내용을 공개했다.

##### (1) 전력 관리 활성화의 이점

SMART ENERGY DECISIONS 인사이트 내용에 따르면, <표 2-42>와 [그림 2-29]는 전력 관리(PM)가 On 상태와 Off 상태의 단일 서버 구성에 대해 두 가지 SERT 테스트 데이터를 제공하면서 두 가지 핵심 요소를 말한다. 첫 번째는 전력 관리 활성화가 서버의 전력 수요를 줄여 SERT 점수를 높인다는 점이다. 전력 수요는 Hybrid SSJ 작업 부하 세트에서 테스트 된 8개의 이용률 구간 각각에서 줄어든다. 전력 관리가 On 상태의 서버의 SERT 점수는 26.5 대 23.4로, 전원 관리가 Off 상태의 서버에 비해 13.2% 향상되었다. SERT 점수는 두 가지 다른 서버 구성의 상대적인 효율성을 명확하게 구분하고, 전력 관리가 On 상태의 서버가 전력 관리가 Off 상태의 서버에 비해 대체로 비슷한 성능을 제공하기 위해 더 적은 전력을 사용한다는 것을 보여준다. SERT 점수는 다른 제조업체의 여러 서버와 비교할 수 있는 효율성 평가를 제공할 수 있어, 데이터-센터 운영자가 가장 효율적인 서버 옵션을 선택하는 데 도움이 될 수 있다. 그러나 전력 관리 설정은 일부 응용 프로그램(예: 단기적이고 갑작스러운 작업 부하 또는 금융 시장을 지원하는 응용 프로그램)에서는

수용할 수 없는 수준으로 서버의 성능을 저하시키고 응답/대기 시간을 증가시킬 수 있다. 하지만 서버 제조업체가 제공하는 전력 관리와 관련된 지연 시간 증가는 약 60-80%의 애플리케이션에서 수용 가능하다고 추정된다. 즉, 전력 관리 설정의 성능 저하는 모든 애플리케이션에서 수용할 수 있는 것은 아니며, 애플리케이션의 특성에 따라 다를 수 있다.

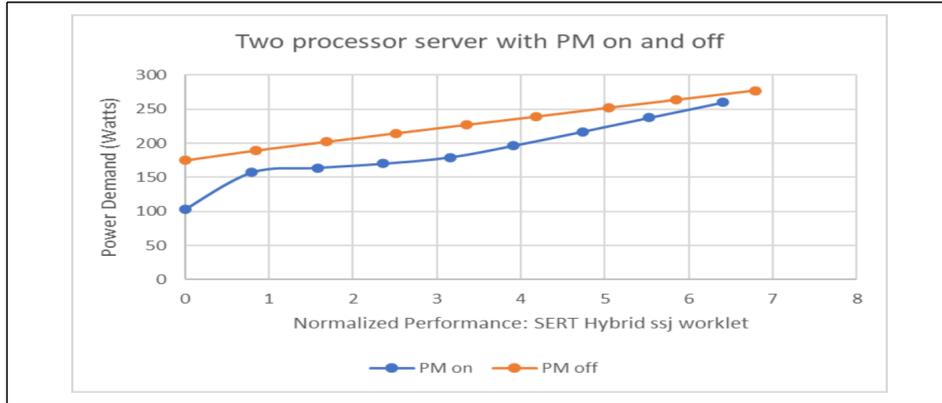
두 번째는 전력 관리 활성화가 서버의 유휴 전력 수요를 크게 줄인다는 점이다. <표 2-42>에서 유휴 전력의 차이는 72 W(-41.3%)이다. 서버가 80% 시간 동안 유휴 상태이고, 전기 비용이 \$0.10/kWh라고 가정하면, 전원 관리된 서버는 연간 500 kWh와 \$50을 절약할 수 있다. 대규모 데이터-센터에서 이러한 절약은 연간 수십만 달러에 이른다.

<표 2-42> EPYC 서버의 구성 세부 정보 및 주요 전력, 성능, 효율성 점수 메트릭

구성	전력 관리 On	전력 관리 Off	전력 관리 Off 상태 기준 차이(%)
프로세서 소켓 수	2	2	-
메모리 용량(GB)	128	128	
DIMMs 개수	8	8	
디스크 드라이브 개수	1	1	
디스크 드라이브 타입	HDD 7.2k	HDD 7.2k	
SSJ 12.5%(Watts)	157	189	-17.1
Idle(Watts)	103	175	-41.3
SSJ 100% Power(Watts)	260.0	277.0	-6.1
총 SERT 점수	26.5	23.4	13.2
Hybrid SSJ 작업 부하 점수	15.3	13.7	11.9
정규화된 CPU 100% 성능 값의 기하평균	6.6	6.6	

출처: SMART ENERGY DECISIONS(2021)

[그림 2-23] 두 소켓 랙 서버의 정규화된 성능 대 전력 수요

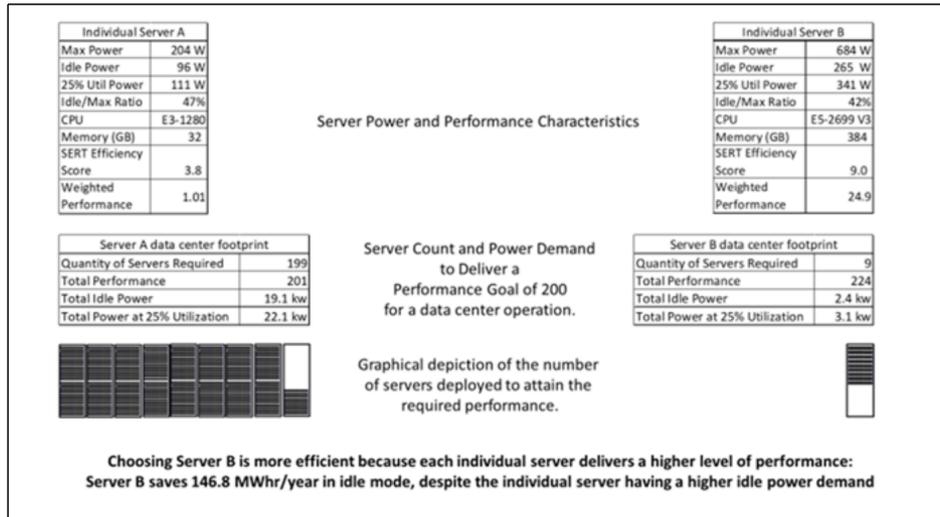


출처: SMART ENERGY DECISIONS(2021)

## (2) SERT 데이터를 이용한 데이터센터 전력 수요 예측

SMART ENERGY DECISIONS 인사이트에서 SERT 측정 데이터는 데이터센터 작업 부하 용량을 충족시키는 데 필요한 다양한 서버의 전력 수요를 비교하는데 사용할 수 있다고 설명한다. [그림 2-30]은 서버 작업 부하 용량이 데이터센터 에너지 소비에 어떻게 영향을 미치는지를 극적으로 보여주는 예시다. SERT에서 측정된 성능 데이터는 가중치가 부여된 성능[그림 2-30] 또는 최대 CPU 성능의 기하평균<표 2-42>을 얻기 위해 결합될 수 있다. [그림 2-30]의 예시를 사용하면, 가중 성능 데이터는 성능 목표로 나눌 수 있어 목표를 달성하기 위해, 필요로 하는 서버 수를 결정할 수 있다. 그런 다음 서버 수를 선택한 성능 지점(유휴 상태, 12.5% ssj 간격, 25% CPU 작업 부하 간격 등)에서의 전력 수요에 곱해져 선택한 서버의 전력 수요를 예측하고 비교할 수 있다. 예를 들어, 동일한 성능 목표를 달성하기 위해 서버 B는 서버 A(낮은 전력, 더 낮은 용량)보다 적은 수의 서버와 더 낮은 전력 수요를 필요로 한다는 것을 알 수 있다. 전력 분석을 통해 데이터센터 운영자는 데이터센터의 에너지 사용을 최소화하는 서버 제품을 선택할 수 있다.

[그림 2-24] 성능 목표를 달성하기 위해 필요한 서버의 배포 수량



출처: SMART ENERGY DECISIONS(2021)

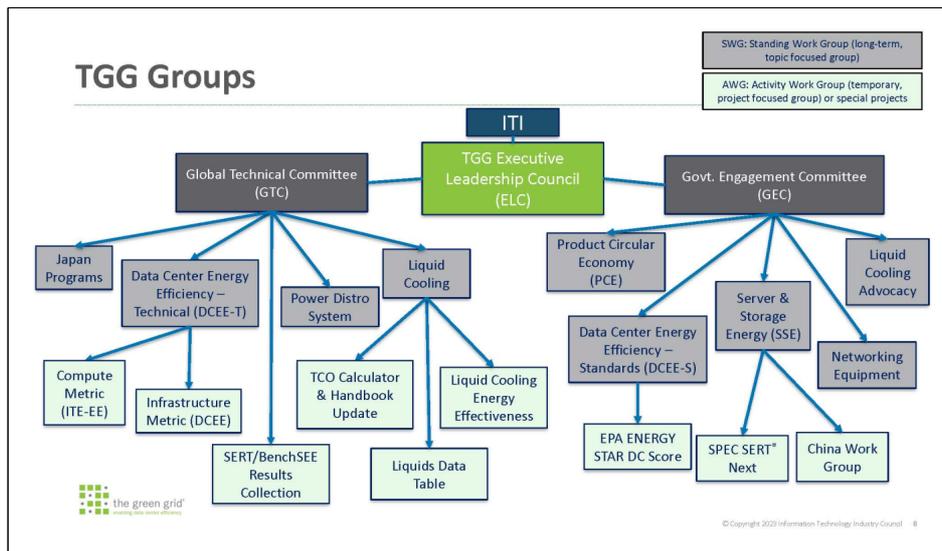
ENERGY STAR 인증 및 수집된 SERT 측정 데이터는 데이터센터 운영자에게 전반적인 효율성 평가, 성능, 전력 정보를 제공하여 작업 부하 요구사항을 충족시키면서 데이터센터의 에너지 소비를 줄이고 시설 에너지 비용을 절약하는 데 도움이 되는 서버 구매 결정을 내릴 수 있게 해준다. ENERGY STAR 인증과 SERT 측정 데이터를 통해 데이터센터의 에너지 효율성을 평가하고, 이를 바탕으로 서버 구매 결정을 내릴 수 있어 데이터센터의 에너지 소비를 줄이고 운영 비용을 절약할 수 있다.

