

(기술보고서)

# **초고성능 서버를 위한 에너지 절감 기술 적용 방안**

**KISTI 국가슈퍼컴퓨팅본부 슈퍼컴퓨터개발센터**

**2018. 4. 2.**

**한국과학기술정보연구원**

## 저자소개

### **차광호 (Kwangho Cha)**

Korea Institute of Science and Technology Information  
Center for Development of Supercomputing System  
Senior Researcher  
Email : khocha@kisti.re.kr

### **정현미 (Hyun Mi Jung)**

Korea Institute of Science and Technology Information  
Center for Development of Supercomputing System  
Senior Researcher  
Email : hmjung@kisti.re.kr

### **남기호 (Kihyo Nam)**

UM Logics Co., Ltd.  
Vice President  
Email : nkh@umlogics.com

# 목 차

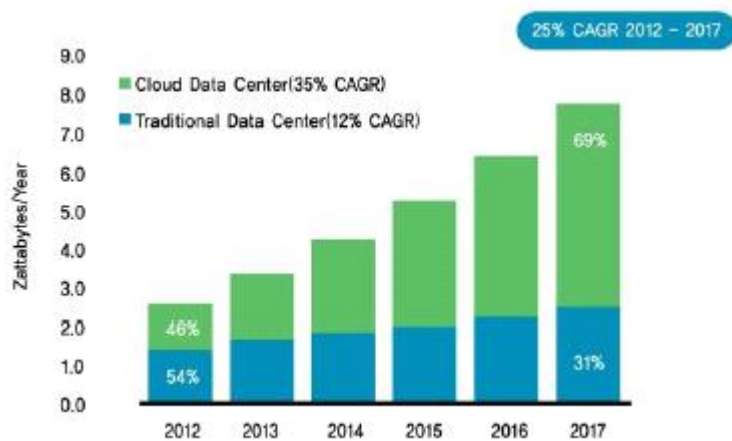
1. 서론	1
1.1. 데이터센터 에너지 절감 대책의 필요성	1
1.2. OCP 정의 및 효과	5
2. OCP의 전원 기술	6
2.1. 전원 공급 장치	6
2.2. 전원 공급 장치(PSU)에 대한 OCP 표준 규격	13
2.3. OCP 표준 랙과 서버에서 활용되는 장비들의 전원 공급 방식	21
3. 시사점	22
4. 부록: Open Rack(OCP 랙)에서의 전원 기술	23
4.1. 전력 선반 사양	23
4.2. PDU (Power Distribution Units)	27
참고 자료	29

# 1. 서론

## 1.1. 데이터센터 에너지 절감 대책의 필요성

### 1.1.1. 데이터센터의 트래픽 증가

데이터센터는 클라우드 컴퓨팅 및 빅데이터와 같은 IT 트렌드를 바탕으로 급격한 성장을 하게 되었으며, 2013년 10월에 글로벌 네트워크 업체 중 하나인 시스코는 다음 [그림 1]과 같이 데이터센터의 트래픽이 2012년에 2.6 제타바이트에서 2017년에 7.7 제타바이트로 약 3배 증가할 것으로 예상하는 보고서를 발표하였다.



[그림 1] 데이터센터의 트래픽 현황

출처:<http://comworld.co.kr/news/articleView.html?idxno=46881>

또한 기존 데이터센터인 IDC(Internet Data Center)의 트래픽 증가율은 연평균 12% 이고, 클라우드 데이터센터(CDC, Cloud data Center)의 트래픽 증가율은 연평균 35%의 높은 성장세를 보이고 있는 것을 확인할 수 있다. 여기서 IDC와 CDC의 중요한 차이점은 IDC는 사용자가 서버를 직접 사서 장소만 빌리거나 서버를 임대하는 호스팅 위주의 서비스를 제공하는 데이터센터이고, CDC는 사용자가 필요한 기간·성능만큼 서비스를 선택하여 이용하고 사용량만큼 요금을 지불하는 서비스를 제공하는 데이터센터이다. 그 외의 IDC와 CDC의 차이점은 다음 [표 1]과 같이 요약할 수 있다.

구분	일반 데이터센터(IDC)	클라우드 데이터센터(CDC)
IT 인프라	다양한 플랫폼 (메인프레임, 유닉스, 윈도우 등)	단일 플랫폼 (현재 윈도우 기반이 다수)
전력밀도	저밀도(1~3KW/RACK)	고밀도(10KW/RACK 이상)
데이터센터 구조	설비 확장이 용이하지 않은 구조	IT 인프라의 확장을 지원하는 유연한 형태
운영	IT 인프라와 설비의 독자적 관리	안전성과 비용 효율적 관리를 위한 통합 관리

[표 1] 일반 데이터센터(IDC)와 클라우드 데이터센터(CDC)의 비교/분석

출처: 클라우드 데이터센터 구축 지침, TTA, 2013

여기서 전력밀도(power density)라는 개념은 전파 방향에 수직인 단위 면적당 전력으로, 위의 표에서는 1랙(RACK) 당 소비전력을 표현하기 위하여 KW/RACK이란 단위를 이용해 나타냈지만,  $W/m^2$ 의 단위로도 많이 표현된다. 즉 데이터센터에서 전력밀도가 고밀도(혹은 고효율이라는 표현을 사용하기도 한다.)라는 말의 의미는 서버들의 소모전력을 서버 및 랙이 차지하는 면적으로 나눈 값이 높다는 것을 의미하므로, 데이터센터에서 서버 및 랙을 배치하는 공간의 활용이 그만큼 잘 되어 있다는 것을 의미한다.

일반적으로 랙당 10KW 이상의 전력을 소비하는 IT 장비들을 고밀도 서버로 볼 수 있으며, 서버들로 가득 찬 랙들은 랙 하나당 6~35KW 까지의 전력을 소비할 수 있다. 그러나 다수의 데이터센터들은 랙당 4KW 이하의 전력밀도로 설계되어 있다.

이처럼 증가하는 트래픽을 감당하기 위해 데이터센터는 서버를 비롯한 필요 장비들을 증설 또는 재배치하면서, 사용자에게 제공하는 서비스가 중단되거나 지연되지 않도록 노력하고 있다. 그러나 장비를 실제로 증설 또는 재배치해서 서비스를 제공하기까지는 많은 시간과 비용이 든다. 또한, 장비를 구비하더라도 데이터센터 내부에 공간을 마련하고, 장비를 설치하며, OS를 비롯한 각종 SW를 세팅하고 정책을 설정하는 등 서비스를 준비하기 위한 프로비저닝 단계를 거쳐야 한다. 그러나 이 프로비저닝 기간도 적게는 며칠에서 많게는 수십 일이 걸리는 만큼 당장 장비를 증설했다고 해서 바로 서비스를 제공할 수 있는 것도 아니다.

데이터센터 관리자는 평소 자신들의 데이터센터에 접속하는 트래픽량을 모니터링하며 서비스 제공에 차질이 없도록 하고 있지만, 언제나 예상범위 내에서만 트래픽이 움직이는 것만은 아니다. 때로는 대비해둔 것에 비해 훨씬 적은 트래픽만 발생하며 가용 자원이 사실상 유향 상태에 빠질 수도 있고, 때로는 갑자기 감당할 수 없을 정도로 많은 트래픽의 유입에 서비스 제공이 원활하지 못하게 되는 경우도 발생한다.

## 1.1.2. 데이터센터의 주변 환경 변화

### 가. 기후 변화에 따른 전기 요금 인상

2015년 12월에 전세계 196개국 이 온실가스 배출감소 및 기후변화에 대응하기 위한 자원 조성을 위해 파리기후협약을 맺었다.

파리기후협약 발효에 따라 국내 에너지 및 환경 정책이 변화하게 되었으며, 특히 우리나라가 2030년까지 국내 및 국외에서 감축해야하는 온실가스는 다음 [그림 2]와 같이 BAU 대비 37%이다. 여기서 BAU란 Business As Usual의 약자로, 온실가스 감축을 위한 인위적인 조치를 취하지 않을 경우 배출이 예상되는 온실가스의 총량이다. 2030년 BAU는 의도적인 감축 노력을 하지 않고 지금 추세로 진행할 때 경제성장률, 국제 유가, 에너지효율 같은 온실가스 배출 관련 요인을 감안한 2030년 배출될 온실가스의 총량을 의미한다.

〈2030년 부문별 온실가스 감축목표〉

부문	BAU (백만톤)	감축량 (백만톤)	감축률(%)	
			부문 BAU대비	국가 BAU대비
전환	(333)*	64.5	(19.4)	7.6
산업	481	56.4	11.7	6.6
건물	197.2	35.8	18.1	4.2
에너지산업	-	28.2	-	3.3
수송	105.2	25.9	24.6	3.0
공공·기타	21	3.6	17.3	0.4
폐기물	15.5	3.6	23.0	0.4
농축산	20.7	1	4.8	0.1
국내 감축	851*	219	25.7%	
국외 감축		96	11.3%	

\* 배출량 총계(백만톤) : 부문별 합계 840.6 + 기타 10.4(공정배출, 가스제조 등)

\*\* 전환(발전) 부문 BAU는 각 부문별 배출량에 간접적으로 포함

[그림 2] 파리기후협약에 따른 국내 온실가스 감축목표

출처 : <http://www.todayenergy.kr/news/articleView.html?idxno=120536>

BAU 대비 37% 감축의 목표 달성을 위해 다음과 같은 방안들이 채택되었다.

- 전체 전력 공급량의 감소 없이 온실가스 배출을 감소시키기 위해 석탄의 소비를 감소시키고, LNG/원전/신재생 에너지의 사용을 확대
- 산업용 전기요금 중 전력부하가 적은 시간대의 요금 증가
- 발전, 송전, 전력판매 시장 등을 민영화하여 경쟁을 유도

특히, 전기요금의 인상은 데이터센터의 TCO(Total Cost of Ownership, PC 1대당 투입되는 전체비용으로 유지보수 비용 포함)가 증가하는 원인이 되었다.

### 나. 데이터센터의 신축 증가

다음과 같은 데이터센터의 신축 혹은 확장 계획 등을 통해 데이터센터간의 경쟁이 심화되고,

이로 인해 각 데이터센터는 비용 절감을 통해 경쟁력을 확보하고자 한다.

