

데이터센터에서 점점 많이 채택되는 48V 아키텍처

- 구글 데이터센터의 데이터센터의 전원 공급 에너지 효율 발전 사례 -

2016년 3월 9일, Open Compute Project (OCP) 미국 서밋 2016에서 구글은 OCP로의 공식 가입을 선언하며 자사의 48V 서버 랙 솔루션을 업계와 공유했다. 다음은 당시의 회의 자료에 근거해 정리한 관련 정보이다.

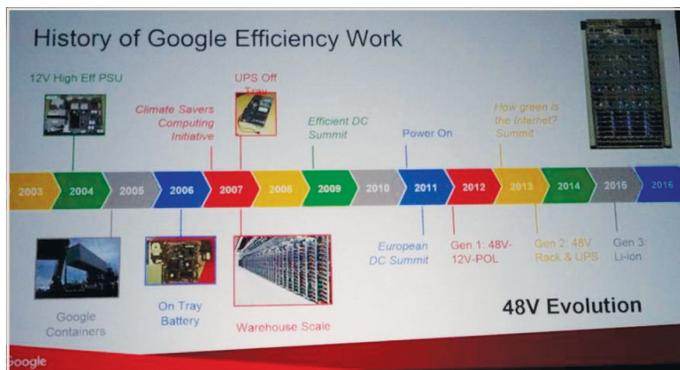
글/첸 리즈훙(Chen Lizhong), 바이코 코퍼레이션

2016년 3월 9일, Open Compute Project (OCP) 미국 서밋 2016에서 구글은 OCP로의 공식 가입을 선언하며 자사의 48V 서버 랙 솔루션을 업계와 공유했다. 다음은 당시의 회의 자료에 근거해 정리한 관련 정보이다.

구글의 수석 부사장인 홀즐 우르스(Holzle Urs)가 자사 데이터센터의 에너지 효율 발전사를 다음과 같이 소개한 적이 있다.

- 2006년: 납 축전자를 서버 메인보드에 장착, UPS 전원공급 아키텍처를 12V 보드에 도입
- 2007년: 스토리지 기반 대형 데이터센터 구축, UPS 배터리와 서버 트레이를 분리
- 2009년: 효율적인 데이터센터 데이터센터 서밋 행사 개최
- 2011년: 구글 유럽 데이터센터 데이터센터 에너지 효율 서밋 행사 개최
- 2012년: 1세대 48V 전원 공급 아키텍처, 12V 입력 전원 서버 메인 보드를 사용한 48V 서버 랙 발표 서버 랙 내부의 DC/DC를 통해 12V로 낮춘 후 다시 CPU의 POL로 전환
- 2013년: 그린 인터넷 데이터센터 서밋 행사 개최 2세대 48V 서버 랙과 UPS 개선 1세대와 달리 2세대 48V 서버 랙의 서버 메인보드는 48V 전압 지원이 가능(즉, 48V에서 바로 CPU의 POL 수준으로 전환되어 12V 전환 단계를 생략함으로써 효율향상 및 원가 절감에 기여)
- 2015년: 3세대 48V 전원 공급 아키텍처를 리튬 배터리 패키지로 채택해 기존의 납 축전자를 대체
- 2016년: OCP와의 제휴 선언 OCP와 자사 48V 서버 랙 아키텍처 아키텍처를 공유

그림 1



- 2003년: 고효율 PSU 전원 사용 최초로 개시
- 2004년: 12V 고효율 PSU 전원 본격 사용
- 2005년: 컨테이너를 이용한 데이터센터 구축

