

특집 : 고밀도 전원장치 기술동향

고효율 고밀도 서버용 전원 장치의 설계 기술 동향

김 정 은

(삼성전기 CDS사업부 책임연구원)

데이터 센터가 전 세계적으로 급증하면서 서버 컴퓨터의 전원 장치에 대한 수요 역시 계속해서 증가하고 있다. 시스템 회사의 요구에 따라 전원 장치의 사양도 조금씩 다르지만, 공통적으로 서버용 전원 장치라는 특성 상 높은 신뢰성을 갖고, 늘어나는 소비 전력에 맞춰 높은 효율을 보이도록 개발되어 왔다. 그를 위해 적용되고 있는 설계 기술 동향에 대해 소개하고자 한다.

1. 서론

IT 기술의 발전과 모든 시스템의 전산화가 보편화된 요즘 이미 기업들이 처리하는 데이터양은 소수의 하이엔드 서버

시스템으로 운영할 수 있는 정도를 벗어났다. 따라서 이들이 그림 1과 같이 수천 대의 볼륨 서버 시스템을 운영하는 환경으로 변하면서 서버 시장도 그에 따라 급격히 증가하였고, 여전히 성장하고 있는 중이다.

서버 시장의 증가와 함께 서버의 도입 비용 뿐 아니라 유지, 보수 및 관리, 특히 냉각에 들어가는 비용 역시 무시할 수 없게 되었다. 설치된 서버의 규모가 어느 정도 커진 현재는 새로운 서버의 도입 비용 증가율보다 관리와 냉각 등의 비용 증가율이 훨씬 높은 것으로 나타나고 있다.

그에 따라 그 수요가 늘어나며 서버용 전원 장치의 연구와 개발에 대한 관심 역시 발맞춰 급증하고 있다. 점점 개발 환경이 좋아지고 처리해야 할 데이터양이 늘어남과 동시에 요구되는 전력 사양이 증가하고 있다. 따라서 서버 회사들은 도입 비용의 절감을 위해 보다 낮은 가격의 서버용 전원 장치를



그림 1 데이터 센터의 볼륨 서버 시스템

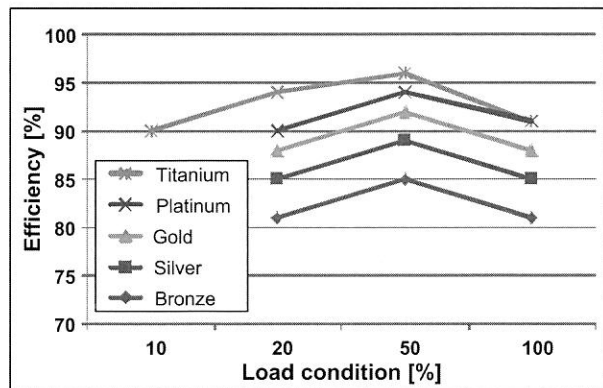


그림 2 CSCI의 서버용 전원 장치 부하별 효율 기준

요구하며, 동시에 높은 수준의 성능을 원하고 있다. 여러 대를 사용하지만 차지하는 부피를 줄이기 위해 높은 전력 밀도, 냉각 및 관리에 소비되는 비용을 절감하기 위해 높은 전력 효율의 서버용 전원 장치의 개발을 요구하는 것이다.

더불어 세계적으로 지구의 온난화 문제가 급부상하면서 환경에 대한 관심이 높아져 에너지 보호를 위한 정책이 늘어나고 있다. 서버용 전원 장치에도 마찬가지로 효율에 대한 권고 사양 및 필수 사양으로 CSCI (Climate Savers Computing Initiative) 규제가 제시되고 있다. 이는 그림 2와 같이 레벨에 따라 전원 장치의 부하 별 효율 조건을 제시한다. 해가 갈수록 그 요구 효율이 높아지고 있고, 이 레벨을 인증 받는 것이 결국 해당 모델의 시장에서의 경쟁력을 입증하는 것이다.

이와 같이 날이 갈수록 높은 효율과 높은 전력 밀도가 요구되는 가운데 이를 만족시키기 위해 개발되고 있는 기술들을 소개하고자 한다.

2. 서버용 전원 장치의 병렬 구조

서론에서 언급하였듯이 데이터 처리량이 계속해서 늘어나고 있고, 그에 따라 서버용 전원 장치들이 더욱 높은 전력 사양을 갖도록 요구되고 있다. 또한 데이터 센터의 경우 전력 공급의 중단이 발생하지 않는 것이 무엇보다 중요하므로 여러 가지 이상 상황에 대비해 여러 대의 전원 장치들이 그림 3과 같이 병렬적으로 구동하고 있다.