- 가) 클라우드 서비스, 인공지능 등에 대한 관심이 높아짐에 따라 데이터센터의 수요가 폭증하여, 기존에 IDC를 보유하고 있는 통신사나 인터넷 서비스 사업자는 물론, 국내에 진출한 해외 기업이나 국내 소프트웨어 기업도 IDC를 늘리고 있는 상황이다.
- 나) 네이버(NHN)는 AI, 자율주행차 등 기술 고도화에 따라 급속히 증가하고 있는 데이터 수요에 탄력적으로 대응함은 물론 새롭게 오픈한 자사의 클라우드 서비스인 '네이버 클라우드 플랫폼'에 대한 인프라 경쟁력을 강화하기 위해, 향후 3년 간 4800억원을 투입해 경기도 용인에 클라우드 데이터센터를 건립한다고 밝혔다. 네이버는 앞서 지난 2013년 강원도 춘천에 IDC '각'을 구축하여 운영 중이다.
- 다) IDC를 운영 중인 국내 통신사들 역시 최근 인프라 확장에 나서고 있다. 마이크로소프트(MS)의 클라우드 플랫폼 '애저'를 유치하고 있는 것으로 알려진 LG유플러스 평촌 메가센터는 2015년 7월 오픈 당시 아시아 최대 규모로 지어졌다. LG유플러스는 최근 1분기 실적 컨퍼런스콜을 통해 "평촌 IDC의 가동률이 98%에 육박했다"며 "3분기 초 2차 추가 확장을 통해 IDC 고객 유치 확대에 나서겠다"며, 이미 IDC 증축이 진행되고 있다.
- 라) 클라우드 사업을 활발히 펼치고 있는 KT 역시 2016년에 개소한 목동IDC2센터 가동률이 높아지면서 최근 데이터센터 추가 건립을 위한 부지를 찾고 있다. 현재 목동IDC2센터에는 아마존웹서비스(AWS) 등의 글로벌 인프라와 모 대기업의 AI 인프라 등이 운영 중이다. 통신사 가운데 IDC를 가장 많이 보유하고 있는 KT는 최근 각 산업군별 전용 데이터센터 구축을 확보하고 있다.
- 마) 글로벌 기업의 IDC 구축도 진행되고 있다. MS는 지난해 부산시와의 협의를 통해 강서구 미음산단 외국인투자지역과 국제산업물류단지 일대 5만4000평을 1084억원에 매입해 여러 개의 IDC를 하나로 묶은 'region' 형태의 인프라를 구축하고 있으며, 이는 2019년 경에 완료될 예정이다.
- 바) 중국 텐센트의 클라우드도 지난 4월 해외 클라우드 사업 확대를 위해 서울을 포함해 미국과 독일, 인도, 러시아 등 5곳에 올해 중 IDC를 건립한다고 밝힌 바 있다. 텐센트는 넷마블과 게임빌, 에이밍, 슈퍼셀 등과 같은 모바일 게임 업체들을 클라우드 서비스 고객사로 확보하고 있다.
- 사) 국내 SW업체 가운데선 더존ICT그룹이 부산 센텀 글로벌 ICT 벨리 내 데이터센터를 구축할 예정이다. 더존ICT그룹은 센텀2지구 도시첨단산업단지에 약 8000평 규모로 제2캠퍼스 역할을 할 더존 부산캠퍼스는 조성할 계획이며, 여기에는 영업마케팅이나 R&D센터를 비롯해 클라우드 서비스용 재해복구(DR) 센터가 설립될 예정이다.

아) 이밖에도 금융권의 신규 데이터센터 건립도 지속되고 있으며, 하나금융그룹의 경우 최근 인천 청라국제도시에서 그룹 통합데이터센터를 오픈했다.

## **1.2. OCP 정의 및 효과**

### **1.2.1. OCP(Open Compute Project)의 정의**

2011년 4월 페이스북(facebook)이 산업계 공동으로 더 효율적이고 경제적인 데이터센터의 구축을 하기 위해 오픈 컴퓨트 프로젝트를 런칭하며, 자사의 데이터센터 및 스토리지, 네트워크 냉각설비, 전력관리 툴 등 인프라 구축에 관련 기술 및 도면을 공개하였다. 이 프로젝트를 통해 낮은 비용으로 최고의 컴퓨터 성능을 제공하는 가장 효율적인 서버, 스토리지 및 데이터센터 인프라의 개발을 위해 데이터센터의 오픈소스화를 이끌고 있다.

OCP 하위에 있는 프로젝트 8가지 중 6가지는 데이터센터 설계, 랙 설계, 네트워크 스택 설계, 서버 설계, 스토리지 설계, 원격 관리 툴 설계 등 데이터센터 구성요소에 대한 개발을 다루고 있다. 1가지는 OCP 규격 인증이고, 나머지 1가지는 OCP 규격을 따르는 제품을 만드는 인증 사업자(솔루션 프로바이더)와 협력하는 구매 프로그램이다.

### **1.2.2. OCP 적용 효과**

OCP를 통해 오픈된 데이터센터의 구축 기술을 2011년에 미국의 오리건주 프린빌에 건설된 페이스북 데이터센터의 구축에 응용하였다. 페이스북은 이전에 북 캘리포니아와 버지니아에 위치한 데이터센터를 임대하여 사용하였으나, 빠르게 성장하는 SNS 사이트들이 서비스 중단을 최소화해야할 필요성을 절감하고, 최초로 페이스북만을 위한 데이터센터를 설계 및 구축하였다.

그 결과 기존의 데이터센터 구축 기술과 비교해 보았을 때, 12억 달러의 건립 비용을 절감하였으며, 38% 이상의 에너지 효율성이 증가하였으며, 24%의 비용 절감 및 22%의 장비가 감축되었다.



## 2. OCP의 전원 기술

### 2.1. 전원 공급 장치

전원 공급 장치(PSU, Power Supply Unit)란 AC 전압을 DC 전압으로 변환하고, 내부에 변압기가 설치되어 전압을 낮게 낮추며, 전자장비들에게 안정적으로 전원을 공급하는 장치이다. 교류 전압을 직류로 바꾸어 출력하는 일반 가정용 어댑터와 기능상의 차이는 없지만, 어댑터가 용량이 작은 기기의 전원으로 사용되는 데 반해 전원 공급 장치는 컴퓨터와 같이 출력 전압과 전류 용량이 많은 기기의 전원으로 사용된다.

#### 2.1.1. 구성

일반적인 PC에서 사용되는 PSU는 입력 EMI 필터부, 교류-직류 정류부, 직류-직류 변환부, 출력필터 및 출력단의 네가지 구성요소가 존재한다. 각각에 대해 세부적으로 확인해 보면 다음과 같다.



[그림 3] 전원 공급 장치의 일반 구조

#### 가. 입력 EMI 필터부

EMI는 Electro-Magnetic Interference의 약자로 입력 EMI 필터부는 다음과 같은 기능을 수행한다.

- 교류 전기를 전원 공급 장치에 공급하는 초입 단계에서 신호 잡음들을 필터링하는 역할을 한다.

- 반대로 전원 공급 장치의 '직류-직류 스위칭' 때 발생하는 스위칭 잡음이 교류 입력 라인으로 역류하는 것도 필터링해서 막는다.

이와 같은 EMI 필터를 앞쪽에 설치하는 이유는 각종 전자파 규격을 만족시키기 위해서이며, 전자파 규격이라는 것은 기기에서 입력 라인으로 방출되는 전자파의 양을 규제하는 것이다. 이와 같은 규제가 없다면 전원 공급 장치의 스위칭 시 발생하는 잡음이 라인을 타고 들어가 다른 기기나 기타 장치의 동작에 영향을 주게 될 가능성이 있다.

## **나. 교류-직류 정류부**

EMI 필터를 거친 교류 전원은 일단, 컴퓨터나 주변기기에서 필요로 하는 3.3V, 5V, 12V 등의 직류 전원으로 변환되기 전에 임시 직류 전원으로 변환되는 과정을 거친다.

여기에서 임시 직류 전원이라는 것은 우리가 가정에서 사용하고 있는 교류 전원을 정류하여 단순히 직류 전압으로 만드는 것을 말하는 것으로, 최종 출력인 3.3V, 5V, 12V 등을 만들기 이전의 고전압을 갖는 직류 전압이라 할 수 있다.

일반 가정에서 사용하는 어댑터의 경우가 이 정류된 임시 직류원을 사용하는 예라 할 수 있다. 220V 교류 전원을 정류하는 경우 311V 정도의 직류 전압이 만들어지게 된다. 전원 공급 장치는 이 311V의 직류 전압을 가지고 다음에 다룰 직류-직류 스위칭 변환부에서 3.3V, 5V, 12V 등의 출력 직류 전압을 만들어 내는 것이다.

## **다. 직류-직류 변환부**

이 부분이 바로 전원 공급 장치의 핵심이라 할 수 있는 부분이다. 고전압의 직류를 저전압의 직류로 변환하기 위해서는 변압기를 통과해야 하고, 변압기에 입력되는 전압은 반드시 교류이어야 한다. 이때 사용되는 것이 스위칭 회로이다.

스위칭 회로에 의해 직류 전압은 교류처럼 변화하고 변압기를 통과하여 출력단에서 적절한 전압으로 변환한다. 변압기의 출력측에는 비교적 깨끗한 직류 신호를 얻기 위해 저대역 통과 필터를 사용하여 스위칭 동작 과정에서 발생하는 리플과 노이즈를 제거하는 부분이 존재한다. 이러한 과정을 거쳐 비로소 3.3V, 5V, 12V 등의 직류 전원이 만들어진다.

## **라. 출력필터 및 출력단**

이 부분은 가장 마지막 단계로서 직류-직류 스위칭 변환부에서 변환되고 1차 필터링된 직류 전원을 다시 추가적으로 필터링 하여 규격에 맞는 깨끗한 전원을 얻어내기 위한 부분이다.

실제로 전원 공급 장치를 분해해 보면 컴퓨터로 들어가는 전원선이 연결되는 부분에 아주 많은 인덕터와 콘덴서들이 연결되어 있는 것을 확인할 수 있는데, 이러한 소자들이 출력 필터의 기능을 하고 있는 것이다.

## 2.1.2. 주요 폼팩터에 의한 전원 공급 장치의 분류

우선 폼팩터(form factor)란 설계에서 특정 제품(하드웨어)의 구조화된 형태를 의미하며, 전원 공급 장치는 크게 ATX, Micro ATX, TFX의 3가지의 주요 폼팩터로 분류될 수 있다.