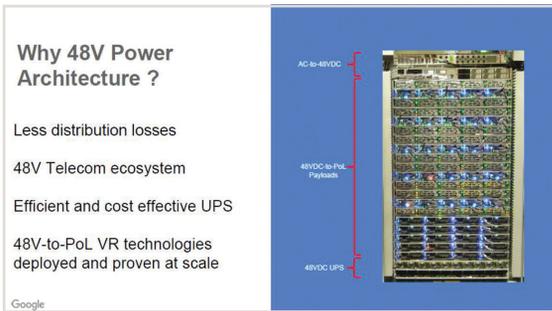
구글 데이터센터의 에너지 효율 발전 과정을 살펴보면 구글은 데이터센터의 전원 공급 아키텍처에 대한 고도화와 간소화를 꾸준히 추진해 왔다. UPS를 기존 고효율 PSU전원에서 분리해 서버 메인 보드에 탑재함으로써 전원공급 효율을 향상시켰을 뿐만 아니라, UPS에 대한 투자와 손실을 대폭 절감했다.

서버 랙의 출력이 점점 높아지고 에너지 소비량이 절감되면서 구글은 48V 전원공급 아키텍처를 도입했다. 물론 그 와중에 12V로의 전환 단계를 걸쳤으며 2013년에 이르러서야 그리드에서 48V, 더 나아가 CPU로의 전환을 실현했다.

즉 대용량 UPS 철거, 48V 서버 랙에서 12V로의 전환을 거쳐 마침내 48V 메인 보드에서 CPU로의 전환을 다시 한 후 2015년에는 리튬 배터리로 납 축전지를 대체함으로써 최신형 48V서버 랙 아키텍처를 도입 한 것이다.

다음의 그림은 구글이 OCP포럼에서 소개한 48V 서버 랙 자료이다.

그림 2. 구글 48V 서버 랙의 분포



구글의 하프 랙 사이즈 48V 서버 랙 특징 들:

- ① 48V 전원 공급 POL 아키텍처의 에너지 소모량은 기존의 12V 서버 아키텍처 대비 30% 이상 감소. 이에 따라 글로벌 클라우드 데이터센터의 전력 소모 절감에 기여
- ② 주문 제작한 모든 48V POL 서버의 전력은 랙 뒤쪽에 있는 48V 버스에서 공급되며 향후 서버 랙 당 출력 50KW 이상까지 지원이 가능

- ③ 리튬 배터리의 수명에 대한 서버 온도의 영향을 줄이기 위해 48V 서버 랙의 전원 콘센트 패널을 랙 위쪽에, 리튬 배터리 패키지를 랙 밑 부분에 설치
- ④ 48V 전원공급 TOR 스위치 사용. 소형 48V 전원 스위치 2개로 전원을 공급하므로 사실상 별도 옵션이 필요 없음
- ⑤ POL은 멀티 옵션 서버. CPU 노드, GPU 노드 또는 저장 노드 등 다양한 옵션을 탑재
- ⑥ 세로 2U 미만의 PSU패널 속에 48V 슬롯 8개, PSU 전원 모듈 6개를 장착. 상용 5개, 예비용 1개, UPS 충전 파워 등의 부품들과 업계 기준인 3KW 고효율 전원 모듈 등과 비교할 때 하프 서버 랙의 로드는 최대치인 12~14KW 에 달할 것으로 예상되며 UPS 2 세트를 사용할 경우 출력은 2배로 증가
- ⑦ 48V의 UPS 배터리의 모듈화 실현. IT 출력 및 예비 전력 시간에 따라 필요한 만큼의 배터리 모듈을 선택. 위 도표처럼 풀 로드시 최고 10개의 배터리 박스를 지원
- ⑧ 구글은 이미 몇 년 동안 본 기술을 본격적으로 사용해 왔으며 높은 기술 수준과 효율을 확보 해 원가도 대폭 절감

그림 3. 구글이 OCP와 공유한 48V 전원공급 서버 랙



구글이 OCP와 공유한 48V 전원공급의 서버 랙 특징 들:

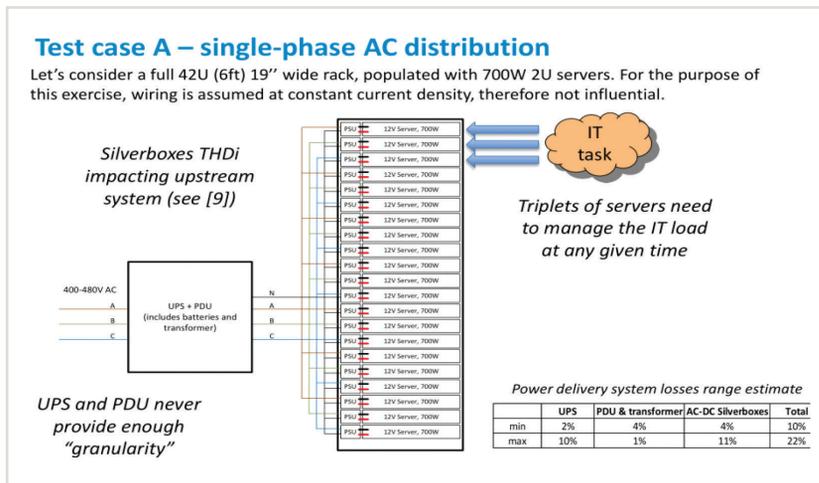
- ① 서버 랙 내부 사이즈는 21인치이며 다양한 서버 설치가 가능

- 단, 데이터센터에 더 많은 서버 랙을 설치하기 위해 랙 깊이는 OCP가 정한 표준 사이즈보다 얇음
- ② 본 서버 랙은 다양한 데이터센터에 설치가 가능하며 다양한 사용자의 수요와 세계 각 지역 데이터센터에 적용 됨
- ③ 쿨링 시스템에 대한 유지 보수, 랙 앞 부분 양측에 네트워크 케이블이나 48V 직류 PDU 옵션을 설치 가능
- ④ 48V UPS 콘센트 패널은 서버 랙 위쪽에 위치. 전원 공간은 세로 2U(배터리 불 포함)이며 PSU 모

- 들 6개를 보유하고 있어 3KW의 표준 48V 전원 모듈 사용시 최대 15KW 까지 지원 가능
- ⑤ 서버 랙에 UPS 아키텍처를 탑재했으므로 전원 공급은 도시 전력회사로부터 직접 받음
 랙 윗부분의 모션 패널을 통해 직접 랙에 전원을 공급할 수 있으므로 고효율, 저비용, 간소화된 전원 공급 아키텍처임
- ⑥ 만약 사용자의 서버 내 메인 보드의 입력 전압이 12V 일 경우, 48V 서버 랙에 48V에서 12V 로 전환할 수 있는 DC/DC 변환기를 설치하기만 하면 됨

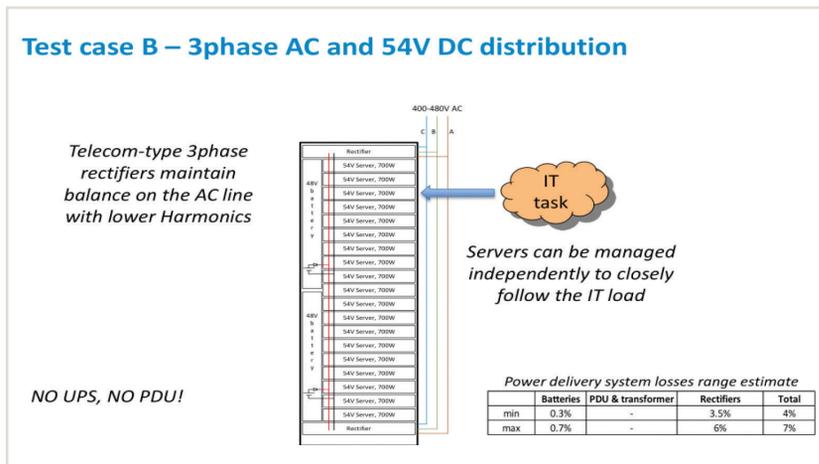
⑦ 현재 구글은 페이스 북과 함께 본 서버 랙과 48V UPS 기술에 대한 신규 기술 사양을 OCP에 제출해 심사 중. 향후 업계 내에 보다 많은 선택의 여지를 제공하게 될 것임