#### (다) TGG(The Green Grid) SERT 활용 사례

TGG(The Green Grid)는 최종 사용자, 정책 입안자, 기술 제공자, 시설 설계자 및 유틸리티 회사가 데이터센터의 자원 효율성을 개선하기 위해 협력하는 비영리 산업 컨소시엄이다. 2007년에 창립된 이 기구는 데이터센터, 산업 환경, 사용자 디바이스 등의 에너지 효율을 향상시키는 방법에 관한 연구를 수행하며, 이를 위한 기준과 측정 도구, 우수 사례를 개발하고 있다. 또한 2019년에는 세계적으로 경쟁과 혁신을 촉진하는 공공 정책과 산업 표준을 장려하는 글로벌

기술 옹호 단체인 ITI(Information Technology Industry Council)에 제휴 멤버가 되어 저탄소 경제를 가능하게 하는 데이터센터 생태계의 에너지 및 자원 효율성 최적화를 옹호하기 위해 전 세계적으로 노력하고 있다. TGG는 데이터센터의 에너지 사용 효율성에 대한 표준 개발에 중점을 두고 있으며, 이를 위해 다양한 산업 표준을 개발하고 지원한다. 이러한 TGG는 SERT(Server Efficiency Rating Tool) 도구를 통해 데이터센터의 서버 효율성을 측정하고 평가한다. 이는 데이터센터 운영자가 서버의 에너지 효율성을 개선하고, 에너지 소비를 줄이는 데 도움이 되는 정보를 제공한다. TGG는 전 세계의 IT 전문가들, 학계, 정부 기관 등과 협력하여 에너지 효율성과 지속 가능한 IT 환경을 위한 우수 사례를 공유하고, 이를 통해 IT 산업의 지속 가능성을 향상시키고 있다. [그림 2-31]처럼 TGG 그룹에는 크게 2개의 Committee로 나뉘어 장기로 큰 토픽에 집중해서 운영하는 SWG(Standing Working Group)과 일시적인 프로젝트나 특별한 프로젝트에 집중하는 AWG(Active Working Group)으로 나뉘어 있다.

[그림 2-25] TGG(The Green Grid) 그룹 조직도



출처: The Green Grid(2024)

2개의 Committee는 GTC(Government Engagement Committee)와 GEC(Global Technical Committee)로 나뉘는데, GTC는 데이터센터 산업의 규제/표준화와 관련된 대상에 주로 초점을 맞춘 콘텐츠가 개발되는 위원회 조직이다. GEC는 데이터센터 산업에 관련된 청중을 대상으로 콘텐츠를 개발하는 위원회 조직이다. 각 조직마다 SERT를 활용하는 WG(Working Group)을 볼 수 있다. GEC 조직 내에는 SPEC SERT Next AWG으로 활동하고 있고, GTC 조직 내에는 SERT/BenchSEE Results Collection AWG으로 활동하고 있다. 각 AWG의 역할은 아래의 표와 같다.

<표 2-43> 관리 위원회 내 조직명 및 활동 내용

AWG(Active Working Group) 조직 이름	관리 위원회 조직	활동 내용
SERT/BenchSEE Results Collection	GTC (Global Technical Committee)	서버 벤치마크 데이터 수집을 위한 DropBox
SPEC SERT Next	GEC (Global Engagement Committee)	SPEC 테스트 수트 다음 버전을 위한 개발 참여

출처: The Green Grid(2024)

TGG는 SERT/BenchSEE Results Collection AWG 그룹을 통해 DigitalEurope과 ITI 멤버들과 같은 무역 관계자들이 규제 요구 사항을 충족하거나 혹은 SERT 결과의 회사 특정 분석을 제공하기 위해 수치 데이터를 확보하고 있고, 외부 기관의 요청 하에 자료를 제공해주고 있다.

## 제 5절 서버 에너지 효율성 분야 산업 동향

### 1. 서버 장비 수요자 의견

국내 서버 장비 수요자의 의견청취를 위해 국내 주요 데이터센터 사업자를 대상으로 인터뷰 형식의 조사를 진행하였으며, 질문, 응답결과 및 시사점은 다음과 같다.

#### 가. 질문

분류	질문 내용
에너지 사용현황	1. 현재 운영중인 데이터센터 현황
	2. 데이터센터별 에너지 전체 사용량
	3. 전체 에너지 사용량 중 ICT 장비가 차지하는 비중
	4. ICT 장비별 에너지 사용 비중 및 중요도
에너지 절감 요구사항	5. 에너지 절감 관련 정부 정책/법/제도에 의한 요구사항(의무)
	6. 에너지 절감 관련 관련업계 요구사항(자율)
	7. 에너지 절감 관련 조직 내부의 요구사항(자율)
	8. 비용절감 관점에서 ICT 장비의 에너지 절감 필요성
	9. 탄소절감 관점에서 ICT 장비의 에너지 절감 필요성
관련 정책 필요성	10. 현재 ICT 장비 도입 시 에너지 효율 관련 규제 또는 자발적 노력이 있는지 여부
	11. ICT 장비 도입 시 관련 정보 또는 규제의 필요성 - 관련 데이터 제공, 가이드 제공, 산정 지침 제공, 인증(의무/임의) 제도 각각에 대한 의견
	12. 정부 인증제도를 제정할 경우 장비 수요자 입장의 의견

#### 나. 응답 결과

분류	질문 내용	주요답변
에너지 사용현황	1. 현재 운영중인 데이터 센터 현황	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내외 약 10개 이상의 데이터 센터 운영 중</li> <li>- 해외 데이터센터는 전쟁 등 유사시 백업 서버로 활용(해외는 운영 위주)</li> <li>- 국내는 수도권에 집중되어 있음. 지방의 경우 지자체 사업(지차제 공공시스템 전환 등)으로 건립하는 경우가 다수</li> </ul>

에너지 사용현황	2. 데이터 센터별 에너지 전체 사용량	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 에너지 전체 사용량은 대외비(인터뷰 대상 모두)</li> <li>- 현재 데이터센터 운영의 우선순위는 서비스 안정성이며, 에너지 사용량은 주요 고려대상이 아님</li> <li>- 다만, 에너지 사용량에 대한 관심은 점차 증가하는 추세</li> </ul>
	3. 전체 에너지 사용량 중 ICT 장비가 차지하 는 비중	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 데이터센터에서 발생하는 열을 처리하기 위한 공조에 많은 에너지가 사용됨</li> <li>- GPU 사용이 늘어나면서 에너지 사용량이 급격히 증가하는 상황</li> <li>- 제공하는 서비스가 증가함에 따라 트래픽이 증가하여 서버의 에너지 사용량은 증가 추세</li> </ul>
	4. ICT 장비별 에 너지 사용 비중 및 중요도	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ICT 장비 중 서버의 비중이 압도적으로 높음</li> <li>- 정확한 수치는 확인하지 못하였지만 서버에서 GPU의 에너지 사용량이 높을 것으로 판단됨</li> </ul>
에너지 절감 요구사항	5. 에너지 절감 관련 정부 정책·법·제도 에 의한 요구사항(의무)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 데이터센터 설계 시 정부의 에너지 효율 관련 정책·법·제도·규제·가이드라인은 없음</li> <li>- 장비별 에너지 효율 등급은 존재</li> <li>- 시장의 수요에 의한 에너지 관련 설계가 주로 이루어짐</li> </ul>
	6. 에너지 절감 관 련 관련업체 요구 사항 (자율)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 장비의 에너지 효율보다는 운영의 안전성이 우선순위(에너지 효율이 낮다고 해서 운영 안정성이 검증된 장비를 구입하지 않을 수 없음)</li> </ul>
	7. 에너지 절감 관 련 조직 내부의 요구사항 (자율)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ESG 등 전사적 노력은 있으나 에너지 효율에 초점이 맞추어 있지는 않음</li> <li>- 모바일 트래픽이 급증하면서 특정 서비스에 대한 에너지 효율화를 고려할 수 있음</li> </ul>
	8. 비용절감 관점에서 ICT 장비의 에 너지 절감 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 자체적인 전력 테스트 도구 등을 개발하여 활용하고 있음</li> <li>- ‘에너지스타’ 를 일부 활용하고 있음</li> <li>- 에너지 사용이 곧 비용으로 이어지기 때문에 비용</li> </ul>

에너지 절감 요구사항	9. 탄소절감 관점에서 ICT 장비의 에너지 절감 필요성	관점에서 에너지 사용을 줄이려는 조직내부 요구는 있음
관련 정책 필요성	10. 현재 ICT 장비 도입 시 에너지 효율 관련 규제 또는 자발적 노력이 있는지 여부	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 정부 규제가 있다면 지키겠지만 규제 없이 자율적 운영을 원함</li> <li>- 국가기관이 아닌 민간기업인 것을 정부 차원에서 이해하였으면 함</li> <li>- ESG 위주로 큰 틀에서 자발적 노력의 중요성이 점차 강조되고 있음</li> </ul>
	11. ICT 장비 도입 시 관련 정보 또는 규제의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 에너지 절감을 위한 정부의 규제나 가이드라인은 바람직한 방향은 아님</li> <li>- 공공 클라우드 서비스의 경우 정부 정책에 부합하는 규제는 필요함</li> <li>- 데이터센터는 민간기업이므로 그에 적합한 규제/가이드라인이 필요</li> </ul>
	12. 정부 인증제도를 제정할 경우 장비 수요자 입장의 의견	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 국산서버 기업은 대부분 핵심부품 제조 보다는 조립에 특화되어 있기 때문에 국산 서버에 대한 에너지 관련 인증이 만들어질 경우 실효성에 의문이 생김</li> <li>- 민간이 잘할 수 있는 영역은 민간에 맡겨두는 것이 바람직 하다는 입장</li> <li>- 데이터센터 자체의 인증제도는 반대하는 입장</li> </ul>