### 가. ATX

규격이 140mm\*150mm\*85mm(Width-Height-Depth 순)으로, 일반적으로 가장 많이 사용되는 폼팩터이다. 미들타워, 빅타워, 미니타워 케이스같은 타워형 케이스는 대부분 ATX 폼팩터를 사용하며, 일부 슬림형 케이스의 경우에도 전원 공급 장치를 눕혀서 설치하는 방법으로 ATX 폼팩터의 전원 공급 장치를 사용하는 것도 있다. 일반 용도로 사용되는 폼팩터 중에선 크기가 제일 크기 때문에, 800W 이상의 고용량의 전원 공급 장치가 제작되고 있다. 단, 고용량으로 가게 되면 저용량 ATX 전원 공급 장치들보다 길이가 더(140mm 보다 더) 길어지는 경우가 많다. 풀 모듈러 타입의 ATX 전원 공급 장치도 최소 길이가 160mm이다.

### 나. Micro ATX

규격이 125mm\*100mm\*63.5mm으로, 약자로 M-ATX 라고도 한다. 형상은 일반 ATX 전원 공급 장치가 전체적으로 작아진 형태며, 준슬림형 케이스에 주로 쓰이는 폼팩터이다. 정격 출력이 450W보다 큰 용량의 Micro ATX 전원 공급 장치는 거의 존재하지 않았으나, 최근에는 600W부터 고가의 1200W 전원 공급 장치까지 출시되었다.

### 다. TFX

규격이 175mm\*85mm\*65mm으로, 슬림형 케이스에 주로 사용되는 폼팩터이다. 위의 M-ATX와 비교하면 폭이 좁아진 대신 길이가 훨씬 길어진 형태이다. 폭이 아주 작기 때문에 정격출력이 400W 짜리 파워도 거의 출시되고 있지 않다.

### 라. 기타

- **AT:** ATX 폼팩터가 나오기 이전에 주로 사용되던 폼팩터로, 초기 ATX 폼팩터는 AT 폼팩터와 겸용인 경우도 있었지만, 현재는 ATX 폼팩터와 전혀 호환되지 않는다. ATX 폼팩터와의 차이점 중 하나로 ATX 폼팩터는 전원 스위치가 메인보드에 위치하고 있지만 AT 폼팩터는 전원 스위치가 전원 공급 장치에 위치하고 있다. 현재는 운영체제가 전원 스위치를 감지해서 시스템 종료는 물론이고 설정에 따라 다른 작업도 할 수 있지만, AT 폼팩터를 사용할 때 컴퓨터 내부의 모든 전원이 전원 스위치 하나에 연결되어 바로 전기가 차단되는 경우가 발생하였다. AT 폼팩터를

사용할 때, 실수로 전원 스위치를 누를 경우 현재 저장하지 않은 파일은 물론이고 윈도우의 경우 운영체제 자체가 건드리던 파일도 깨지는 경우가 발생하기도 했다.

- **CFX**: BTX 폼팩터와 같이 나온 폼팩터로 BTX가 단종되면서 함께 단종되었다. 커넥터 자체는 ATX 파워와 호환되었다.
- **Flex-ATX**: 81.5mm\*150mm\*40mm 규격의 폼팩터로, TFX보다 더 작다.
- **노트북 어댑터**: 노트북에 외부전원을 연결할 때 사용되는 벽돌 모양의 어댑터를 의미하며, 어댑터로 불리긴 하지만 엄연한 전원 공급 장치이다. 노트북의 종류에 따라 크기가 천차만별이며, 일반 어댑터나 충전기 또한 다 같은 원리이므로 어댑터로 한정하지 않고 이를 다 포함한다면 가장 많이 쓰이는 전원 공급 장치라고 볼 수도 있다.
- **DC to DC**: 일반 PC의 전원 공급 장치가 AC 전압을 DC 전압으로 바꾸는 장치이지만 이것은 DC 전압을 가지고 전원을 공급한다. 입력과 출력이 모두 DC 전압이기 때문에 각 부분에 알맞은 전압을 공급해주는 컨버터같은 역할을 한다. 기판부는 케이스도 없이 막대같이 생겼으며 여기에 20+4핀 전원 커넥터와 각종 부품에 맞는 커넥터를 결합하여 사용할 수 있도록 되어있다. 보통 200W 출력이 최대이기 때문에 저전력 PC 제작시에 사용할 수 있으며 ITX 규격 등 소형 PC를 만들때나 카 PC 제작에 주로 사용된다. 일반 가정처럼 전원이 AC밖에 없는 환경에서는 AC를 DC로 변환하기 위해 어댑터를 별도로 사용해야 한다.
- **SFX**: 규격이 125mm\*100mm\*60mm으로, M-ATX와 거의 비슷한 크기이다.

### 2.1.3. 전원 공급 장치의 대표 제작 업체

#### 가. ODM/OEM 업체

Delta, FSP, CWT, Enhance 등의 업체들을 말한다. 대부분의 유명한 전원 공급 장치 회사들이 이 회사들에서 OEM 등으로 생산중이다.

- **Delta**: 서버용 전원 공급 장치를 주력으로 하며, 노트북용 AC 어댑터도 거의 이 회사에서 만들어 납품되고 있다. 80PLUS 티타늄 인증을 받은 제품이 2개나 되는 곳이다. Antec 파워에 OEM을 많이 하는 것으로 알려져 있다.

- **CWT:** 전원 공급 장치의 생산을 꽤 오래동안 수행한 브랜드로, 기술력을 인정받아 Antec, Enermax, 쿨러마스터, ZALMAN, 커세어 등의 하이엔드급 전원 공급 장치에 OEM/ODM 공급을 많이 한다. 기술력도 상당한 편이어서 CWT에서 제조한 전원 공급 장치들은 초저가형만 아니라면 노이즈 억제력이 우수하다. 다만, 한국에서는 NCTOP에서 OEM방식으로 유통 중에 있으며, NCTOP 제품 중 4만원 이상급 제품은 CWT 엔트리 라인업에 들어가는 제품들이다. 2013년 무렵부터는 CWT 타이틀로 제품을 출시하고 있다. 가격대는 500W가 4만 원선이고, 스카이디지털도 650W 모델 CWT 제품을 오래동안 팔았다.
- **Enhance:** Delta와 마찬가지로 서버용 전원 공급 장치를 주력으로 하며, 개인용 PC용 제품군은 특별히 생산을 하지 않는다. ZALMAN, Silver stone, 쿨러마스터, Antec, Tyan 등 하이엔드와 서버군쪽에만 OEM 하는 걸로 유명하다. Delta와는 달리 싱글 레일 제품군도 꽤 된다.
- **FSP:** 대만 업체로서 OEM쪽에서 많이 인정받는 회사로, FSP는 'Fortron Source Power'의 약자이며, 예전 삼성전자 컴퓨터에도 들어갔었다고 한다. 자체 브랜드 제품 역시 가격대비 안정성 및 내구성이 뛰어나다고 한다. 한국 유통사는 스파클텍이며, 쿨러마스터, ZALMAN, Aopen 등의 회사 제품도 생산하고 있다. 다만 모듈 형태가 찾기 힘들어 아쉬운 편이다. 한편, 10만 원 이상급의 고가형으로 갈수록 가격 대 성능비가 급격히 떨어진다는 점이 있다. 일부 듀얼레일 제품의 경우 레일 분배가 제대로 되어있지 않아 고성능 그래픽카드를 달면 OCP가 작동하여 재부팅 될 수 있다는 단점이 있다.

## 나. 자체 브랜드 기업

AcBel, Enermax, Seasonic, Seventeam, Impervio, Sirtec, Topower 등의 업체가 있으며, 자체 브랜드 이름을 걸고 직접 전원 공급 장치를 판매하는 업체들이다. 단 위의 업체들도 OEM/ODM을 전혀 하지 않는 것은 아니고, 자체 브랜드 판매가 주력이기 때문에 이렇게 분류하였다.

- **Acbel:** 대만의 전원 공급 장치 제조 업체로, 정식 명칭은 '아크벨 폴리텍'이다. 한때 FSP와 함께 삼성 매직스테이션에 OEM으로 많이 납품되었다.
- **Enermax:** 1990년대부터 전원 공급 장치를 제작한 대만의 제조사로, 이미 그 당시

부터 최상급 품질의 전원 공급 장치 로 유명했던 브랜드이며 현재에도 독보적인 위치에 있다. CM코퍼레이션에서 유통 중에 있다.

- **Seasonic:** 1980년대부터 전원 공급 장치를 제작한 안정성과 저소음으로 유명한 대만의 전원 공급 장치의 제작사로, Enermax와 함께 최상급 품질로 유명하다. 국내 수입은 2017년 5월까지는 GMC에서 하였으나 2017년 6월에 맥스엘리트에 합병된 관계로 현재는 맥스엘리트에서 수입하고 있다. 최근 HYDANCE라는 하위 브랜드가 생겼으며, 이 브랜드로 나온 전원 공급 장치 역시 국내에서는 GMC에서 유통한다. 자체 제작 전원 공급 장치가 유명하지만, OEM/ODM 제작도 많이 해서, Antec, 커세어, 쿨러마스터 제품에 이 회사 제품이 있다.
- **Seventeam:** 1990년대에는 Enermax, Seasonic과 함께 3대 전원 공급 장치로 통했던 회사로, 최고의 성능과 전압 안정성을 보장해 주며, 동시에 최고의 소음과 무게도 갖고 있다. 2000년대 후반에는 주로 산업용/서버용 전원 공급 장치 제작을 위주로 하고 있다. 일부 개인용 신제품이 한국에 수입되었지만, 나쁘지 않은 성능을 가지고 있으나, 단가 절감 때문에 Seventeam이라는 명성에는 미치지 못하는 성능을 보여줬다.
- **Impervio:** 하이엔드 전원 공급 장치의 제작을 주력으로 하며, 한국에서는 이름이 별로 알려져 있지 않으나, 일본이나 유럽 등지에서는 상당히 유명한 업체이다. 한국에는 자체 브랜드 제품은 수입되지 않으며, Silverstone 브랜드의 일부 제품군이 이 회사의 OEM이다. TAGAN의 슈퍼락, 파이프락 시리즈에 OEM으로 들어간다.
- **Sirtec(High power):** OEM/ODM으로 유명한 대만 제조사로 OEM/ODM으로는 'Sirtec', 자체브랜드로는 'High Power'로 유통된다. 플래티넘 파워를 다수 생산할 정도로 기술력이 굉장히 좋은 회사다. 1KW급의 전원 공급 장치에서 최초로 80PLUS Gold, Platinum인증들을 획득했다. 한국에서는 ZALMAN, 마이크로닉스의 제품을 제작하고 있다. 서버쪽과 같은 고급형 전원 공급 장치 제조사로도 상당히 유명한 편이다. ZALMAN 제품 중 고급형 골드파워 EBT 시리즈는 이 회사 제품이다.
- **SuperFlower:** 최근 뛰어난 가성비로 인기몰이 중인 전원 공급 장치의 제조사이다. 가격이 적절하면서도 80PLUS 인증을 받은 파워가 많아서 플래티넘 인증 파워 개수로만 따지면 세계 3위, 티타늄 인증은 세계 1위일 정도이고 세계 최초로

115V 환경에서 80PLUS 티타늄 인증, 230V 환경에서 세계 최초로 2000w급 80PLUS 플래티넘 인증까지 받았다. 이로 인해 Enermax, Seasonic 등과 동급의 반열에 두기도 하지만, Seasonic, Enermax, Delta 같은 브랜드에 비할 정도까지는 아니다. 대체로 가성비가 뛰어나지만, 제품에 따라 다르므로 SuperFlower란 이름만 보고 구입하는 것은 좋지 않은 선택이 될 수도 있다.