그림 4. 기존 UPS 전원 공급 아키텍처의 에너지 효율



위와 같이 48V 서버 랙의 특징을 간략하게 정리했다. 본 서버 랙은 48V 리튬 배터리 BBU를 내장하고 있으므로 별도의 대용량 UPS가 필요 하지 않아 투자 비용과 시스템의 에너지 소모를 대폭 줄일 수 있다. 48V 서버 랙과 기존 UPS 기반 전원 공급 아키텍처를 비교해보자. 우선, 기존 UPS 전원공급 아키텍처의 경우 서버 별 PSU 배터리 시스템은 아래의 도표와 같다. 그리드에서 12V 서버 메인 보드에 전원을 공급하기까지 약 22% 정도의 에너지를 낭비한다. 기존 UPS의 경우, 현재의 고효율 전원 공급 시스템을 도입하더라도 도시 그리드에서 12V 메인 보드까지의 에너지 손실량은 약 6.4%에 달한다.

그림 5. 기존 48V 서버 랙의 전원 공급 에너지 효율



이에 반해 구글의 48V 서버 랙은 UPS와 복잡한 변압 및 배전 단계를 필요로 하지 않으므로 전원 그리드에서 서버 메인 보드까지의 에너지 손실은 7%이며 현재 업계의 최첨단 기술을 이용한다면 에너

지 손실량을 4% 이하로 유지할 수 있다.

위와 같이 비교해 본 결과, 그리드에서 서버 메인 보드까지의 전원 공급 에너지 효율 면에서 볼 때 그리드로부터 직접 전원을 공급받을 BBU를 탑재한 48V 서버 랙은 기존 UPS 기반의 12V PSU 서버 아키텍처보다 에너지를 15% 정도 절감할 수 있다.

서버 내 메인 보드에서 CPU 까지의 전원 공급 면에서 12V 메인 보드와 48V 메인 보드의 에너지 소모량을 비교해보자. 데이터센터에서 채택한 Vicor의 표준 제품을 서버 랙 PSU의 정류 모듈 효율, 서버 메인 보드에서의 12V와 48V 방식의 전송 손실량 및 12V 또는 48V에서 CPU, RAM 등 강압 POL 전원까지의 종합 효율 등을 예로 들어 보자. AC-DC 전원의 출력 단말기에서 커넥터를 통한 전송, 전환 및 최종적으로 CPU에 이르기까지의 과정에서 상당히 많은 에너지가 소모한다. 다음 도표는 AC에서 CPU까지의 전송 과정을 보여준다.

다음은 OCP에서 구글이 발표한 발표한 효율 대조표이다. 주목해야 할 점은 48V 전원 공급 아키텍처를 도입한 후 전송로 상의 전력 손실량은 더 절감될 수 있을 것이라는 점이다.

위 도표에서 보면 48V전원 공급 아키텍처를 도입했을 때 총 전력 손실량은 7.9%에 불과한데 이는 기존 12V 아키텍처의 10.7%보다 30%이상 낮은 수치이다.

Vicor의 48V 아키텍처 명칭은 FPA (Factorized Power Architecture)인데 이는 두 부분으로 구성되어 있다. 앞 부분은 승강압 토폴로지인 PRM으로서 안정적인 Vf 버스 전압을 제공하는데 출력 전압은 로드 변화에 따라 신속하게 반응한다.