\* 응답자 요청으로 소속기관 및 이름은 비공개 처리

#### 다. 시사점

구분	시사점
에너지 사용현황	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 서버에서 열이 발생하고, 열로 인한 기온을 낮추기 위해 공조에 에너지가 많이 소모되는 인과 관계가 발생하기 때문에 저발열 서버를 사용할 경우 에너지 소비가 절감될 수 있음</li> <li>- 추가로 발생한 열을 겨울철 난방으로 재활용하는 기술 자체에</li> </ul>

에너지 사용현황	대한 발전 및 해당 기술 활용에 대한 인센티브가 주어질 경우 에너지 재활용이 확산될 수 있음
에너지 절감 요구사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 향후 모바일 트래픽이 더욱 늘어갈 것으로 예상되므로 데이터센터가 처리해야 할 작업이 늘어날 것이며, 서비스 접근 시간도 다양화 될 것임으로 이에 적합한 에너지 절감 노력 필요</li> <li>- 향후 에너지 효율과 관련된 요구사항이 국제 무역장벽으로 작용할 가능성이 크기 때문에 이에 대한 국내 이해관계자의 인지와 개선/적응 노력이 필요함</li> </ul>
관련 정책 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 데이터센터 관련 정책에 영향을 받는 대상이 주로 민간기업이므로 규제 위주의 정책보다는 인센티브 위주의 정책 필요</li> <li>- 데이터센터는 에너지 절감 자체보다는 비용절감 차원에서 에너지 소비를 줄이려는 관점을 가지고 있으므로 비용절감과 관련된 정책마련도 하나의 대안이 될 수 있음</li> </ul>

## 2. 서버 장비 공급자 의견

국내 서버 장비 공급자의 의견청취를 위해 국내 서버 컴퓨터 사업자 및 외산 서버 컴퓨터 사업자 등을 대상으로 인터뷰 형식의 조사를 진행하였으며, 질문, 응답결과 및 시사점은 다음과 같다.

### 가. 질문

분류	질문 내용
에너지 인증제 관련	1. 기존 서버 장비 에너지 관련 인증 동향 및 경험
	2. 기업이 인지하는 국가별 에너지 관련 요구사항
에너지 절약 기술 관련	3. 서버 컴퓨터의 에너지 절약 기술 관련
관련 정책 필요성	4. 서버 장비의 에너지 효율성 인증제 및 지침의 필요성
	5. 정부 및 기업지원 정책의 필요성

## 나. 응답 결과

구분	이슈 및 고려사항	주요답변
에너지 인증제 관련	1. 기존 서버 장비 에너지 관련 인증 동향 및 경험	<ul style="list-style-type: none"> <li>- KC인증, 대기전력저감프로그램 및 VMware 인증을 주로 획득중에 있음</li> <li>- 녹색인증은 절차가 복잡하며 인증획득이 어려움</li> <li>- SPECpower 관련 국제공인 인증</li> <li>- Energy Star 인증이 있으나 인증획득이 어려움</li> <li>- 외산 기업의 경우 Energy STAR 인증 및 SERT 테스트를 자체 수행중에 있음</li> </ul>
	2. 기업이 인지하는 국가별 에너지 관련 요구사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 유럽 : Lot9, 미국 : Energy Star 인증을 인지하고 있음</li> <li>- PSU(전원공급장치) 관련 80 PLUS 요구사항</li> <li>- 국제 공인인증을 받는데 비용/기술적 어려움이 많아 수출에 어려움이 있음</li> <li>- 안정성과 성능에 우선순위를 두기 때문에 금융기관 등과 같은 운영에 우선순위를 두는 기업/기관에서는 에너지 효율성 개선을 요구하지 않음</li> </ul>
효율성 개선기술 관련	3. 서버 컴퓨터의 에너지 절약 기술 관련	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 서버 컴퓨터의 에너지 절약을 위해 발열 문제를 해결한다면 냉각에 필요한 에너지도 절감 가능</li> <li>- 사용량에 대한 절전모드를 통한 에너지 절약</li> <li>- CPU 사용량보다 CPU 클럭수가 전력 사용량에 더 큰 영향을 미침</li> </ul>
관련 정책 필요성	4. 서버 장비의 에너지 효율성 인증제 및 지침의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 구체적, 뒷받침 연구를 통한 지침이 마련된다면 국내 개발 업체의 제품 개발에 도움이 될 것이라고 기대</li> <li>- 인증제 부분은 해외 인증과 차별되며 국내 시장을 보호할 수 있는 장치의 필요성 당부</li> <li>- 서버 및 ICT 장비는 spec이 다양하게 구성 될 수 있는 제품이고 여기에 따라서 발생하는 에너지도 기준치 제시에 한계가 있으므로, ICT 장비의 에너지 효율성 인증제는 충분한 검토가 필요</li> <li>- 인증 제도가 필요하다면 충분한 혜택이 필수라고 생각되며, 그렇지 않으면 제품 개발에 추가적인 비용이 발생하여 제품 개발에 부정적 영향이 있음</li> </ul>

관련 정책 필요성	4. 서버 장비의 에너지 효율성 인증제 및 지침의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 인증과 에너지 효율성 개선은 꼭 필요한 요소이지만 단계적으로 진행을 기대</li> <li>- 규제가 되는 인증제도는 제품 출시 사이클에 영향이 있음</li> </ul>
	5. 정부 및 기업지원 정책의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 인증제를 구축하려면 인증 인센티브가 필수</li> <li>- 에너지 관련 부분의 해외 시장 동향과 기술 정보가 주기적으로 교류될 수 있는 서비스, 행사 기대</li> </ul>

\* 응답자 요청으로 소속기관 및 이름은 비공개 처리

#### 다. 시사점

구분	시사점
에너지 인증제 관련	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 국제인증 및 에너지 관련된 인증에 대해 정보가 부족하거나 체계적으로 인지되고 있지 않음</li> <li>- 국제공인 인증에 많은 시간과 비용이 필요하여 준비가 미비</li> <li>- 외산기업은 상대적으로 에너지 효율성 관련 국제공인인증의 경험과 기반이 충분함</li> </ul>
효율성 개선기술 관련	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 다양한 현업 및 경험에 기반한 노하우가 있지만 적극적이고 체계적인 연구가 필요함</li> </ul>
관련 정책 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 국산 서버 제조회사의 경쟁력 강화가 동반된 인증제도 및 지침의 실행이 필요</li> <li>- 국제공인인증 지원 및 기술 가이드라인 교류를 통한 정부지원 기대</li> </ul>

## 제 3 장 서버 에너지 측정 기술 유효성 검증

### 제 1 절 서버 에너지 시범 측정 및 결과 분석

2절에서는 SPEC의 서버 에너지 효율성 평가 도구(SERT 2)를 사용한 파일럿 테스트 결과에 대해 분석한 결과를 기술한다. 대상 테스트서버는 CISC 체계의 CPU 기반 A사 국산서버와 B사의 외산서버의 에너지 효율성테스트 결과에 대해 비교하고 저전력 서버용 CPU로써 대두되고 있는 RISC CPU 기반 서버에 대한 테스트 결과를 분석하여 차세대 국산서버의 에너지 효율성 증대의 가능성을 확인해 본다.

※ 주의 ※

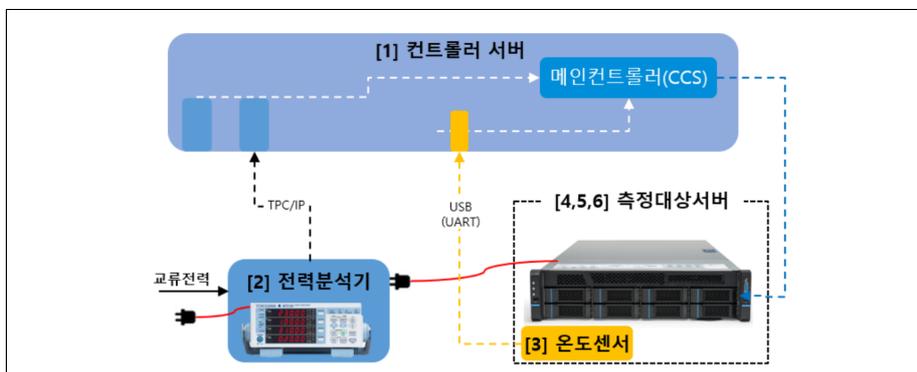
최종 테스트 점수는 각 모델별 환경 설정에 따라 결과가 다를 수 있고 본 점수가 해당 시스템의 전체 성능을 대변할 수는 없음  
또한, 본 테스트에서는 충분한 샘플링 및 변인 통제를 완벽히 제어하지 않았기 때문에 시스템 간의 점수 비교는 불가능함

#### 1. 테스트 환경

테스트 프로그램(SERT 2) 제어 및 온도, 전력 계측기의 데이터수집을 위해 컨트롤러 서버를 가장 먼저 구성한다.