비상시에 대비해 전체 전력 사양보다 많은 전력 사양의 전원 장치를 병렬적으로 연결하여 사용하는 시스템을

redundant system이라 하고 그림 4와 같은 블록 다이어그램으로 나타낼 수 있다. 개별 전원 장치는 일반적으로 입력 필터, 고조파 규제 만족을 위한 PFC 단, 전기적 절연과 출력 전압 유지를 위한 DC/DC 단으로 이루어져 있다. 각 DC/DC 단의 출력단이 모두 부하 버스에 연결되어 병렬로 전력을 전달한다.

이 같은 시스템에서 높은 안정성과 효율을 이루기 위해 개발된 기술들이 아래와 같다.

2.1 Hot-swap

여러 개의 전원 장치를 병렬로 연결하여 사용하는 경우 전원 장치의 이상으로 인해 시스템이 동작하지 않는 상황을 크

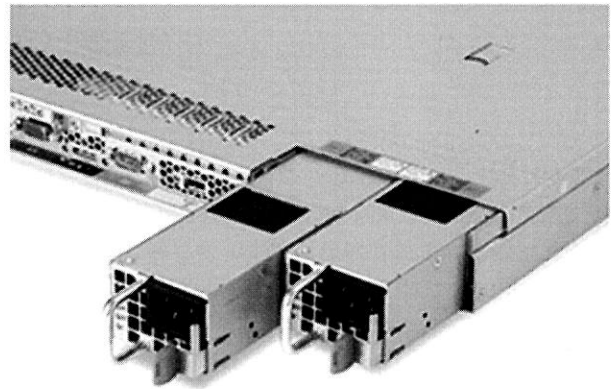


그림 3 병렬 구동하는 여러 대의 서버용 전원 장치

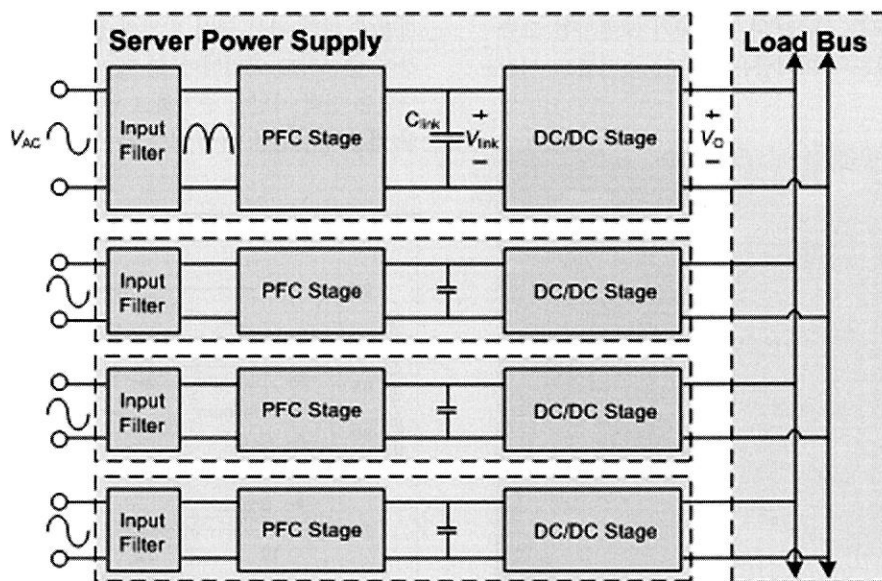


그림 4 Redundant system의 블록 다이어그램

게 줄일 수 있다. 구동 중 하나의 전원 장치에 이상이 발생해도 나머지 전원 장치들이 부하를 분담하여 동작함으로써 시스템의 동작에는 이상이 없다. 그리고 계속 동작하고 있는 상태에서 이상이 생긴 전원 장치를 교환할 수 있는 hot-swap 기능이 당연히 필요하다. 물론 전원 장치를 제거하거나 새로 삽입하는 과정이 시스템의 전체 동작에는 아무런 영향이 없도록 하는 것이 해야 한다.