그림 6

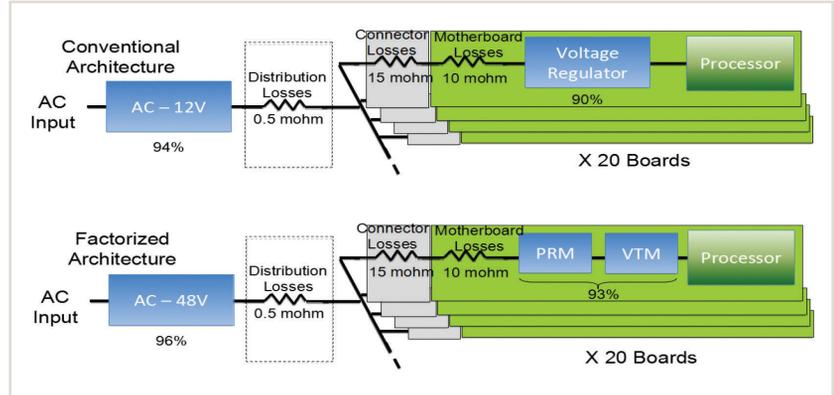


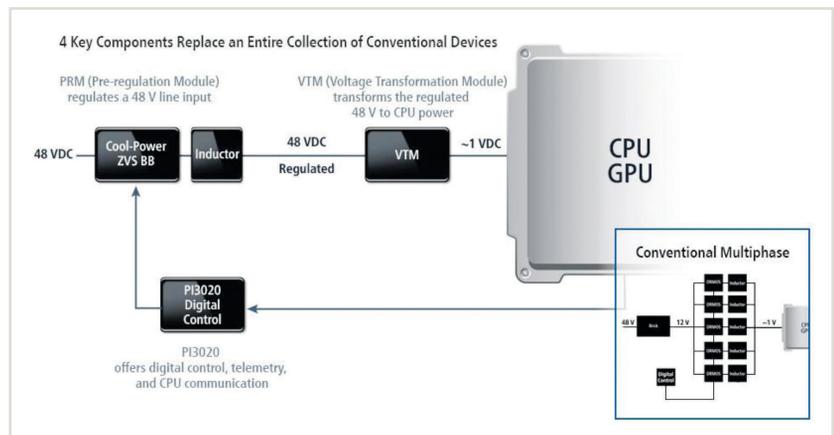
그림 7

Typical Efficiency Gains

Power Architecture	Conversion Stages	Stage Efficiency (%)	System Efficiency (%)
+48VDC Architecture (Google)	AC to +48V	98	92.1
	+48 to PoL (1.8V)	94	
-48VDC Architecture	AC to -48V	98	88.9
	-48V to +12V	96.5	
12VDC Architecture	+12V to PoL(1.8V)	94	89.3
	AC to +12V	95	

Note: Distribution Loss reductions give additional gains @ 48V

그림 8



뒷 부분은 특히 기술인 Sine amplitude converter의 변압 모듈(VTM)을 이용해 Vf 버스 전압을 부하단 전압으로 전환한다. 작동이 우수한 이 변압기는 에너지를 고압 콘덴서에 저장할 수 있어 부하단의 전기 용량을 대폭 줄여준다. VTM은 제로 전압, 제로 전류의 소프트 스위치 기술을 도입해 작동 주파수를 2MHz 이상 끌어 올렸으며 최첨단 출력 밀도를 확보했다.

인텔의 테스트 결과에 따르면 기존 12V VR에 비해 노이즈 수치가 무려 1/10배 정도로 낮다. 그러므로 전

원 출력 단말과 CPU 전원 핀 사이의 출력 소모를 소모를 더 절감할 수 있다.

AC-12V-1V의 경우, PSU 정류 모듈의 효율, 서버 메인보드의 메인보드의 전송 에너지 효율 및 강압 POL 전원의 효율 면에서 모두 AC-48V-1V 전원 공급 아키텍처보다 낮다. 12V 버스 아키텍처의 경우 12KW 서버 랙은 전송 과정에서만 이미 440W에 달하는 에너지를 소모하는데 이는 전체 에너지 에너지 소모량의 4%를 차지한다.