##### 가. 시험환경구성

[그림 3-1] 서버 에너지 효율성 테스트 시험환경



## 나. 세부사양

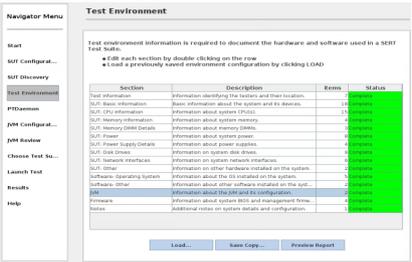
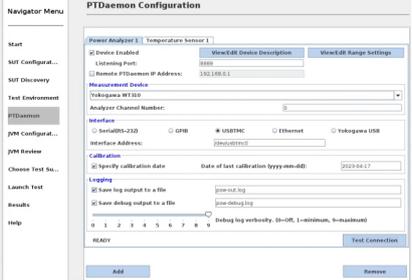
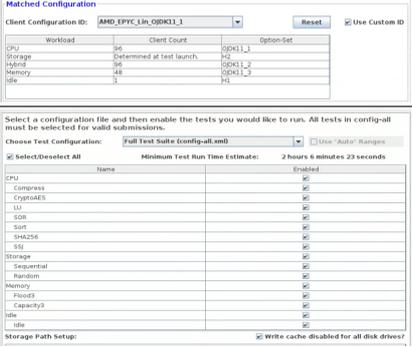
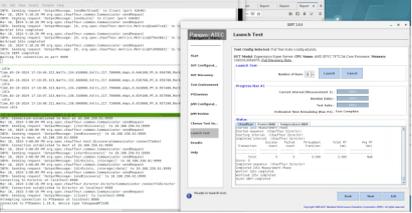
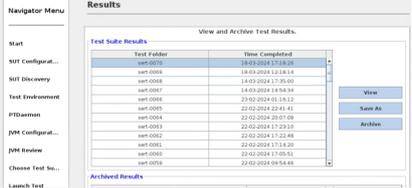
No	Role	OS	CPU	Memory	Disk	Pre-Requirement
1	컨트롤러 서버	Red Hat Enterprise Linux Server release 7.8 (Maipo)	Intel(R) Xeon(R) Gold 6140 CPU @ 2.30GHz	256GB	500GB	- 테스트 컨트롤러 서버 - Java 11.0.12 - SERT v2.0 (PTDaemon v1.10.0) (CCS 1.2.6)
2	전력 계측기	- 모델명: WT310 - 제조사: Yokogawa 전기				- 검교정 완료 - 교류전원 테스트용 Breakout box
3	온도 센서	- 모델명: LinkUSBi + T-Probe - 제조사: iButtonLink				-
4	시험대상 서버(1)	Red Hat CentOS Stream 8.0	CISC 계열, 36 core, 2 CPUs @ 2.3GHz	128GB	256GB	- Java 1.8.0 - SERT v2.0
5	시험대상 서버(2)	Red Hat CentOS Stream 8.0	CISC 계열, 48 core, 2 CPUs @ 3.2GHz	128GB	256GB	- Java 1.8.0 - SERT v2.0
6	시험대상 서버(3)	Red Hat CentOS Stream 8.0	RISC 계열, 80 core, 1 CPUs @ 3.0GHz	64GB	256GB	- Java 1.8.0 - SERT v2.0

## 2. 테스트 절차

테스트는 GUI(Graphic User Interface) 도구를 통해 실행하며, 1) SUT(테스트 대상) 서버 설정 및 연결, 2)테스트 환경 정보 입력, 3)PTDaemon(전력, 온도 수집프로그램) 설정 및 연결, 4)테스트 워크로드(JVM) 설정, 5)테스트 수행, 6)결과 보고 순으로 실행한다.

### 가. 테스트 상세 절차

No	절차	상세절차	비고
1	SUT 서버 설정 및 연결	- 컨트롤러 서버와 시험대상서버(SUT)를 이더넷을 통해 연결 - 연결된 SUT 환경 확인	

No	절차	상세절차	비고																																							
2	테스트 환경 정보 입력	- 테스트 대상서버(SUT), 소프트웨어 정보, JVM 설정 정보, 기타 바이오스 및 시스템 설정 관련 내용을 입력	 <p>The screenshot shows the 'Test Environment' configuration window. It includes a 'Navigator Menu' on the left with options like Start, SUT Configuration, SUT Discovery, Test Environment, PTDaemon, JVM Configuration, JVM Review, Choose Test Set, Launch Test, and Help. The main area displays a table with columns for Section, Description, Exec, and Status. The table lists various system components such as SUT Information, SUT Basic Information, SUT CPU Information, SUT Memory Information, SUT Power Supply Details, SUT Disk Drive, SUT Network Interface, SUT Other Hardware, and SUT Operating System, each with a corresponding description and status.</p>																																							
3	PTDaemon 설정 및 연결	- 전력 계측기와 온도 센서를 연결 - 각 계측기에 대한 인터페이스, 장비 모델, 포트 정보 등 입력 - 출력 로그 정보, 수준 입력 - 연결 이상 유무 확인	 <p>The screenshot shows the 'PTDaemon Configuration' window. It features a 'Navigator Menu' on the left. The main area is divided into sections for 'Power Analyzer' (Temperature Sensor 1), 'Measurement Device', and 'Interface'. The 'Measurement Device' section includes fields for 'Analyzer Channel Number' and 'Calibration'. The 'Interface' section has radio buttons for 'SerialRS-232C', 'USB/PCI', 'Ethernet', and 'Yokogawa USB'. There are also fields for 'Interface Address' and 'Calibration' data.</p>																																							
4	테스트 워크로드 설정	- 테스트 JVM 설정 * SUT의 스펙에 맞는 권장JVM 환경변수 입력  - 테스트 워크로드 선택 * 전력 계측기 레인지 설정 시, "Use Auto ranges" 토글을 활성화 하여 스모크 테스트 수행 * 기타 워크로드별 튜닝을 위해 선택이 가능	 <p>The screenshot shows two windows. The top one is 'Matched Configuration' with a table showing 'Client Configuration ID', 'Workload', 'Client Count', and 'Option-Set'. The bottom window is 'Choose Test Configuration' with a table of test suites and their status.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Test Suite</th> <th>Enabled</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>CPU</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Compress</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>CryptAES</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>LU</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>SQL</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Sort</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>SQL255</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>SSJ</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Storage</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Sequential</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Random</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Memory</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Flood3</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Capacity3</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Idle</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> </tbody> </table>	Test Suite	Enabled	CPU	<input checked="" type="checkbox"/>	Compress	<input checked="" type="checkbox"/>	CryptAES	<input checked="" type="checkbox"/>	LU	<input checked="" type="checkbox"/>	SQL	<input checked="" type="checkbox"/>	Sort	<input checked="" type="checkbox"/>	SQL255	<input checked="" type="checkbox"/>	SSJ	<input checked="" type="checkbox"/>	Storage	<input checked="" type="checkbox"/>	Sequential	<input checked="" type="checkbox"/>	Random	<input checked="" type="checkbox"/>	Memory	<input checked="" type="checkbox"/>	Flood3	<input checked="" type="checkbox"/>	Capacity3	<input checked="" type="checkbox"/>	Idle	<input checked="" type="checkbox"/>							
Test Suite	Enabled																																									
CPU	<input checked="" type="checkbox"/>																																									
Compress	<input checked="" type="checkbox"/>																																									
CryptAES	<input checked="" type="checkbox"/>																																									
LU	<input checked="" type="checkbox"/>																																									
SQL	<input checked="" type="checkbox"/>																																									
Sort	<input checked="" type="checkbox"/>																																									
SQL255	<input checked="" type="checkbox"/>																																									
SSJ	<input checked="" type="checkbox"/>																																									
Storage	<input checked="" type="checkbox"/>																																									
Sequential	<input checked="" type="checkbox"/>																																									
Random	<input checked="" type="checkbox"/>																																									
Memory	<input checked="" type="checkbox"/>																																									
Flood3	<input checked="" type="checkbox"/>																																									
Capacity3	<input checked="" type="checkbox"/>																																									
Idle	<input checked="" type="checkbox"/>																																									
5	테스트 수행	- 테스트 수행 * 테스트 로그를 확인하면서 테스트 수행 경과 확인	 <p>The screenshot shows the 'Launch Test' window and a terminal window displaying test execution logs. The 'Launch Test' window has a 'Test Suite' dropdown and a 'Launch' button. The terminal window shows the progress of the test execution.</p>																																							
6	결과 보고	- 테스트 결과 디렉토리가 생성되며 테스트 수행 회차에 따라 결과 분석이 가능	 <p>The screenshot shows the 'Results' window with a table of test suite results.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Test Suite</th> <th>View</th> <th>Archive</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>sut-0075</td><td>View</td><td>Archive</td></tr> <tr><td>sut-0076</td><td>View</td><td>Archive</td></tr> <tr><td>sut-0077</td><td>View</td><td>Archive</td></tr> <tr><td>sut-0078</td><td>View</td><td>Archive</td></tr> <tr><td>sut-0079</td><td>View</td><td>Archive</td></tr> <tr><td>sut-0080</td><td>View</td><td>Archive</td></tr> <tr><td>sut-0081</td><td>View</td><td>Archive</td></tr> <tr><td>sut-0082</td><td>View</td><td>Archive</td></tr> <tr><td>sut-0083</td><td>View</td><td>Archive</td></tr> <tr><td>sut-0084</td><td>View</td><td>Archive</td></tr> <tr><td>sut-0085</td><td>View</td><td>Archive</td></tr> <tr><td>sut-0086</td><td>View</td><td>Archive</td></tr> </tbody> </table>	Test Suite	View	Archive	sut-0075	View	Archive	sut-0076	View	Archive	sut-0077	View	Archive	sut-0078	View	Archive	sut-0079	View	Archive	sut-0080	View	Archive	sut-0081	View	Archive	sut-0082	View	Archive	sut-0083	View	Archive	sut-0084	View	Archive	sut-0085	View	Archive	sut-0086	View	Archive
Test Suite	View	Archive																																								
sut-0075	View	Archive																																								
sut-0076	View	Archive																																								
sut-0077	View	Archive																																								
sut-0078	View	Archive																																								
sut-0079	View	Archive																																								
sut-0080	View	Archive																																								
sut-0081	View	Archive																																								
sut-0082	View	Archive																																								
sut-0083	View	Archive																																								
sut-0084	View	Archive																																								
sut-0085	View	Archive																																								
sut-0086	View	Archive																																								

### 3. 테스트 결과

테스트 결과는 'results.html' 파일에서 결과를 확인할 수 있으며 워크로드, 워크렛 별 성능 점수를 포함한 더 자세한 결과는 'results-details.html' 파일에서 확인이 가능하다.

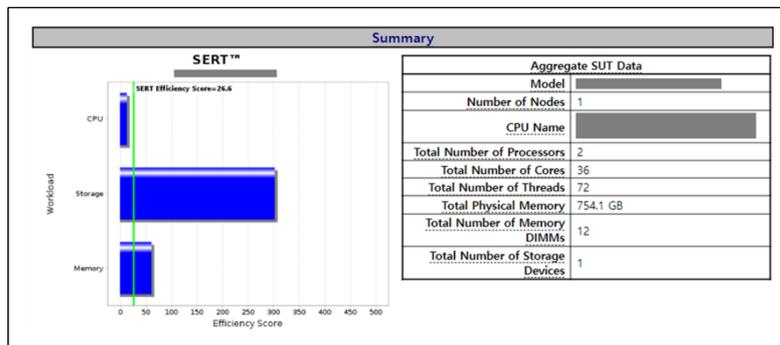
#### 가. 국산 A사 서버

테스트 결과 총점은 26.6점으로 에너지스타 최소 요구사항(30.4점) 및 평균 점수(46.4점) 보다 에너지 효율성이 낮은 것으로 측정되었다.