- **Topower**: 유럽쪽에서 유명했던 전원 공급 장치의 제조사로, 국내에선 유통사 폭스 테크놀러지와 탐파워코리아의 등장으로 조금 익숙한 브랜드이다. 한때 국내에서도 유명했던 유럽 판매 1위의 검은 심장 TAGAN이란 브랜드의 실 제조사이기도 하며, 전원 공급 장치 관련 각종 기술들에 대한 특허가 많은 제조사이다. 현재 유통사는 탐파워코리아로 HEROICHI TALON 제품과 Topower 제품의 AS를 맡고 있다.
- **ZUMAX**: 위 Topower의 일본, 미국, 독일 수출형 브랜드이며, 2014년 말 국내에도 런칭되었다. 국내 수입, 유통 모두 탐파워코리아에서 담당하였으며, 같은 용량이라도 ZUMAX 쪽이 약간 저렴하며 설계의 세세한 곳에서 차이가 난다.

## 다. 기타

- **Casing Macron**: 예전에 스카이디지털에서 유통하는 파워(80PLUS 인증받은 것 포함)의 실 제조사로, FSP보다 한수 아래로 취급되지만, 80PLUS인증을 받은 보급형 파워가 있기 때문에, 저렴한 가격에 80PLUS 인증을 원하는 소비계층이 주로 구입하고 있다.
- **HEC**: 케이스 및 전원 공급 장치로 유명한 회사로, 써멀테크의 제품 중 상당수가 이 곳의 제품이다. 꽤 믿음직한 성능을 보여주며 특히 독일에서 디자인을 맡고 HEC에서 생산하는 식으로 만들어지는 COUGAR 브랜드의 제품들이 꽤 고급스러운 편이다.
- **파워렉스**: 1996년에 설립된 국산 전원 공급 장치의 제조업체로, 품질은 뛰어난 수준까지는 아니었지만 그래도 기본은 지키는 품질과 저렴한 가격을 무기로 가성비로 밀고 나가 가성비를 찾는 소비자들에게 인기가 많았다. OEM 납품(삼성전자, TG삼보등 국내 유명 PC메이커쪽으로도 많이 납품하였다.)을 주력으로 하는 회사이다.
- **TAGAN**: 독일의 전원 공급 장치 제조사로 고급형 파워를 주로 만든다. 그만큼 안정성은 뛰어난 편이다. 한국 유통사는 이엠텍이었으나, 현재는 유통되지 않는다.

단순히 제조만 하지 않고 Impervio나 Topower에서 OEM도 받는다.

- **Zippy**: 대만의 서버용 전원 공급 장치 제조사이고, 전원 공급 장치는 EMACS 브랜드로 판매되고 있다. 서버용 리던던트 전원 공급 장치를 주로 제조하며 대량 생산이 아니다. 엄청난 안정성으로 유명하며, 특히 고온에서 안정성이 상당히 우수하다. HP, Chenbro, Tyan 등에 납품한다.
- **Etasis**: 서버용 전원 공급 장치 제조사이며 가끔 PC시장에 OEM으로 나올 때도 있다. Chenbro, Tyan, Sun 등에 납품한다.
- **Ablecom**: 서버/웍스용 보드로 유명한 슈퍼마이크로의 자회사로, 슈퍼마이크로의 케이스에 포함되어 사용되면서 인지도가 올라갔고 평가도 매우 좋은 편이다.
- **Andyson**: 1997년에 설립된 대만 회사로, 상기에 언급된 제조사에 비하여 덜 알려져 있지만, 기가바이트, ZALMAN, 쿠거, IN WIN 등 꽤 여러 곳에 OEM으로 제품을 공급한다. 국내에는 가성비 좋은 보급형 전원 공급 장치가 많이 출시되었다. 보급형이지만 필드테스트에서 나타나는 전압 변동치가 준수한 편이다.
- **Pc power & Cooling**: 1986년도에 설립된 미국 회사로, CPU 쿨러 최초 개발, 최초의 독립형 PSU 개발, 리던던트 파워 최초 개발, 엔비디아 SLI 최초 인증 파워, 최초의 1000w 파워 개발 등의 업적들을 다수 보유한 회사이다.

## 2.2. 전원 공급 장치(PSU)에 대한 OCP 표준 규격

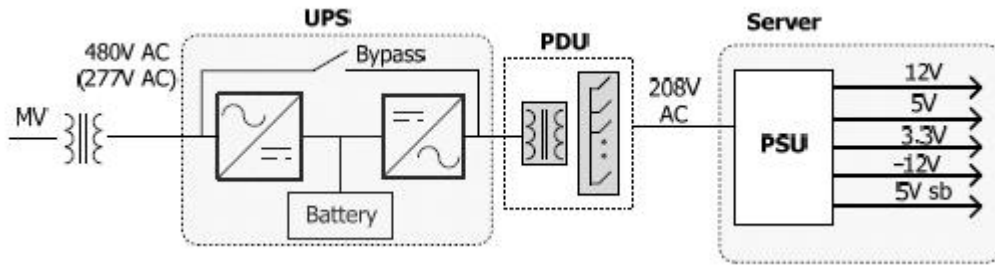
### 2.2.1. OCP 적용 전후의 전력 전달 방식 비교

OCP 프로젝트 이전의 전원 공급 장치의 구성과 OCP 프로젝트 이후에 페이스북 데이터센터에 2011년도에 적용된 전원 공급 장치의 구성을 비교함으로써 전체 구성에서 각 개선 항목별로 전력 효율의 이득을 확인할 수 있다.

#### 가. 기존 전력 전달 방식

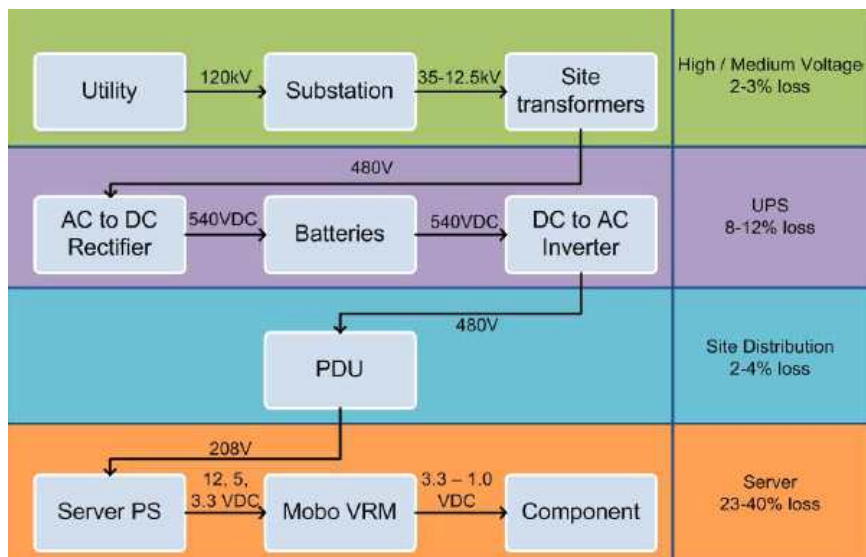
중전압(MV, Medium Voltage)가 입력되어, 변압기를 거치고, UPS, PDU, 그리고 서버 내부의 PSU를 거쳐 원하는 전력을 발생시킬 수 있다.





[그림 4] 기존(OCP 이전) 데이터센터의 전원 공급 장치 구조

이때 전력 전달은 다음 그림과 같은 과정을 거친다.



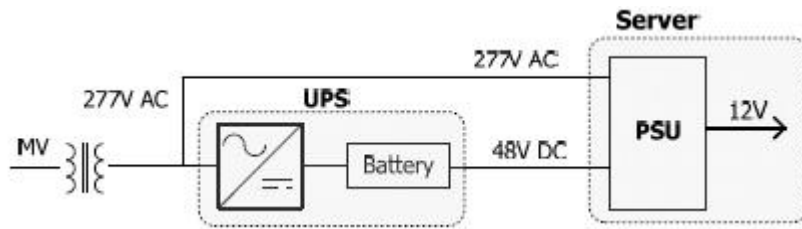
[그림 5] 기존 데이터센터의 전력 전달 방식

- 데이터센터가 수신한 중전압은 변압기를 거쳐 저전압(LV, Low Voltage)인 480V AC 전압으로 감압된다.
- 이후 대용량 UPS 장치에서 AC->DC 전환을 통해 배터리 충전을 수행한다.
- DC->AC 전환을 거쳐, AC 전력이 전원분배장치(PDU, Power Distribution Unit)로 전달된다.
- PDU는 각 서버가 사용하는 208V AC 전원으로 전력변환 후 각 서버 랙으로 전력을 전달한다.
- 각 서버에는 전원 공급 장치(PSU, Power Supply Unit)가 존재하고, PSU는 수신한 AC 전압을 380~400V DC 전압으로 정류한다.
- 정류된 전압은 분리되어 있는 DC/DC 전환기에 의해 ATX 호환전력인 12V, 5V, 3.3V, -12V, 5Vsb 전원이 출력된다.

- 메인보드는 내부 전압 레귤레이터(VRs, Voltage Regulator)를 통해 추가적인 DC/DC 전환이 수행된다.