12KW 서버 랙은 12V의 전압을 출력할 때 1000A의 전류를 소모하므로 1MΩ의 전송 저항일지라도 1KW에 달하는 달하는 에너지를 소모하게 된다(물론 대형 동 패널을 이용해 전송 저항을 낮출 수는 있지만 그럴 경우 부피가 더 커지고 비용도 증가한다).

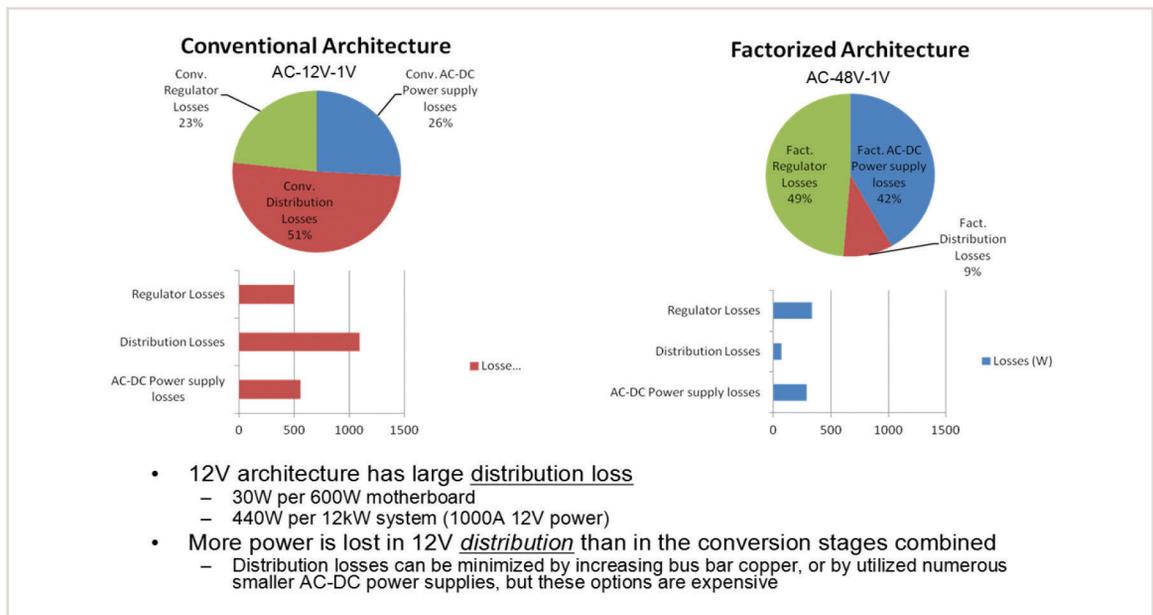
그러나 로드 출력이 똑같은 상황에서 48V 전원 공급 아키텍처를 도입할 경우 전압을 4배 높이는 동시에 전류를 기존의 4분의 1로 줄일 수 있어 전송 에너지 소모량을 대폭 절감할 수 있다.

다음 도표는 기존 방식과 Vicor의 FPA 방식을 비교한 것이다.

그림 9



그림 10



그러므로 고성능 서버 랙은 12V 중간 버스를 사용할 경우, 엄청난 전송 에너지를 소모한다. 서버 랙별 출력이 8KW 이하일 경우에는 문제 없겠지만, 12KW 일 경우 전송 에너지 소모량 문제는 매우 두드러질 것이다. 그러나 48V 버스 아키텍처의 경우, 지원 가능한 서버 랙 별 출력이 30KW 이상이므로 에너지 소모량을 대폭 줄일 수 있을 뿐만 아니라 출력 확장 잠재력도 매우 크다.