<표 3-1> 국산 A사 서버 테스트 결과

Workload Efficiency Score			Idle Watts	SERT Efficiency Score
CPU	Storage	Memory		
13.4	302.7	61.5	242.1	26.6

[그림 3-2] 국산 A사 서버 테스트 결과 요약

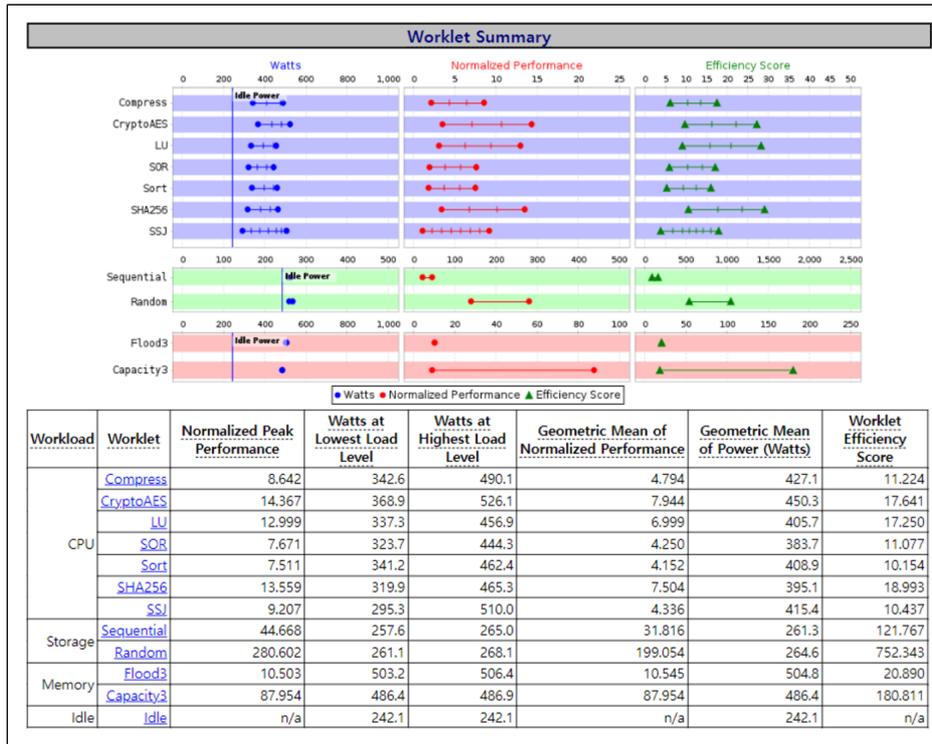


워크로드별 상세 결과는 다음과 같다. 활성 워크로드는 총 3개(CPU, Storage, Memory) 분야로 나뉘며, 워크릿은 CPU 7개, Storage 2개, Memory 2개로 구성된다.

<표 3-2> 국산 A사 서버 테스트 워크로드 별 결과

Workload	Worklet	SERT Efficiency Score
CPU	Compress	11.224
	CryptoAES	17.641
	LU	17.250
	SOR	11.077
	Sort	10.154
	SHA256	18.993
	SSJ	10.437
Storage	Sequential	121.767
	Random	752.343
Memory	Flood3	20.890
	Capacity3	180.811
Idle	Idle	N/A

[그림 3-3] 국산 A사 서버 테스트 워크로드 별 결과



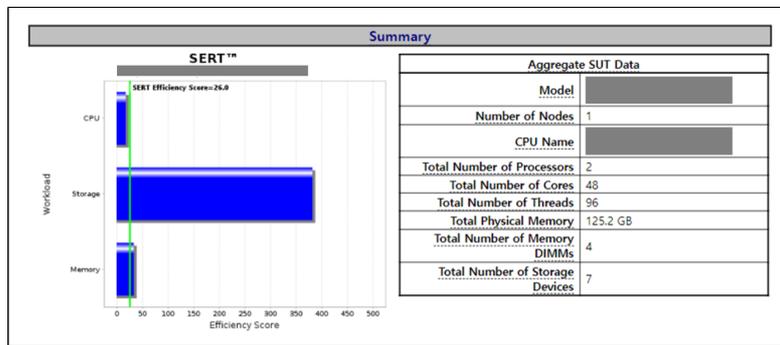
나. 외산 B사 서버

국산 A사 서버와 같은 체계의 CISC CPU가 장착된 외산 B사 서버의 테스트 결과 총점은 **26.0점으로** 국산 A사 서버의 결과(26.6점)와 비슷하게 측정되었다.

<표 3-3> 외산 B사 서버 테스트 결과 요약

Workload Efficiency Score			Idle Watts	SERT Efficiency Score
CPU	Storage	Memory		
17.9	382.4	33.6	135.9	26.0

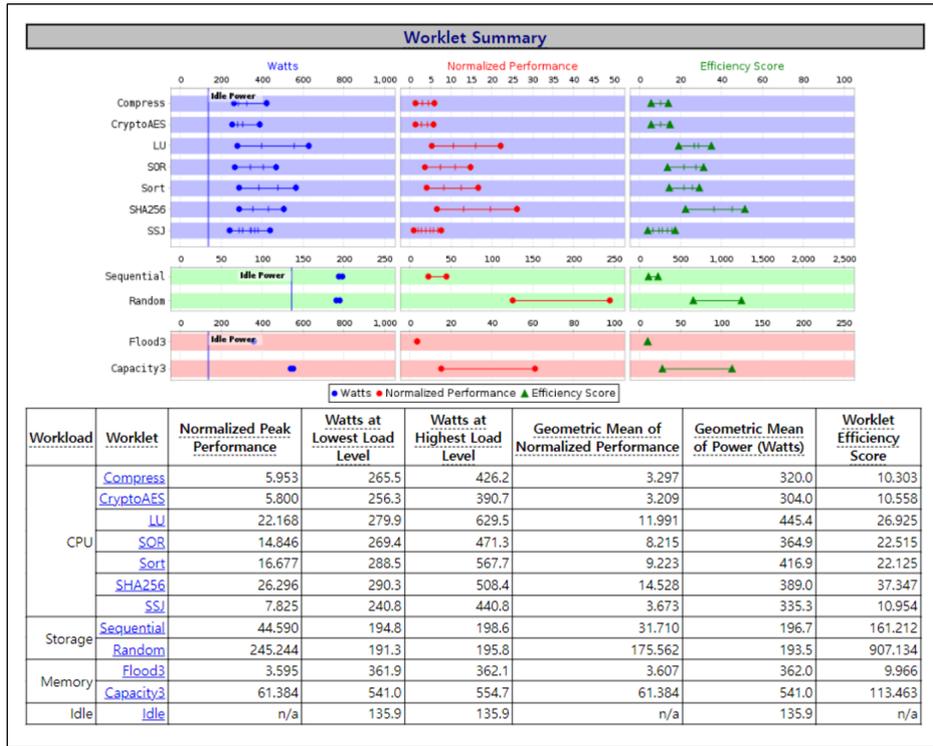
[그림 3-4] 외산 B사 서버 테스트 결과 요약



<표 3-4> 외산 B사 서버 테스트 워크로드 별 결과

Workload	Worlet	SERT Efficiency Score
CPU	Compress	10.303
	CryptoAES	10.558
	LU	26.925
	SOR	22.515
	Sort	22.125
	SHA256	37.347
	SSJ	10.954
Storage	Sequential	161.212
	Random	907.134
Memory	Flood3	9.966
	Capacity3	113.463
Idle	Idle	N/A

[그림 3-5] 외산 B사 서버 테스트 워크로드 별 결과



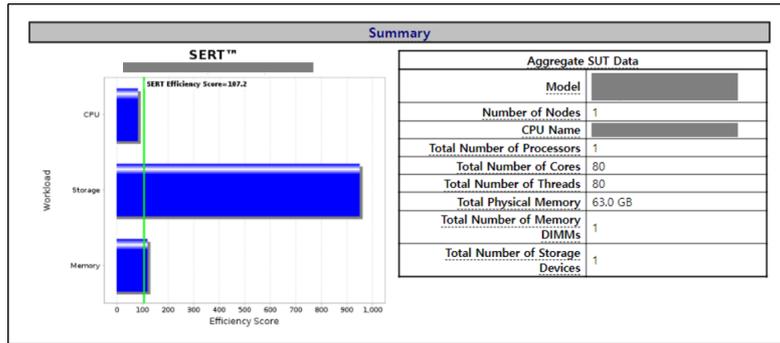
다. 국산 C사 RISC 기반 서버

국산C사의 RISC CPU 기반 서버의 SERT 2 테스트 결과 총점은 107.2점으로 에너지스타 최소 요구사항(26.점) 상회하며, 이전의 2개 서버에 비해 다소 높은 점수로 측정되는 것을 확인 할 수 있었다.