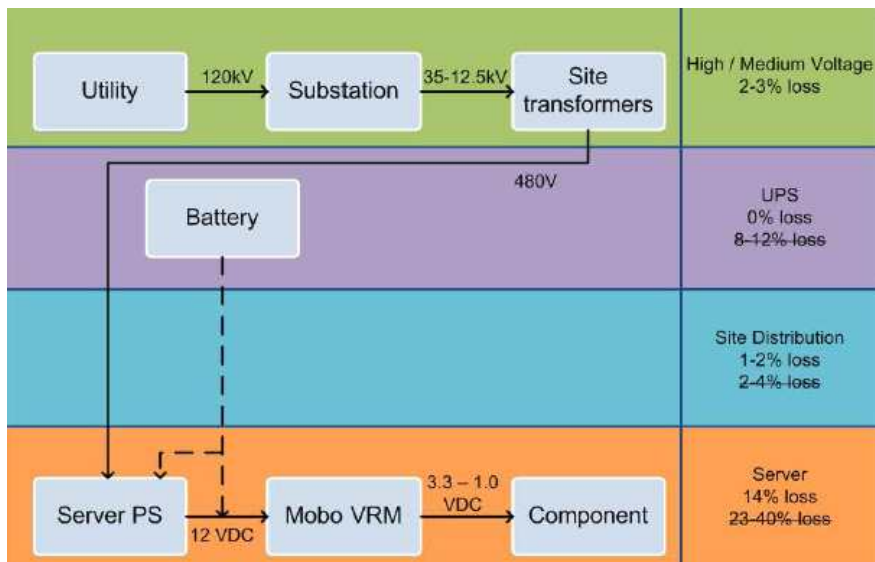
### 나. OCP 적용시 전력 전달 방식

OCP 이전의 데이터센터에 존재하는 전원 공급 장치에서 에너지 변환(AC->DC/DC->AC)이 크게 5번 수행되고, 다수의 에너지 변환으로 인해 전력 전달에 있어 손실이 증가한다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 페이스북에서는 UPS와 PSU의 구조를 변경하여 전력 전달 효율을 개선하였으며, 그 구성은 [그림 6]과 같다.



[그림 6] 페이스북 데이터센터의 전원 공급 장치 구조(2011)

이때 전력 전달은 다음 그림과 같은 과정을 거친다.



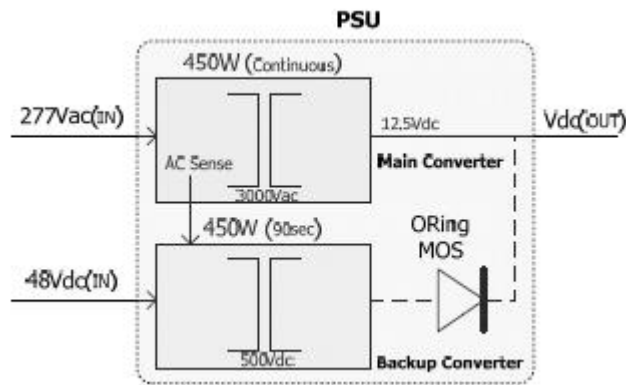
[그림 7] 페이스북 데이터센터의 전력 전달 방식

- 변압기를 통과한 277V AC 전력이 전력 변환 없이 서버에 존재하는 PSU에 직접 전달된다.
- PSU는 12.5V DC 단일 전원을 서버에 공급한다.
- UPS의 경로는 기존(AC 기반) 데이터센터와는 다르게 주요 전력 전달 경로에서 분리되어 있어서, 고효율 정류기를 거쳐 DC UPS의 배터리를 충전하며 출력 전압은

48V DC 전압으로 서버 PSU에 직접 전달된다.

- 즉, 서버 PSU는 [그림 7]과 같은 구성을 가지며, 277V AC 주 전원의 장애가 발생할 경우 48V UPS 전력을 스위칭하여 서버에 12.5V DC 전원을 안정적으로 공급할 수 있다.

[그림 8]의 PSU 구조는 기존 전력 전달 구조의 PSU와는 다르게, 277V AC 전압과 48V DC 전압을 동시에 받아 PSU 내부에서 변압 과정이 일어나고, 277V AC 전압을 입력받는 부분을 Main Converter로 12.5V DC 전류를 발생시킨다.



[그림 8] 페이스북 PSU 구조

#### 다. OCP 적용 전후의 전력 효율 비교

앞에서 살펴본 OCP 이전과 이후의 전력 전달 방식에서, 서버 최대 부하에서 기존의 UPS가 약 88~90%의 전력효율을 가지고 있다는 가정하에 산출된 효율값은 다음 [표 2]와 같다. UPS의 구조 변화가 효율 향상이 가장 크고, 다음으로는 고효율의 PSU 사용, PDU 제거 등이 효율 향상이 있어 전체적으로는 총 13~25%정도의 전력 효율의 향상이 있음을 확인할 수 있다.

개선향목	효율 이득
DC 기반의 UPS	10~12%
고효율 PSU	2~7%
PDU 제거	3%
저입력 AC iTHD	0.5%
277V AC 전력 전달	0.5%
직접 연결 방식	0.25%
총합	13~25%

[표 2] 개선항목 별 전력 효율 이득

## 2.2.2. OCP 표준 Hardware v1.0(2012)의 700W-SH/450W-SH 전원 공급 장치 규격

### 가. AC 입력 요구사항(AC-DC 컨버터)

#### ○ AC 입력 전압 및 AC 손실 탐지 시간

- AC 입력 전압의 범위는 180V AC에서 305V AC이다.
- 표기상의 AC 입력 전압은 277V AC이다.
- 전원 공급 장치는 최대 실효출력이 290V AC이며, 이는 277V AC +5%이다.
- AC 입력 섹션에 사용되는 모든 구성요소는 정격 전압 300V AC 작동시 최대 305V AC(277V AC +10%)이다.
- 전원 공급 장치는 실효출력 305V AC에서 손상없이 지속 노출되는 것이 가능해야 한다.
- 실효출력이 310V AC보다 높은 입력 전압에서는 전원 공급 장치의 훼손 위험이 있다.
- front-end 회로는 모든 AC 입력 레벨 및 입력 AC 사인 파형의 모든 위상에서 실제 손실 이벤트 발생 후 5ms 이내에 AC 손실을 감지할 수 있어야 한다.

#### ○ 퓨즈 및 EMI 필터 요구사항

- 퓨즈는 실효출력 305V AC에서 안전이 승인된 제품이고, 5\*20mm의 크기를 가져야 한다.
- 시스템 수준에서 전원 공급 장치는 20A 정격의 자체 보호 퓨즈를 내장한다.
- EMI 필터는 직렬저항이 낮은 2개의 셀을 사용한다.
- 최대 실효출력 305V AC에서 손상없이 노출되는 것이 가능해야 한다.

#### ○ AC 돌입전류(Inrush Current)

- 콜드 스타트 시, 돌입전류는 최대 8A를 초과하지 않으며, 실효출력은 290V AC이다.

#### ○ AC 홀드업 시간

- 최소 홀드업 시간은 20ms이다.
- 홀드업 시간은 최대 부하에서 측정되며, 25°C에서 실효출력 200V AC, 50Hz에서

추가 전기용량은 출력에 추가되지 않는다.

○ 내부 바이어스 전원

- 내부 DC 바이어스 전원(보조 전원)은 하우스키팅 기능을 위한 것으로, 최소한 실효출력 100V AC가 있어야 한다.

## 나. 메인 컨버터에서 DC 출력 요구사항

○ 출력 전압 및 전원

- 전원 공급 장치는 단일 전압 전원 컨버터이다.
- 표기상의 출력 전압은 12.5V DC( $\pm 1\%$ , 75%부하에서 25°C 상태)이다.
- DC 메인 컨버터의 IC 기준 전압은 DC 백업 컨버터와 동일하다.
- 출력 전압 레귤레이션은 어떤 입력 전압, 부하, 온도 등의 조건에서  $\pm 1\%$  이내이다.
- 표기상의 연속 출력은 700W이다.

○ 출력 과전류 방지

- 과전류의 임계값은 700W-SH 버전에서는 65A(+5%, -2%)로 설정되어 있으며, 450W-SH에서는 45A(+5%, -2%)로 설정되어 있다.
- 2초( $\pm 0.1$ 초) 이상 지속되는 과전류 상태에서 전원 공급 장치의 작동을 재개하기 위해서는 AC 리사이클(100ms 이상)이 필요하다.
- 매우 짧은 시간(20ms 초과)동안 전원 공급 장치가 과전류 상태를 벗어날 경우, 전원 공급 장치는 과부하 혹은 쇼트 상태에서 시작할 수 있다.

○ 출력 과전압 방지

- 과전압의 임계치는 15V DC로 설정되어 있다.
- 보호 모드는 과전압 이벤트 이후 작업을 다시 시작하기 위해서는 AC 입력 리사이클(100ms 이상)이 필요하다.

○ 과열 방지

- 전원 공급 장치가 과열로부터 보호되어 손상 또는 성능 저하를 방지한다.

○ 용량 부하

- 최대 용량 부하는 700W 버전에서 12,000 $\mu$ F 이고, 450W 버전에서 8,000 $\mu$ F 이다.

○ **순간 응답**

- 양극 및 음극 출력 전압 피크의 진폭시험은 표기상의 출력전압( $\pm 300\text{mV}$ )의  $\pm 2.5\%$  이내어야 하며, 응답 시간은 5ms 미만이어야 한다.

○ **출력 전압의 리플 및 노이즈**

- 최대 리플과 노이즈는 700W와 450W 버전 둘 다 20MHz의 대역폭에서 200mV 피크를 초과하지 않는다.
- 측정은 PCB 레벨의 커넥터에서 수행된다.

○ **전원 공급 장치 효율**

- 전원 공급 장치의 효율은 다음과 같은 조건을 만족해야 한다.
  - ◆ 20% 부하에서 효율 > 90%
  - ◆ 50% 부하에서 효율 > 94%
  - ◆ 100% 부하에서 효율 > 91%
- 전원 공급 장치의 효율은 다음과 같은 조건에서 측정된다.
  - ◆ 입력 전압은 실효출력이 277V AC(50Hz 혹은 60Hz)이다.
  - ◆ AC 및 DC 전압은 각각의 PCB 패드에서 측정된다.
  - ◆ 25°C 주변 온도에서 측정이 된다.
  - ◆ 초기 75%의 부하에서 30분 후, 5개 이상의 샘플을 측정한다.
  - ◆ 효율 측정을 위해 추가된 역률(PF, Power Factor) 및 총 입력 AC 전류 고조파 왜곡(iTHD) 값을 각 단계마다 계산한다.

○ **전원 품질**

- AC의 입력 전류의 역률 및 iTHD(총 고조파 왜곡)은 다음의 조건을 만족해야 한다
  - ◆  $PF > 0.95$ (최대 부하의 20% 초과시)
  - ◆  $iTHD < 10\%$ (최대 부하의 20% 초과시)

**다. 백업 컨버터**

- 전원 공급 장치는 AC 정전 발생시 단기 백업 전원을 제공한다.
- AC 입력이 전환되는 동안 시스템 수준에서 온라인 UPS와 동일하다.