Hot-swap 기능은 그림 5와 같이 각 전원 장치 출력 단에 OR 역할을 하는 스위치를 위치시킴으로써 구현할 수 있다. 스위치를 다이오드로 이용할 시 간단하게 구현할 수 있다는 장점을 갖지만 출력 전류가 큰 사양에서 큰 도통 손실이 발생하는 단점을 갖는다. MOSFET을 사용할 시 효율 면에서 장점을 갖지만 구동을 위한 별도의 제어 회로가 필요하다는 단

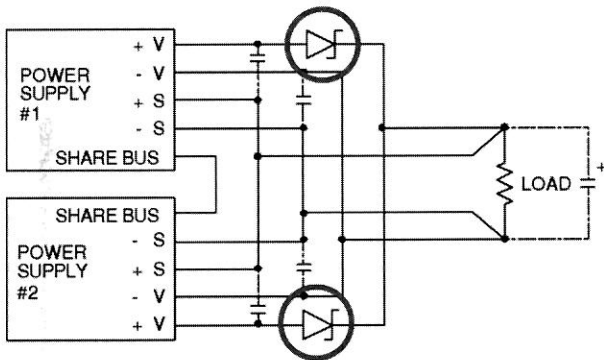


그림 5 Hot-swap 가능한 병렬 전원 장치

점을 갖는다.

2.2 Load-share

전원 시스템의 병렬 구조를 위해 전원 장치는 2개 또는 그 이상의 수를 사용하게 된다. 그때 각각의 개별 전원 장치는 시스템에서 요구하는 전력을 균등하게 공급해야 한다. 효율을 극대화하고, 전원 시스템의 효율적으로 사용하기 위해서이다.

이론적으로 동일한 전원 장치를 병렬로 연결 시 전력이 동일하게 제공되지만, 실제로는 소자의 오차 등으로 인해 개별 장치의 출력 전압 차이가 생기고 병렬연결 시 부하가 한 쪽으로 쏠리는 현상이 발생한다. 이는 앞의 hot-swap 동작 시 역전류를 발생시켜 전원 장치의 반도체 소자를 소손시킬 수도 있다.

따라서 이를 해결하기 위한 연구도 많이 진행되었으며 상용 IC도 다수 개발되어 있다. 기본적으로 개별 전원 장치의 출력 전류 정보와 부하 버스의 정보를 비교하여 전원 장치를 제어하는 방법을 이용한다.

2.3 Idle mode

병렬 구조의 전원 장치 시스템에서 정상시에는 load-share 기능을 이용하여 모든 전원 장치가 부하를 분담하여 동작하고 있다. 하지만 이때 시스템이 경부하로 동작할 경우 병렬로 연결된 모든 전원 장치를 구동시키는 것은 오히려 전체 시스템 효율을 감소시킬 수 있다. 전원 장치를 동작시키는데 기본

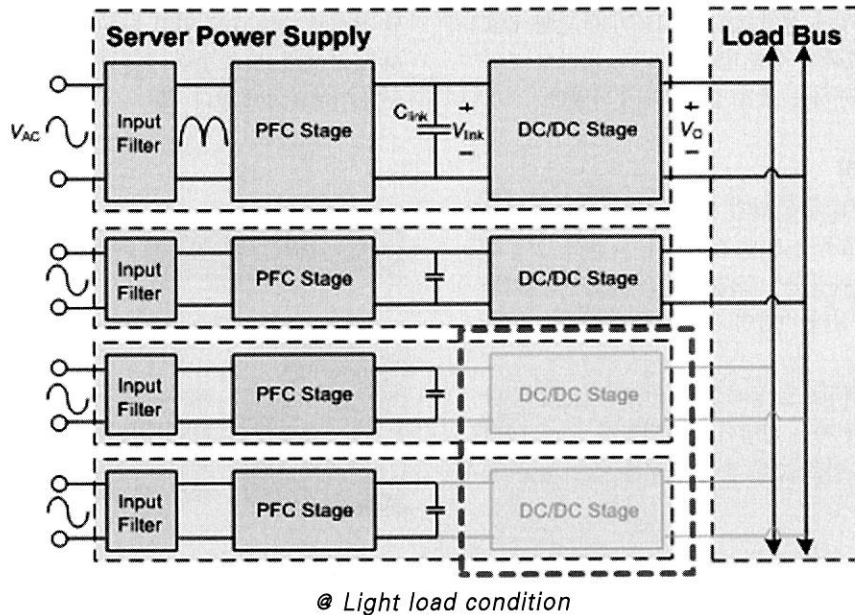


그림 6 Idle mode의 블락 다이어그램

적으로 필요한 전력이 있는데, 경부하 상황에서는 이 전력량도 큰 비중을 차지하므로 모든 전원 장치에서 이 전력을 소모하는 것이 비효율적인 것이다.

따라서 그림 6과 같이 경부하 상황에서 DC/DC 단을 구동하는 전원 장치 수를 줄여 기본적으로 발생하는 소모 전력을 줄이는 idle mode 방법이 제시되고 있다. 기본적으로 전체 시스템의 부하 정보를 이용하여 정해진 숫자만큼의 전원 장치의 DC/DC 단을 구동하지 않도록 한다. 당연히 한 대의 전원 장치가 동작하고 있다가 그 장치가 이상이 생겼을 시 시스템의 동작에 문제가 없도록 나머지 전원 장치들이 빠르게 회복되는 기능은 redundant system에서 기본적으로 요구된다.