<표 3-5> 국산 C사 서버 테스트 결과 요약

Workload Efficiency Score			Idle Watts	SERT Efficiency Score
CPU	Storage	Memory		
83.3	951.5	120.9	56.2	107.2

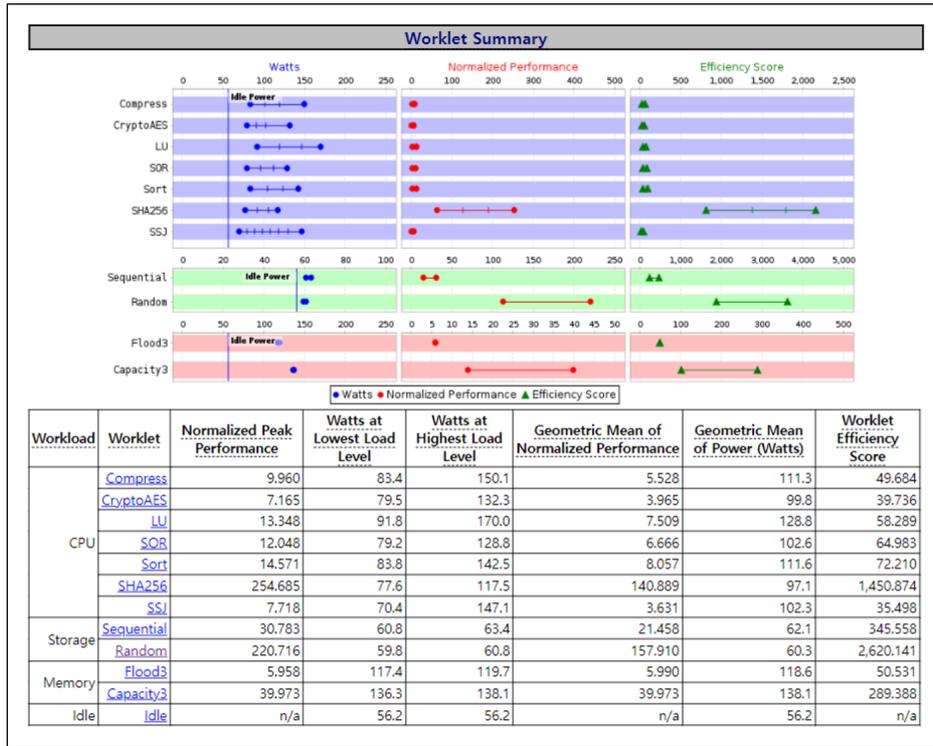
[그림 3-6] 국산 C사 서버 테스트 결과 요약



<표 3-6> 국산 C사 서버 테스트 워크로드 별 결과

Workload	Worlet	SERT Efficiency Score
CPU	Compress	49.684
	CryptoAES	39.736
	LU	58.289
	SOR	64.983
	Sort	72.210
	SHA256	1,450.874
	SSJ	35.498
Storage	Sequential	345.558
	Random	2,620.141
Memory	Flood3	50.531
	Capacity3	289.388
Idle	Idle	N/A

[그림 3-7] 국산 C사 서버 테스트 워크로드 별 결과



#### 4. 테스트 결과 분석

서버 에너지 효율성 측정 도구(SERT v2.0)를 활용하여 테스트한 결과, RISC 계열의 국산 서버 효율이 가장 높은 것으로 나타났다. 이는 미국 에너지스타 인증의 서버 분야에 등재된 서버 에너지 효율 평균 점수(46.4점)보다 2배 이상 높은 점수이다. 또한, 동일한 CISC 계열을 사용한 국산 A 서버와 B 서버 간 점수는 비슷한 양상을 보였다. 이는 외산 서버라고 무조건 에너지 효율이 높다는 인식이 잘못되었음을 시사한다.

<표 3-7> 서버 에너지 효율성 테스트 점수 요약

No	서버	CPU	Memory	Disk	SERT v2.0 총점	
1	국산 A 서버 (2017년 출시)	CISC 계열	36 core, 2 CPUs	128 GB	256 GB	26.6
2	외산 B 서버 (2021년 출시)		48 core, 2 CPUs			26.0
3	국산 C 서버 (2023년 출시)	RISC 계열	80 core, 1 CPUs	64 GB		107.2

그밖에 에너지 효율 총점은 Core 수, CPU 수, Memory 및 Disk 구조 및 용량 등에 따라 다양하게 변할 수 있지만, 본 파일럿 테스트에서는 CPU 계열(아키텍처)에 따른 차이점만 바라보았을 경우, CISC 계열의 제품보다 RISC 계열의 제품의 에너지 효율성 점수가 우수하게 나타나는 것을 확인 할 수 있다.

일반적으로 RISC 아키텍처는 CISC 아키텍처에 비해 명령어 집합이 단순하고, 명령어 실행시간이 비교적 짧고 일관적이다. 또한 RISC는 명령어 수행 효율성을 높이기 위해 파이프라인, 분기 예측 등의 기술을 사용한다. 반면 CISC 아키텍처는 다양한 기능을 제공하고 복잡한 명령어 세트를 사용하여 단일 명령어가 여러 동작을 수행하여 많은 양의 연산을 수행할 수 있도록 한다. 이에 CISC 프로세서는 하드웨어가 더 복잡하고, 명령어 수행 효율성을 높이기 위해 많은 양의 하드웨어 리소스를 사용한다. 위와 같은 특징 때문에 RISC 아키텍처는 주로 임베디드 시스템, 네트워크 장비, 모바일 기기 등에서 처리 성능을 향상 시키고 전력 효율성을 높이는 데 중점을 둔다.

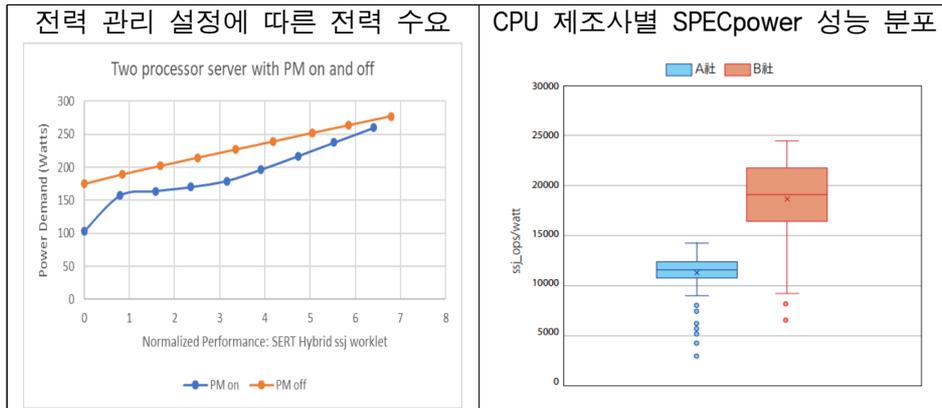
현재 데이터센터는 RISC 아키텍처(예: ARM 프로세서) 보다 CISC 아키텍처(예: x86 프로세서)를 탑재한 서버를 더 많이 사용하고 있다. 데이터센터 내 많은 SW가 x86을 기반으로 개발되어 있어 활용 생태계가 넓고, 그만큼 유지보수 등에 대한 지원이 강하기 때문이다. 하지만 저전력/고효율이 중요시되는 시대가 도래함에 따라 저전력/고성능 컴퓨팅 분야에서 ARM 기반 서버의 수요가 증가할 것으로 예측된다. 이러한 추세에 부합하여 에너지 효율을 정량적으로 측정하고 에너지 효율성을 객관적으로 검증·비교할 수 있는 환경을 제공하여, 국내 서버 개발사, 데이터센터 운영사들이 성능 대비 효율이 높은 서버를 선택할 수 있도록 지원이 필요할 것이다.

## 제2절 에너지 측정 기술 국내 도입 방안 검토

1절에서는 3가지 타입의 서버에 대해 SPEC의 서버 에너지 효율성 평가 도구(SERT v2.0)를 사용하여 에너지 효율성 테스트를 수행하고 그 결과에 대해 간략하게 분석하였다. 이번 테스트 결과를 통하여 국산 서버 역시 에너지 효율성을 충분히 국제 요구사항 기준에 만족할 수 있으며 충분한 연구와 사례분석을 통하여 국내 정보화 시스템 도입 시 필요한 에너지 규모 산정 지침을 마련할 수 있다는 것을 확인 할 수 있었다.

또한 ITI-TGG의 데이터센터 전력 수요 예측 연구나 SPEC의 서버 컴퓨터 에너지 효율성에 관련된 연구자료에서도 정보화 시스템의 에너지 사용량과 수요를 예측하기 위한 여러 가지 고려 사항들이 필요하다는 것을 확인할 수 있다.

[그림 3-8] 서버 에너지 효율성 테스트 관련 통계자료



출처: SMART ENERGY DECISIONS(2021)

출처: TTA 저널 198호

다만, 특정 서버 제조사의 에너지 효율성 테스트 결과나 점수를 공개하는 것은 통상적으로 지양되거나 금지하는 것이 원칙이기 때문에, 다양한 환경(유형 등)과 제조사별 제품에 대한 에너지 효율 특징을 도출하고 에너지 사용량 계상의 기초 자료 및 지침을 마련하기 위해서는 부품별 특징에 따른 에너지 효율성 테스트를

통한 실질적인 통계자료 확보가 필요하다. 즉, 국내 산업에 적합한 서버 에너지 효율 기준 수립을 위해서는 국내에 유통되는 다수의 서버 장비의 에너지 효율성 데이터 확보가 시급하며, 이는 반드시 정부 주도하에 실질적인 검증 결과를 토대로 수립되어야 그 기준의 유효성을 입증할 수 있다.

제도적 측면에서는 서버 에너지 측정 기술을 국내에 안정적으로 도입하기 위해 총 3가지 단계를 검토할 수 있다. 본 절차는 유럽, 일본이 미국의 에너지스타 프로그램을 자국에 도입하기 위해 진행한 절차이기도 하며, 단계적인 도입 절차를 통해 도입 과정에서의 부작용을 최소화할 수 있다.

첫 번째 단계는 미국 ENERGY STAR 프로그램을 통해 국산 서버 컴퓨터 제품을 직접 인증받는 것이다. 직접 인증을 위해 국내 서버 제조사는 스스로, 혹은 컨설팅 기관을 통해 미국 ENERGY STAR와 소통하며 서버 컴퓨터 검인증을 획득해야 한다. 이를 위해 EPA(미국 환경 보호국)에서 승인된 시험소 및 인증기관(CB: Certification Body)과 협력해야 하며 이 과정에서 기술적, 제도적 노하우를 습득할 수 있다. 하지만, 직접 인증은 다수의 비용과 시간이 들고, 언어적 장벽으로 그 효과가 매우 떨어진다는 단점이 있다.