## 라. 백업 컨버터에서 DC 입력 요구사항

### ○ AC 정전시, DC 입력 전압과 최대 시동 전류

- 표기상 입력 전압이 48V DC이다.
- DC 입력 전압은 39V DC에서 59V DC 사이이다.
- 백업 컨버터는 38V까지 최대 1분마다 5초로 지정된 시간 내에서만 짧게 동작할 수 있어야 한다.
- 전원 공급 장치가 백업 모드로 전환되어 있을 때, AC 정전시 최대 시동 전류의 피크는 어떤 부하에서도 정상 전류의 20%를 초과해서는 안된다.
- 시동전류의 최대 피크는 5ms 이상 지속되지 않는다.

### ○ 내부 바이어스 전원 및 배터리 누수

- DC 입력 누설 전류는 54V DC에서 10mA 미만이어야 한다.
- 어떤 조건에서도 유효한 AC 입력이 존재하거나, 90초 백업 시간 초과에 도달하면 전원 공급장치가 종료된다.

## 마. 백업 컨버터에서 DC 출력 요구사항

### ○ 출력 전압 및 전원

- 표기상 출력 전압은 12.5V DC(75% 부하에서 25°C)로 설정되어 있다.
- DC 백업 컨버터의 기준 전압은 DC 메인 컨버터의 전압과 동일하다.

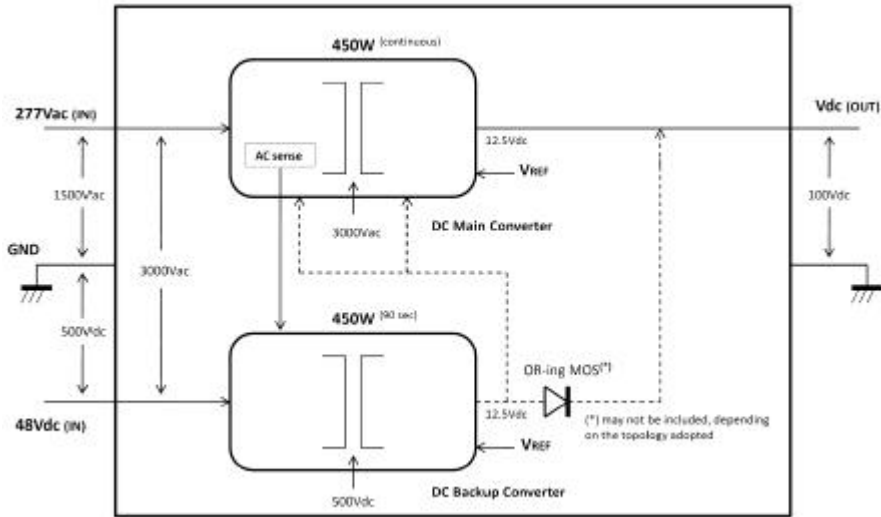
### ○ 출력 과전류 방지

- 출력 과전류 방지 요구사항은 메인 컨버터와 동일하다.

## 바. 전원 공급 장치 개념도

- [그림 9]에서 전원 공급 장치에 입력되는 전압은 두가지 형태로 각각 277V AC와 48V DC 이다.
- 277V AC 전원은 AC-DC 변환을 거쳐 DC Main Converter에 입력되어 최종적으로 32.5V DC의 전압을 출력한다.
- 48V DC 전원은 DC Backup Converter에 입력되어 최종적으로 32.5V DC의 전압을 출력한다.
- DC Main Converter에 이상상태가 발생하지 않은 경우에는 DC Main Converter로부터 전원이 공급되고 DC Backup Converter는 다이오드로 인해 전원의 공급이 진행되지 않는다.

- DC Main Converter에 이상상태가 발생한 경우에는 DC Main Converter로부터 전원이 공급이 중단되고, DC Backup Converter로부터 전원이 공급된다.



[그림 9] 전원 공급 장치의 블록다이어그램

### 2.3. OCP 표준 랙과 서버에서 활용되는 장비들의 전원 공급 방식

정상적인 조건에서 유효한 AC 전원 입력이 인가된 후에 전원 공급 장치 내부 바이어스의 공급이 시작되고, 전체 회로에 전원이 공급되면 전원 공급 장치가 켜지고 출력 전압이 규정치에 도달하게 된다.

백업 단계동안 AC 전원이 복원되는 경우, 전원이 켜지는 순서가 반드시 존재해야 하고, 또한 AC 전원이 전원 공급 장치에 최초로 인가되는 경우에도 논리신호의 구성에 따라 변하는 전원이 켜지는 순서가 반드시 존재해야 하며, 각각의 경우는 다음의 세가지 경우로 나누어진다.

- 전원 공급 장치에 AC 전원이 최초로 인가되는 경우, 90초의 백업 시간이 포함되면서, 0~2초 사이의 임의 지연 시간을 가지고 전원 공급 장치가 켜지게 된다. 이때의 전원이 켜지는 절차는 다음과 같다.
  - AC 전압이 입력되는 것이 인가되고, 내부의 AUX 전원이 시작되며,  $\mu P$  (microprocessor)가 부팅되면서 DC Main Converter의 상태를 OFF로 유지한다. 이때 녹색 LED가 5Hz(1초에 5번) 간격으로 50%의 반복 부하 패턴을 가지면서 깜빡인다.
  - 그 후,  $\mu P$ (microprocessor)가 0에서 2000 사이의 난수 N을 발생시키고, DC Main Converter가 N 밀리초의 지연 후에 시작된다. 이때 LED는 짙은 녹색으로 켜지거나, DC 백업 전압이 인가되지 않는다면 짙은 황색으로 켜지게 된다.



- 8초 미만의 AC 전원 정전 후, AC 전원이 복구되었을 때, 전원 공급 장치는 0에서 2초간의 임의 지연 시간을 가진 후에 시작되며, 그 절차는 다음과 같다.
  - AC 전원이 복구된 후에  $\mu$ P(microprocessor)가 DC Main Converter를 Off 상태로 유지하면서, 0에서 2000 사이의 난수 N을 발생시킨다.
  - DC Main Converter는 N 밀리세컨드의 지연 후에 시작되며, 이때 LED는 노란색으로 깜빡인 후에 짙은 녹색으로 변경된다.
  
- 8초 이상의 AC 전원 정전 후, AC 전원이 복구되었을 때, 전원 공급 장치는 0에서 8초간의 임의 지연 시간을 가진 후에 시작되며, 그 절차는 다음과 같다.
  - AC 전원이 복구된 후에  $\mu$ P(microprocessor)가 DC Main Converter를 Off 상태로 유지하면서, 0에서 2000 사이의 난수 N을 발생시킨다.
  - DC Main Converter는 4N 밀리세컨드의 지연 후에 시작되며, 이때 LED는 노란색으로 깜빡인 후에 짙은 녹색으로 변경된다.

### 3. 시사점

초고성능 컴퓨팅시스템으로 불리어지는 슈퍼컴퓨터가 클러스터 시스템 아키텍처를 대부분 사용함에 따라 다수의 고성능 서버를 활용하여 슈퍼컴퓨터 시스템을 구축하고 있다. 다수의 고성능 서버를 활용함에 따라 에너지 효율성이 중요한 이슈가 되고 있다. 이와 유사한 환경에 처해 있던 IDC분야에서의 움직임을 감안할 때, OCP가 그 대안으로 고려되는 것은 어쩌면 당연한 움직임일지 모르다. 기존 OCP 적용 사례를 감안 할 때, 에너지 효율성의 개선과 비용 절감 효과는 어느 정도 검증이 되고 있다고 판단된다. 이에 고성능 서버와 그 부속장치에 대한 OCP 적용에 대한 연구가 필요할 것이며, 또한 이와 같은 전원 공급 방식에 변화에 대처 할 수 있는 국내 기술력의 확보도 충실히 준비되어야 할 것으로 예상된다.

## 4. 부록: Open Rack(OCP 랙)에서의 전원 기술<sup>1)</sup>

### 4.1. 전력 선반 사양

사용되는 전력 방식의 종류에 따라 Open Rack은 삼상 AC 전압 (전선 3개 또는 4개), 단상 AC 전압, 아니면 고전압 DC(HVDC)로부터 전력을 공급받는다. 전형적인 삼상 전압은 320Vac~530Vac, 단상 전압은 180Vac~305Vac 이다. 출력 전압은 12Vdc로 약간의 전압 손실이 일어날 수 있기 때문에 약간 높아도 괜찮다. 출력 전압은 버스 바(bus bar)에 직결된다. 양극 음극 종지전압(positive and negative terminations)은 랙 샤시 접지(rack chassis ground)와 같이 전기적 절연된다.

#### 4.1.1. 계산 서버용 샤시의 전력 공급

세 개의 버스 바(Bus bar) 쌍이 각각의 세 개의 파워 구역 뒤쪽에 설치된다. 각 버스 바(Bus bar) 쌍은 출력 전압의 양극 및 음극 종지전압(positive and negative terminations)에 연결된다. 양극 및 음극 종지 전압은 파워 구역에 있는 전력선반이 제공한다. 계산 서버용 샤시는 버스 바(Bus bar) 들에 직결되는데 (같은 랙 슬롯에선 최대 세 개의 샤시까지 가능) 이는 블라인드 결합을 지원하는 핫플러그드 버스 바(blind-mating hot-pluggable bus bar) 연결 클립을 사용한다. 랙의 앞면에서 샤시들은 핫 스왑이 가능하고 전체적으로 삽입되었을 때 고정시켜주는 잠금 장치도 갖추고 있다. 20% 디레이팅(derating) 이후, 연결 클립들은 80A의 니켈 도금되고 버스 바(bus bar)와 연결되었을 때 1mOhm 이하의 접촉저항을 보장해야 한다. 버스 바(Bus bar)들은 파워 구역에 랙 높이에 맞게 쪽 설치된다. 때문에 샤시는 높이 제한을 받지 않고 어떠한 위치에서도 버스 바(bus bar)와 연결될 수 있다.

각 버스 바(bus bar) 쌍은 안전 작동을 위해 cage로 보호되며 공기 순환을 위해 구멍이 뚫린다. 오픈 랙 버스 바(bus bar)가 제공하는 전압은 12V이고 권장 전압은 12.5V이다. 오픈 랙에 장착한 양극과 음극의 버스 바(bus bars)들은 니켈로 도금되고, 17mm 단위로 떨어져 있으며 굵기는 3mm이다.