2.4 부하 별 효율 최적화

서버용 전원 장치의 경우 시스템의 동작의 따라 부하 상황이 크게 변한다. 따라서 특정한 한 부하 조건에서의 효율이 아니라 전 부하영역에서 전체적으로 높은 효율을 필요로 한다. CSCI의 효율 기준도 그를 반영하여 제시되고 있다. 최근에는 redundant system과 실제 주로 사용되는 부하 등을 고려하여 중부하의 효율보다 경부하의 효율이 더욱 중요하게 부각되고 있다.

따라서 각 부하 영역에서 동작을 최적화하려는 연구가 활발히 진행되었다.

2.4.1 링크 전압 가변 제어

PFC 단의 출력 전압이자 DC/DC 단의 입력 전압인 링크 전압은 서버용 전원 장치의 hold-up time 규제를 만족하도록 설계된다. 하지만 상대적으로 규제에서 자유로운 경부하 영역의 경우 링크 전압을 낮게 설정함으로써 DC/DC 단의 유효 소비율을 증가시키고 효율을 상승시킬 수 있다. 따라서 부하에 따라 링크 전압을 가변하는 제어 방법이 연구되었다.

2.4.2 주파수 가변 제어

서버용 전원 장치의 DC/DC 단과 같은 대전류사양의 경우 도통 손실이 컨버터의 효율을 크게 결정한다. 따라서 그에 따라 설계하면 부하가 작아질수록 도통 손실의 영향이 줄어들고 상대적으로 코어 손실의 비중이 과도하게 나타나며 낮은 효율을 보인다.

따라서 부하에 따라 최적으로 동작할 수 있도록 DC/DC 단의 스위칭 주파수를 가변하는 방법이 연구되었다. 그로 인해 각 부하 영역에서 소자 별로 고른 손실 분포를 얻고 높은 효율을 얻을 수 있다.

2.4.3 딜레이 타임 가변 제어

경부하 영역에서 DC/DC 단의 효율이 급격히 떨어드는 또 다른 이유로 스위칭 손실을 들 수 있다. 주로 사용하는 phase-shift full-bridge 컨버터의 경우 부하 전류가 작아질수록 영전압 스위칭을 하지 못하며 스위칭 손실이 발생한다. 스위칭 손실을 줄이기 위해 부하가 작아질수록 스위치 간의 딜레이 타임을 키울 필요가 있다. 또한 부하 전류가 큰 경우는 딜레이 타임이 길 경우 오히려 도통 손실을 증가시킨다.

따라서 부하 전류에 따라 스위치의 딜레이 타임을 조절함으로써 경부하 시의 스위칭 손실을 저감하고 중부하 시의 도통 손실을 저감할 수 있는 연구가 진행되었다. 상용 IC 내부에도 구현되어 있고, 더 큰 효과를 위해 외부에 간단히 회로를 추가할 수도 있다.

3. 결론

고밀도 서버용 전원 장치의 고효율화를 위해 진행되었고, 계속 연구되고 있는 내용들을 살펴보았다. 서버 컴퓨터의 특성 상 높은 신뢰성과 계속해서 늘어나는 전력 사양을 갖기 위해 전원 장치 시스템은 병렬 구조를 갖는다. 그와 동시에 효율의 증가를 위해서도 많은 연구가 진행되었다.

병렬 구조에서 높은 안정성을 유지하기 위해 시스템의 동작 중에 전원 장치를 교체할 수 있는 hot-swap 기능과 부하를 균등하게 부담하는 load-share 기능을 알아보았다. 또한 부하 별 효율을 높이기 위한, 특히 경부하의 효율을 높이기 위한 연구들을 소개하였다.

데이터 센터는 전 세계적으로 계속해서 증가하고 있고, 전원 장치에 대한 수요 역시 늘어가며 더욱 높은 수준을 요구하고 있기 때문에 더 높은 효율과 전력 밀도를 이루기 위해 연구가 진행되어야 한다. ■■■

〈 필 자 소 개 〉



김정은(金正恩)

1978년 4월 7일생. 2001년 경북대 전자전기컴퓨터학부 졸업. 2003년 KAIST 대학원 전기 및 전자공학과 졸업(석사). 2008년 동 대학원 전기 및 전자공학과 졸업(공학박). 현재 삼성전기 CDS 사업부 POWER 개발3G 책임연구원.