두 번째 단계는 검인증의 용이성 및 비용 절감을 위해 미국 환경보호국과의 협의를 통한 ENERGY STAR 상호인증제도를 실시하여 국제 ENERGY STAR 인증을 국내에서 수행하는 방법이다. ENERGY STAR 프로그램의 제 3자 상호인정을 위해서는 국내 검·인증기관이 상호인정약정(IAF MLA)의 제품인증(ISO/IEC 17065) 및 인정 기구 협의체(ILAC)의 인정기관 요구사항을 만족하여야 하며 미국 ENERGY STAR와 파트너십 체결이 필요하다.

마지막 단계는 우리나라 고유의 독자적인 검인증 체계를 구축하는 것이다. 물론 국내의 독자적인 서버 에너지 검인증 체계를 구축하기 위해서는 앞서 언급한 유효성이 보장된 '에너지 효율 기준'이 선제적으로 마련되어야 한다. 본 검인증 체계는 국내 기업이 친환경 경영 및 탄소 절감에 이바지하기 위하여 국내 데이터센터나 ICT 플랫폼 구축에 있어 에너지 사용량 과계상을 방지하고 도입 후에도 많은 에너지 관리 기술 도입 및 활용을 통한 효율적인 에너지 사용에 활용할 것으로 예상된다.

## 제4장 국내 도입 서버 에너지 효율성 제고 및 국내 수출기업 지원을 위한 정책 방향 제언

앞서 연구한 서버 에너지 효율 관련 국내외 표준, 에너지 절감 기술, 에너지 측정 벤치마크 도구, 주요국 서버 에너지 인증제, 우수 사례, 관련 산업 종사자의 인터뷰 등을 분석한 결과, 다음과 같은 시사점을 도출할 수 있었다.

국내 기업은 AI, 클라우드 등의 신기술이 급격히 성장함에 따라, 서비스 런칭 및 안정적인 공급을 우선시하는 경향이 있어서, 규제적 성격의 인증 제도보다는 **산업 활성화와 지원을 중심으로 한 기술 가이드가 필요**

외산 제품이 가진 에너지 효율에 대한 기술적 우위로부터 국산 제품이 뒤처지지 않도록, **국산 제품의 해외 수출 지원 및 내수용 제품의 에너지 효율 확보를 위한 기술 지원 필요**

즉, 아직은 먼 미래의 탄소중립 확보보다 당장의 산업 활성화가 우선인 국내 산업 여건상 정부가 앞장서서 기업의 이익을 보호하는 동시에 현실로 다가올 탄소중립의 압박에 견디기 위한 기술적·제도적 보호 장치를 마련해야 한다.

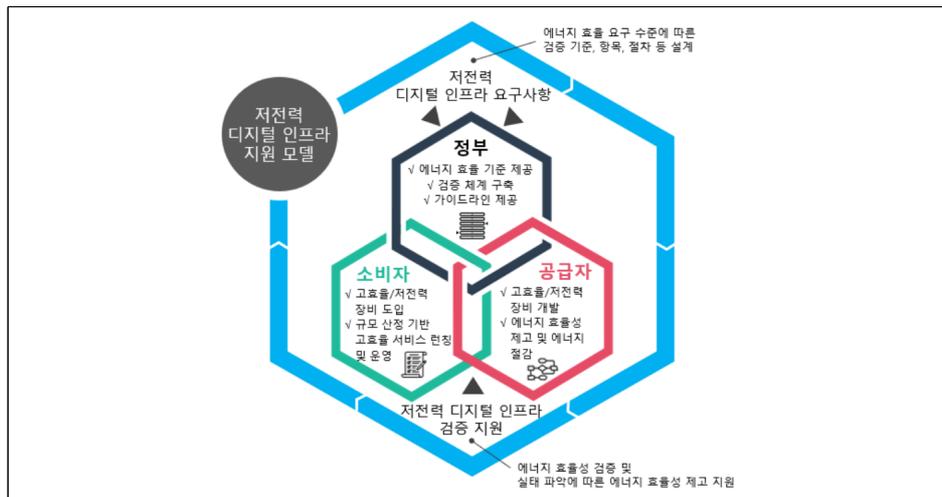
정부는 모든 이해관계자가 참고할 수 있는 에너지 효율 기준을 적기에 수립하고, 검증 체계를 구축하여 에너지 효율을 확보할 수 있도록 기술적·제도적 지원을 주도해야 한다. 정부가 선두에서 IT 장비의 고효율/저전력화를 유도한다면, 국산 IT 장비를 개발하는 **공급자들은** 에너지 효율성, 탄소 절감의 중요성을 인식하여 자사 제품의 에너지 효율 평가 및 효율 향상을 위한 기술 개발을 주도하고, 데이터센터 사업자나 SI 서비스 운영자 등 **소비자들은** 공급자가 제시한 에너지 효율 점수를 기반으로 자신들의 요구에 맞는 장비를 선택하는 등 에너지 효율 절감을 위한 에너지 선순환 생태계가 마련될 것이다.

## 제 1 절 '저전력 디지털 인프라 가이드 수립'

현재 대한민국에는 서버, 스토리지, 네트워크 장비 등에 대한 에너지 효율 기준이 부재하다. 이는 미국을 선도로 유럽, 일본, 중국 등에서 에너지 효율 측정을 위한 생태계를 구축하고 기준, 방법, 절차, 도구 등을 개발·배포한 것과는 대조적이다. 서버 등 IT 장비가 디지털 서비스를 구현하는 데 핵심적인 역할을 차지하는 것은 공통적이지만, 각 나라마다 요구하는 에너지 효율 수준은 다양하므로 해당 나라의 산업 환경, 서비스 제공 유형, 데이터센터 인프라 상태 등을 고려한 합리적인 에너지 효율 기준 수립이 우선되어야 한다.

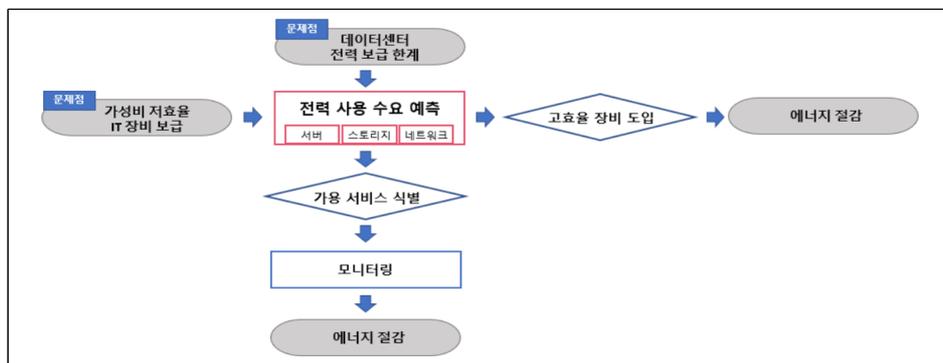
이에, 디지털 인프라 에너지 효율 검증 관련 국내외 표준, 규제, 사례 등을 기반하여 산업 현장의 요구사항을 반영한 '국내 저전력 디지털 인프라 지원 모델' 수립이 우선되어야 한다. 즉, 장비별 에너지 효율 기준을 개발하고, 이를 측정하기 위한 검증 도구 개발, 체계적인 검증 체계 구축, 가이드라인 배포 등을 통해 실질적인 검증 서비스가 이루어질 수 있도록 지원해야 한다.

[그림 4-1] 저전력 디지털 인프라 지원 모델 구조도



또한 에너지 효율 확보 기술 내재화를 위해 개발자와 수요자가 모두 참고할 수 있는 가이드라인을 배포하고, '에너지 사용 규모(TCO<sup>58</sup>) 산정 지침'을 통해 서비스 유형별 IT 장비의 에너지 사용 정도를 미리 예측하고 준비함으로써 데이터센터 내 장비 운용의 효율성 또한 최대한 높일 수 있다. 특히, 기 운영중인 데이터센터는 최초 설계된 최대 전력 이상의 전력은 공급할 수 없기 때문에 '에너지 사용 규모 산정 지침'은 기업이 최대 영업 이익을 얻을 수 있는 서비스를 선정하는 데 참고할 수 있는 핵심 자료가 될 것으로 예상된다.

[그림 4-2] 에너지 사용 규모 산정 지침 활용안(예시)



## 제 2 절 '국내 기업 기술 지원 및 수출 경쟁력 강화'

현재 미국은 에너지스타 프로그램을 통해 서버 제품의 에너지 효율 인증을 제공하고 있다. 해외 유명 서버 기업들은 에너지스타를 통해 에너지 효율 인증 받고 홈페이지/브로셔 등에 게시하는 등 에너지 효율 점수를 제품 홍보를 위한 수단으로 활용하고 있다.

국내 기업들도 해외의 에너지 인증(예: 에너지스타의 SERT 인증) 혹은 그 수준의 제 3자 효율성 인증을 받아 동남아 등에 제품 수출 시 에너지 효율에

58) 에너지 TCO(Total Cost of Ownership): 장비나 시스템을 소유·운영하는 수과정(구매→운영→유지보수→폐기)에서 요구되는 에너지 소요 비용을 포함한 전체 비용으로써, TCO 분석은 데이터센터 등 에너지를 많이 사용하는 곳에서 매우 중요

대한 신뢰성을 인정받고, 국내 공공 데이터센터 등에 진입하기 위한 수단으로 활용해야 한다.

하지만 현재 대부분의 국내 서버 기업은 CPU 등 주요 부품은 구매하고 주변 보드 등만 제작 및 조립하는 수준으로 나라별 에너지 효율 인증에 대한 정보를 직접 수집하고, 인증을 받기에는 현실적으로 불가능하다. 물론 자체 기술력으로 서버 핵심기술을 개발하는 기업들도 있지만 이들 또한 기술 개발에 초점을 맞추고 서비스의 안정적인 공급이 중요하지, 에너지 효율 확보가 우선 과제는 아니다.

[그림 4-3] 서버 에너지 효율성 제고 및 국내 기업지원 추진 전략



이에 정부는 기업이 원하는 나라별 에너지 효율 인증에 대한 정보를 제공하고, 인증을 받을 수 있도록 기술적으로 지원하여, 기업 스스로 에너지 무역 장벽을 넘어 해외 수출을 이뤄낼 수 있도록 마중물 역할을 해야 한다.