각 파워 구역의 12V 출력은 독립적이고 다른 파워 구역의 위치에 따라 상대적으로 위치가 바뀐다. 이는 잠재적 DC 전류가 랙에서 반복되는 횟수를 줄이고 시작 소음 또한 줄인다. 양극의 버스 바(bus bar)들은 랙 샤시 접지로 부터 전기적으로 격리된다. 각 슬롯은 3개의 독립 샤시(각각 170mm 폭), 두 개의 독립 샤시(각각 265mm 폭), 또는 한 개의 샤시(537mm 폭)까지 전원을 공급할 수 있다. 단 한 개의 537mm 폭을 가진 샤시가 사용되었을 경우 중앙 버스 바(bus bar)로부터 전력을 공급받는다. 두 개 또는 세 개의 샤시들이 사용되었을 경우에는 이에 해당하는 버스 바(bus bar)쌍으로부터 전력을 공급받는다. 이럴 경우

1) Pierluigi Sarti and Steve Mills "Open Compute Project Open Rack Hardware V1.0," <https://www.opencompute.org/>의 내용을 발췌함

537mm U모양 선반을 사전에 설치하여 샤시가 제각각 설치될 수 있게 만들어 준다.

오픈 랙은 3개의 4.2kW DC 파워 구역을 가지고 있고 한 랙 당 총 12.5kW (3x4.2kW)를 갖는다. 버스 바(Bus bar), PDU등의 전원 솔루션은 더 높은 전원 기준에 맞춰 조정될 수 있고 이는 랙의 필요 전원, 목표 효율과 냉각조건에 따라 달라진다. 버스 바(Bus bar), PDU와 전력 선반들은 랙안에서 서로 상호 교체 가능하다.

오픈 랙의 각 파워 구역에는 3개의 버스 바(Bus bar)쌍이 설치되어 있다. 하지만 두 개 또는 한 개의 버스 바(Bus bar) 쌍으로도 설정/변경 될 수 있다.

- 3개의 버스 바(Bus bar) 쌍(+/-): 랙의 왼쪽, 오른쪽, 가운데에 위치
- 2개의 버스 바(Bus bar) 쌍(+/-): 랙의 왼쪽과 오른쪽에 위치
- 1개의 버스 바(Bus bar) 쌍(+/-): 랙의 정 중앙에 위치

OCP 기준으로 디자인된 계산 서버 샤시는 샤시가 슬롯에 완전히 삽입되었을 때 세 개의 버스 바(Bus bar)들이 설치될 접근 금지구역을 비어놓아야 한다. 완전히 호환 가능한 오픈 랙은 세 개의 버스 바(Bus bar) 쌍을 모두 가지고 있다.

버스 바(Bus bar) 체계는 안전한 운영과 클립 체결시 안전 규칙이 준수되어야 한다. 버스 바(Bus bar) 도금이 부식되기 전까지 버스 바(Bus bar)는 같은 슬롯에서 최소 60개의 핫 플러그로 구성된 500W 샤시를 보장하고 이는 12Vdc로부터 전원 공급된다. (예를 들어 6 샤시 교체는 같은 슬롯에서 매년 10년 동안 진행되고 샤시는 매년 새로 교체된다). 버스 바(Bus bar) 니켈 도금의 최소 두께는 10u 이고 보통 전기 도금 방식으로 진행된다. 굳어진 도금 방식이 더욱 선호되는데 그 이유는 버스 바(Bus bar)의 수명을 증가시키기 위해서다. 대체 방법은 현재 조사 중이다.

#### 4.1.2. 전력 선반과 백업 배터리 옵션

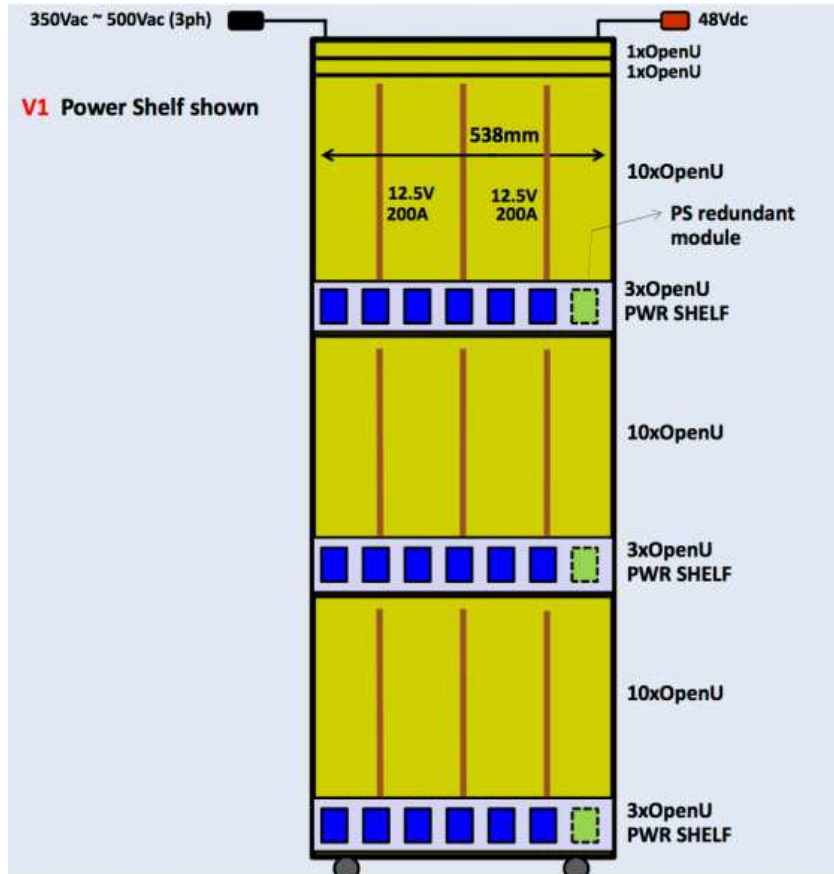
온라인 전력과 백업 전력은 최소 두 개의 전력 선반 배열로 제공될 수 있다. 이 두 선반을 v1과 v2라 불린다.

##### 가. v1 전력 선반

3xOpenU의 높이인 여분 선반에 백업을 위한 OCP 배터리 캐비닛이 6+1 구조로 구성되어 있다. 이 선반에 배치되어있는 파워 모듈들은 핸들이 달려있는 핫스왑 가능 모듈들이며 OCP 700W-SH 전원 공급기를 변형한 것이다. 파워 모듈 파손신호와 output OR-ing 장치 등 추가적인 특징/기능들도 있다. Opto-isolator로 격리된 파손신호는 DC PDU 에 있는 특정 RJ45 소켓을 사용하여 세 개의 전력 선반들을 데이지 체인 방식으로 연결한다. 이는 파워 모듈 실패/파손 시 보고하고 위치 또한 확인시켜준다. 파손신호는 랙 위에 설치된 맞춤형 디지털 박스를 통하여 랙에 전달된다. DC PDU 위에는 이더넷 RJ45 출력 한 개가 설치되어

있다. 디지털 박스는 여러 가지의 입력들과 유형이 존재하는데 이는 다목적의 설정과 미래 호환성을 위해서다. 랙에 있는 두 개의 PDU들은 AC와 DC 전원을 분배한다.

데이터 센터 통로에 있는 오픈 랙 세개 사이 두 공간에 각각 한대의 OCP 배터리 캐비닛이 설치된다. 이는 AC 폭등시 48Vdc 백업 전압을 제공하고 이더넷 스위치에 전원 공급도 한다. 캐비닛은 보통 오프라인 상태이고 시스템 차원에서 AC UPS 효율성과 99.75% 이상 일치한다.



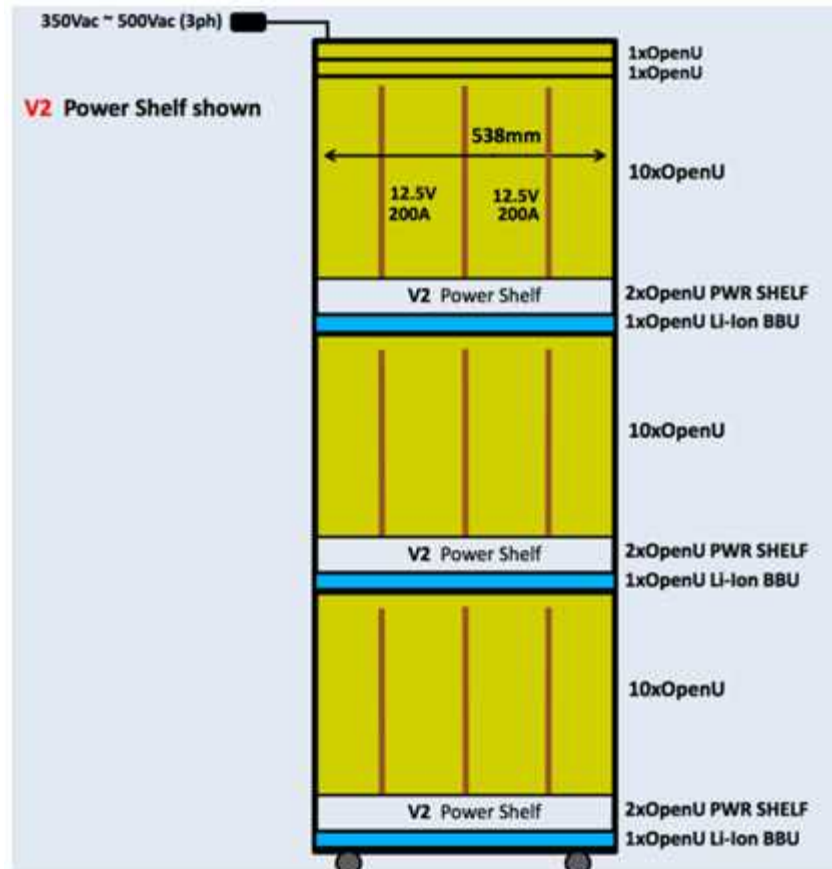
[그림 10] 세 개의 3xOpenU V1 전력선반을 갖춘 오픈 랙

## 나. v2 전력 선반

이 N+1 형태의 여분 선반은 공칭 2xOpenU (또는 1xOpenU) 높이이고 밑 부분에 1xOpenU 예비 배터리 장치(BBU, Batter Backup Unit)가 설치되어있다. OCP 배터리 선반의 필요성이 사라지는데 이는 보통의 BBU 는 독자적 고밀도 리튬 이온 배터리 팩이 있기 때문이다. 각각의 BBU 모듈은 2U/1U 전력 선반 위에 놓일 수도 있는데 이는 뒤에 위치한 버스 바(bus bar)에 즉시 전원 공급을 가능하게 한다. 또한 BBU 모듈들은 모든 종료의 백업 토폴로지를 채택하여 사용할 수 있다. BBU와 배터리 팩 둘 다 N+1의 여분을 갖는다. 배터리 모니터링 체계와 시험 체계도 포함될 수 있고 디지털 버스를 통하여 데이터가 전송

된다. V2 계획안에는 PDU가 AC만 분배하게 되어있는데 그 이유는 파워 구역에 배터리가 달린 BBU들이 포함되어 있기 때문이다. 이더넷 스위치는 버스 바(bus bar)로부터 전원 공급을 받는다.