고성능 컴퓨팅 및 GPU 등 프로그램의 발전에 따라 향후 서버 출력의 에너지 소모량은 점점 늘어날 것이다. 만약 서버 랙 별 출력이 10KW 이하를 유지한다면 12V 버스를 사용해도 큰 문제는 없겠지만 출력이 점점 높아 질수록 12V 버스는 엄청난 에너지 소모 및 강압 등의 면에서 심각한 문제를 초래할 것이다. 따라서 향후 서버 랙 버스의 추세는 48V로 갈 것으로 보이는데 특히 HPC 등 고성능 컴퓨팅의 경우 더욱 필요한 요소가 되리라고 본다.

구글이 OCP 가입을 공식 선언함과 동시에 48V를 공유한다는 OCP의 뉴스가 발표되면서 모 유명 칩 제조업체는 즉각 48V에서 POL 부하단까지의 기술을 지원한다고 선언하며 관련 칩을 출시했다. 이는 48V 산업 사슬의 강건함을 증명하는데 크게 기여했을 뿐만 아니라 데이터센터의 전원 공급 아키텍처가 48V 중심으로 발전하고 있음을 보여준다.

그런가 하면 중국의 일부 서버 업체들도 48V 직류 입력식 서버 장비를 출시했다. 구글이 OCP와 합류하면

그림 11

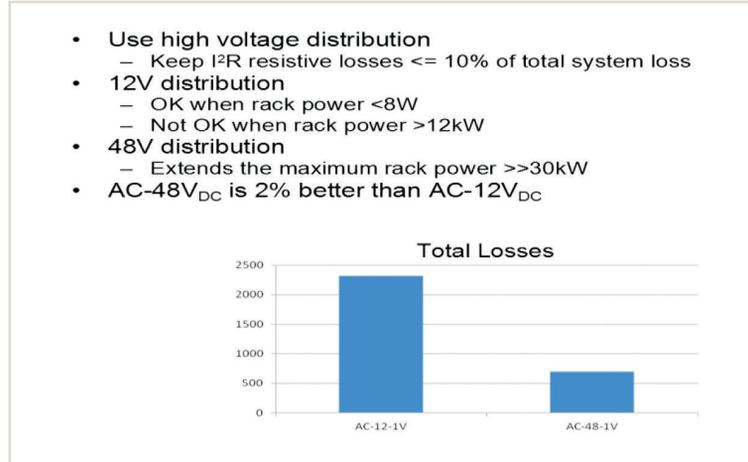
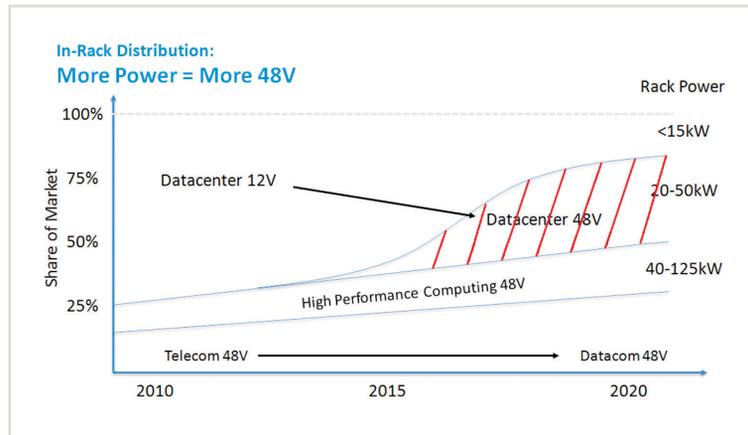


그림 12



구글이 OCP 가입을 공식 선언함과 동시에 48V를 공유한다는 OCP의 뉴스가 발표되면서 모 유명 칩 제조업체는 즉각 48V에서 POL 부하단까지의 기술을 지원한다고 선언하며 관련 칩을 출시했다.

이 분야의 산업 생태계가 더욱 발전 할 것은 물론이거니와 점점 더 많은 서버 및 네트워크 장비 등이 48V 서버 랙 생태계로 진입할 것이다.

결론적으로 말하자면 데이터 통신 분야에서는 다음과 같은 발전 추이를 볼 수 있을 것이다. **SN**