이를 위해, 앞서 제시한 '저전력 디지털 인프라 생태계'에서 기업의 기술/수출 경쟁력 확보를 위해 국제공인인증 획득 지원, 국내 IT 장비 에너지 효율성 검증 등을 지원하고, 나아가 에너지 효율 확보에 대한 인식 개선까지 지원해야 한다. 국내 기업 또는 데이터센터는 신뢰성/유효성이 확보된 에너지 효율 검증 결과를 활용하여 에너지 효율 모니터링, 관리, 개선 등을 수행하고, 제품 간의 벤치마크 결과를 비교·분석하여 자사에 필요한 IT 장비를 선택할 수 있다. 또한, 공공 데이터센터는 저전력/고효율 서버를 우선적으로 도입하여 저전력 서버를 연구 개발하는 기업이 공공 래퍼런스를 확보할 수 있도록 지원하고, 에너지 효율 확보를 실천하는 민간 데이터센터에게는 세금 감면 등의 인센티브를 제공하여 저전력 디지털 인프라가 확산될 수 있는 기반을 마련해야 한다.

전 세계적인 이상기후 위기 확산에 따라 국제질서는 탄소중립을 위한 제도적 지원·규제를 강화하는 추세에 있다. 이에 따라, 탄소 배출 비중이 높은 제조업 중심의 수출 주도형 성장 경제구조를 가진 우리나라에서는 탄소중립 실천이 국가 경쟁력에 직결된다.

이러한 배경과 환경에서 디지털 기술은 에너지 등의 효율적 관리·사용, 자원의 순환 등을 지원하는 탄소 감축의 핵심역량(디지털 기술은 '30년까지 세계 탄소 배출량 15% 감축에 기여할 것으로 예상) 이자, 그 자체가 탄소중립을 확보해야 하는 대상이 된다.

본 연구는 탄소중립 대상인 서버 장비의 에너지 효율성 확보를 위한 기술적, 정책적 검토를 수행하고 정책 방향성을 제언하고 있다. 이는 우리나라 서버 에너지 효율성을 높이고, 탄소중립 실천에 기여하며, 국가 경쟁력을 강화하는 데 도움이 될 것으로 기대한다.

## 제 5 장 정부정책반영현황

본 연구 결과는 '디지털 전환을 통한 탄소중립 촉진 정책', '저전력 디지털 인프라 기반 마련 정책' 등과 관련된 국내외 최신 동향 및 사례 파악에 활용될 수 있다. 또한, 디지털 탄소중립 민관협의회 안건을 위한 기초 자료로 활용될 수 있다.

### 참 고 문 헌

#### 국내 문헌

- 산업통상자원부 (2023), 『데이터센터 수도권 집중 완화 방안』
- 한국정보화진흥원 (2010), 『그린데이터센터 구현기술 및 표준화 동향』
- 에너지경제연구원 (2010), 『탐-러너 제도의 친환경적 도입방안 연구』
- 에너지경제연구원 (2010), 『일본의 에너지절약제도 분석과 시사점』
- 에너지관리공단 (2022), 『에너지라벨링제도 이해』
- 한국산업기술진흥원 (2023), 『2023 녹색인증 매뉴얼』
- 한국소비자원 (2012), 『에너지라벨링제도 개선을 위한 연구』
- 한국데이터센터연합회 (2020), 『KOREA DATA CENTER MARKET 2020-2023』
- 한국데이터센터연합회 (2023), 『2023 제12회 그린데이터센터인증설명회』
- 한국IT서비스산업협회 (2016), 『데이터센터 구축 및 운영 활성화를 위한 제도 연구』
- 한국IT서비스산업협회 (2018), 『데이터센터산업 생태계 활성화를 위한 실태조사 연구』
- 한국환경산업기술원 (2019), 『2019년 EU 에코디자인 지침(EU ErP) 분석』
- 한국전자정보통신산업진흥회 (2023), 『EU 에코디자인 규제 동향 및 전자업계 영향』
- 대외경제정책연구원 (2008), 『한·일 양국의 에너지 분야 대응실태와 협력방안』
- 국토연구원 (2023), 『탄소중립 실현을 위한 일본의 국토·도시정책』

한국정보통신기술협회 (2013), 『정보통신단체표준(TTAK.KO-09-0096) - 서버 소모 전력 효율 측정 지표』

한국정보통신기술협회 (2014), 『정보통신단체표준(TTAK.KO-10-0764) - 데이터 센터 에너지 효율 성능 지표 - 서버』

한국기계전기전자시험연구원(2024), 『무역기술장벽(TBT) 심층분석 보고서』

산업통상자원부(2022), 『대기전력저감 프로그램 운용규정』

한국에너지공단, 『대기전력저감 프로그램 제도』

김태중 (2013), 『스마트 가전의 대기전력 프로그램 및 기술 동향』, 한국전자통신연구원

정상진 (2015), 『에너지 효율적이고 안전한 데이터센터를 위한 표준화 동향』, 한국정보통신기술협회

정성춘 (2006), 『일본의 신에너지 정책과 시사점』, 대외경제정책연구원

황세진 (2021), 『서버 전력효율성 평가를 위한 SPECpower 벤치마크 소개 및 분석』, 한국정보통신기술협회

## 해외 문헌

UPTIME INSTITUTE(2022), “Data Center and IT spending survey 2022”

statista(2023), “What is the average annual power usage effectiveness (PUE) for your largest data center?”

green4T(2021), “Data Center Carbon Zero”

Congressional Research Service(2018). “ENERGY STAR Program.”

The Energy Conservation Center(2013). “Japan Energy Conservation Handbook 2013.”

International Organization for Standardization(2020). “ISO/IEC 21836:2020(Information technology—Data Centres—Server energy effectiveness metric).”

International Organization for Standardization(2017). “ISO/IEC 30134-4:2017 (Information technology—Data Centres—Key Performance indicators—Part 4: IT Equipment Energy Efficiency for servers(ITEEsv))”

Chinese technical standard, GB 43630-2023: Minimum allowable values of energy efficiency and energy efficiency grades for tower and rack servers

Standard Performance Evaluation Corporation(2021). “SERT® Suite User Guide”

Standard Performance Evaluation Corporation(2021). “The SERT® 2 Metric and the Impact of Server Configuration”

Standard Performance Evaluation Corporation(2021). “Run and Reporting Rules”

Standard Performance Evaluation Corporation(2022). “The SERT® Suite Design Document 2.0.x”

ENERGY STAR(2023). “ENERGY STAR Version 4.0 Computer Servers Final Specification.”

ENERGY STAR, “How to Measure Server Efficiency with SERT”

SPEC.org, “SPECpower\_ssj2008 Benchmark”

Wimmer, P., Mehnert, J., & Condurache, A. P. (2023). Dimensionality reduced training by pruning and freezing parts of a deep neural network: a survey. *Artificial Intelligence Review*

ResearchInChina(2023), Autonomous Driving SoC Research Report, 2023

European Commission(2019). “Commission Regulation (EU) 2019/424” , <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32019R0424>

European Commission(2009). “Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council” , <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex%3A32009L0125>

CRS reports(2018), “ENERGY STAR Program”

Ministry of Economy, Trade and Industry Agency for Natural Resource and Energy(2015). “Top Runner Program.”

Ministry of Economy, Trade and Industry Agency for Natural Resource and Energy(2021). “ENERGY STAR® International Program.”

The Energy Conservation Center - Japan, “Japan Energy Conservation Handbook 2013”

Gonzalez-Torres, M., Bertoldi, P., Castellazzi, L., & Pérez-Lombard, L. (2023). “Review of EU product energy efficiency policies: What have we achieved in 40 years?.” , Journal of Cleaner Production.

Webpage(2020), “How Much Energy Do Data Centers Really Use?“, <https://energyinnovation.org/2020/03/17/how-much-energy-do-data-centers-really-use/>

Webpage, “CLEARResult 80 Plus“, <https://www.clearesult.com/80plus/program-details>

Webpage(2015). “The Intel Skylake Mobile and Desktop Launch, with Architecture Analysis” , <https://www.anandtech.com/show/9582/intel-skylake-mobile-desktop-launch-architecture-analysis/7>

Webpage(2019). “Processor P-states and C-states” , [https://www.thomas-krenn.com/en/wiki/Processor\\_P-states\\_and\\_C-states](https://www.thomas-krenn.com/en/wiki/Processor_P-states_and_C-states)

Webpage, “MLCommons Power WG“, <https://mlcommons.org/>

Webpage, “Japan METI statistics report“, <https://www.enecho.meti.go.jp>

Webpage, “中国能效标识“, <https://www.energylabel.com.cn/index.htm>

Webpage, “全国标准信息公共服务平台“, <https://std.samr.gov.cn>

Webpage, “China National Institute of Standardization“, <https://en.cnis.ac.cn>

## 저 자 소 개

### 한 주 연

- 경북대학교 컴퓨터공학과 졸업
- 한국과학기술원 전산학 석사
- 현 한국정보통신기술협회 팀장

### 성 민 경

- 고려대 컴퓨터학과 졸업
- 고려대 컴퓨터학과 석박통합과정 수료
- 현 한국정보통신기술협회 책임연구원

### 서 병 준

- 한신대 컴퓨터공학 졸업
- 한양대 컴퓨터소프트웨어학과 석사
- 현 한국정보통신기술협회 책임연구원

### 황 세 진

- 전남대학교 전자컴퓨터공학과 졸업
- 광주과학기술원 전자 전기전자컴퓨터공학부 석사
- 현 한국정보통신기술협회 책임연구원

### 이 강 원

- 한국기술교육대 정보통신공학과 졸업
- 한국기술교육대 정보통신공학전공 석사
- 현 한국정보통신기술협회 선임연구원

과학기술정보통신부 정책연구용역사업 2024-0-00000

## 서버 에너지 효율성 확보를 위한 기술 검토 및 정책 방향 제언

2024년 4월 XX일 인쇄

2024년 4월 XX일 발행

발행인 과학기술정보통신부 장관

발행처 과학기술정보통신부

세종 갈매로 477 정부세종청사 4동

Homepage: [www.msit.go.kr](http://www.msit.go.kr)