파워 모듈 파손신호와 정교한 파워 모니터링 체계 정보를 설명/보고하기 위해서 보다 완벽히 전원 선반의 상태와 기능성을 보고할 수 있는 디지털 버스가 V2 전원 체계에 필요하다. 같은 버스 안에 BBU 보고를 포함할 수도 안 할 수도 있다.



[그림 11] 2xOpenU 전력 선반이 1xOpenU BBU가 설치된  
오픈 랙

#### 4.1.3. HVDC Input 전압 옵션

오픈 랙은 고전압 DC 입력(HVDC)로 전원을 공급받을 수 있다. AC 전력 선반은 맞춤 개조 후(input connector 설치, circuitry 조절, 안전과 제어 규정 등) 직접적으로 HVDC를 지원할 수 있다. 그렇지 않으면 맞춤 제작된 전원 선반은 HVDC 입력용으로만 디자인 될 수 있다. 전압 레벨은 보통 360Vdc ~ 400Vdc 사이이다. 이 옵션은 데이터 센터 환경에 놓인 랙에 HVDC 분배를 통해 전력을 공급할 수 있게 해준다. DC 전력이 현장에서 발생되었을 때도 마찬가지 이다 (예를 들어 연료 전지나 재생 에너지를 사용했을 때). HVDC 소스는 보통

배터리로 지원되어있다. 아닐 경우 파워 구역에 BBU unit을 포함할 수 있다.

## 4.2. PDU (Power Distribution Units)

랙 안에 한 개 이상의 파워 구역이 존재할 때 AC PDU가 요구될 수 있다. 교대로, 단상 또는 3상 플러그를 사용해 전력 선반에 직접적으로 연결할 수 있다.

V1 계획안에서와 같이 OCP 백업 배터리 캐비닛이 백업 전력장치로 사용될 시 DC PDU 가 필요하다.

AC 3상 전압은 세 개의 단상 전력 선반에 각각 Line-to-Neutral 형태로 배분되어 있다. 또한 AC PDU는 여섯 개의 AC 소켓을 포함하고 있는데 이들은 랙 스위치의 백업 전력이나 다른 장비들에 전력장치로 사용될 수 있다.

DC 전압은 두 번째로 설치된 PDU(48Vdc 선호)에 의하여 세 개의 전력선반에 동일하게 배분된다. DC 전압은 오로지 백업 전력 체계를 위해 사용되며 보통 오프라인 상태로 꺼져 있다. 오프라인 상태는 전압이 존재하지만 전력선의 AC 폭등이 발생하기 전까지 전류가 흐르지 않는 형태를 말한다. 또한 파워 스트립 위에는 두 쌍의 DC 소켓이 존재한다. 이들은 스위치들과 모니터 박스에 전력 공급용으로 사용될 수도 있다.

### 4.2.1. 권장 PDU 치수 및 배열

PDU는 랙의 뒷면에 위치한 수직 기둥들의 C 채널 치수에 맞추기 위해 폭이 25mm 이다. PDU는 랙의 양 옆에 설치되는데 랙의 왼쪽 뒤 모서리와 오른쪽 뒤 모서리에 설치된다. PDU는 랙의 옆면에서 사용하기 쉽다. 길이는 95mm 이고 25mm 폭 밖으로 4개의 구역이 튀어 나와있다. 이 구역들은 동글 케이블, AC 퓨즈, AC 소켓, DC 소켓들을 위한 공간이다. 더 많은 정보를 위해선 기계제도를 참고하라.

PDU의 높이는 랙의 높이에 따라 달라진다.

이 구현체의 AC 전압 분배를 다음과 같다:

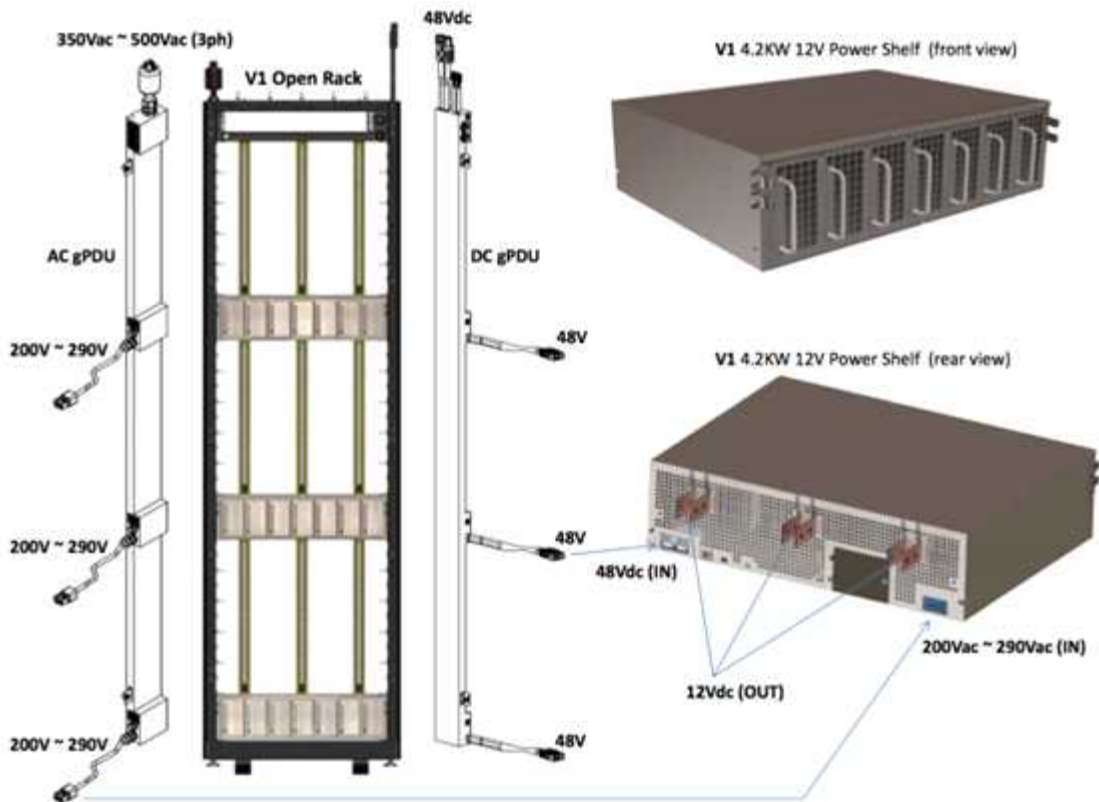
- 파워 구역 1은 277V Line 1 to Neutral을 통하여 전력을 공급받는다.
- 파워 구역 2은 277V Line 2 to Neutral을 통하여 전력을 공급받는다
- 파워 구역 3은 277V Line 3 to Neutral을 통하여 전력을 공급받는다

277V 이란 값은 미국에서 사용하는 값이다. 3상 전력은 480Vac 에 맞춰져 있다. 3상 전력이 400Vac 에 맞춰져 있다면, 단상 전압 값은 230V 이다.

Neutral의 여부와 상관없이 3상 전력을 쓰는 파워 선반의 경우엔 AC PDU가 각각의 파워 구역의 동일한 3상 전압을 분배한다(GND선을 포함한 네 개 또는 다섯 개의 전선). 그럼으로 각각의 전력 선반 level에 3상 solution을 사용하는 것도 다른 선택권이다. 이러한 접근은 높은 출력밀도 solution 이 필요할 때 더 타당하다. 이 접근방법은 rack 안에 있는 장비들의

배열 형태를 고려하지 않고 3성 균형을 달성할 수 있다. 중성선 또한 필요하지 않다. 하지만, 전력 선반 level 에서 중성선을 포함한 시켰을 때의 장점도 존재하기 때문에 포함시킨 구조 또한 고려해봐야 한다.

대개 PDU들은 rack의 뒷면의 양 옆에 설치되며 rack의 옆면과 동일 평면에 존재한다. PDU의 AC/DC output 들은 보통 변형 방지장치나 몰딩을 사용한 커넥터로 terminate된 dongle cable이다. 또한 이의 상대부품들이 전력선반의 뒷면에 설치되어있다. 277Vac(NEMA L22-30P 플러그) AC PDU의 속도는 13.3KVA, 48Vd(APP SB175 플러그) DC PDU의 속도는 175A (분당 350A)이다.



[그림 12] V1 전력선반과 PDU 부품

## 참고 자료

- [1] Open Compute Project, "700W-SH/450W-SH Power Supply Hardware v1.0", <http://www.opencompute.org>, 2012년 5월.
- [2] Pierluigi Sarti, "Efficient Power Distribution", <http://www.opencompute.org>, 2011년 8월.
- [3] LGU+ IDC사업팀, "LGU+ 평촌 MEGA 센터 소개", 2015년 7월.
- [4] 정상진, 김문구, "그린 데이터센터 표준화 및 인증제 동향", TTA Journal, Vol.145, 2013년 1월.
- [5] 한국IT서비스산업협회, "데이터센터 산업 육성을 위한 기반조성 연구·조사", 미래창조과학부, 2015년 10월.
- [6] 송준화, 박혜빈, "데이터센터 에너지 효율 평가 방법 및 적용 사례 분석", 한국통신학회 학술대회논문집, Vol.2015 No.1, 2015년.
- [7] 한국전자통신연구원(ETRI) 표준연구센터, "데이터센터 지속 가능성 표준화 이슈 현황", CEO 표준기술-2015-4호, 2015년 12월.
- [8] 박수용, "ICT 기반 ESCO 사업 가이드라인", 에너지관리공단, 2014년 1월.
- [9] 유명환, "오픈 소스 하드웨어가 가져온 Paradigm Shift", 2015년.
- [10] 권원옥, 김학영, "페이스북 오픈 프로젝트 기술 동향", 주간기술동향, 2013년 4월.
- [11] Kevin Brown, Wendy Torell, "Analysis of Data Center Architectures Supporting Open Compute Project", Schneider Electric, 2016년.
- [12] 권원옥, 김학영, "DC 서버를 위한 무정전 전원 공급장치 결합형 전원분배장치", 한국정보과학회, 2012년 11월.
- [13] Pierluigi Sarti and Steve Mills, "Open Compute Project Open Rack Hardware V1.0", <http://www.opencompute.org>