

全太阳能数据中心整体技术方案与实践

伍康文, 柴 华

(汕尾芯灵电子科技有限公司, 广东 汕尾 516473)

摘 要: 如何在提高数据中心数据处理能力的同时又降低用电量, 成为数据中心行业进一步发展的瓶颈问题。为此, 提出全太阳能数据中心整体技术方案, 以微服务器集群构架为核心, 以太阳光伏发电为主电源, 在此基础上, 再配合高压直流配电系统和分布式内嵌 UPS 系统。首个全太阳能数据中心已经建成投入使用, 根据实际运行结果表明, 能耗减少到常规数据中心的 1/4, 节能减排效果十分显著。同时, 机房运行成本下降 50%, 利润率提高 400%, 一次性建设费用只有常规同等规模数据中心的 60%, 社会效益和经济效益同样明显。

关键词: 全太阳能数据中心; 微服务器集群; 太阳能主供电; 高压直流配电; 异种电源双回路不间断电源模块; 节能减排

中图分类号: TP303+.3

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)21-0001-03

The technology plan and practice of solar data center

Wu Kangwen, Chai Hua

(Shangwei Chip Core Electronic Co., Ltd., Shangwei 516473, China)

Abstract: The problem of how to improve the data processing ability and reduce the power consumption at the same time becomes a bottleneck for the IDC's further development. The article gives an overall technology plan of solar data center based on a micro-server cluster frame, a solar main power supply system, a high voltage DC power distribution system and a distributed embedded UPS system. The first solar data center has been constructed, the results of the actual operation show that the power consumption is only a quarter of the conventional IDC, and energy conservation and emissions reduction effect is very significant. Meanwhile, operation cost decreased by 50%, profit rate is increased by 400%, and construction cost is only 60% of the conventional equal size IDC, the social benefits and economic benefits both are obvious.

Key words: solar data center; micro-server cluster; solar main power supply; high voltage DC power distribution; heterogeneous power double loop UPS module; energy conservation and emissions reduction

数据中心集中安装了十万台的服务器, 24 小时不间断地运行, 其能耗问题越来越突出, 用电量占据了数据中心经营成本的 50% 以上, 数据中心行业成为了高能耗单位。尤其是近年来“云计算”概念兴起, 催生各地都在建设大型的云计算数据中心 (IDC), 而随着数据中心规模的扩大, 能源消耗问题更加突出, 巨大的用电量成为数据中心进一步发展的最大难题^[1]。

数据中心的总耗电包括以下几部分: IT 设备耗电、空调耗电以及其他设备的电能损耗。而机房中的 IT 设备和降温空调用电占数据中心耗电总量的大部分 (75% 以上), 其中 IT 设备的耗电量又主要集中在服务器机群

中^[2], 如图 1 所示。

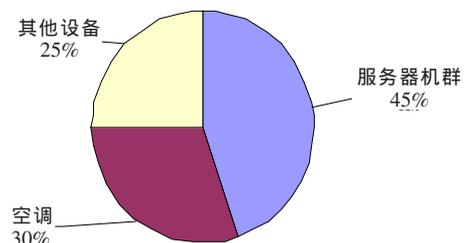


图 1 数据中心的能耗分布图

针对数据中心的能耗评测标准, 由工业和信息化部、国家发改委指导, 云计算发展与政策论坛编制, 在

综述与评论 Review and Comment

2012年4月份发布了《数据中心能效测评指南》。其中指出了4个数据中心能效关键指标,分别为:电能利用效率(PUE)、局部PUE(pPUE)、制冷/供电负载系数(CLF/PLF)和可再生能源(RER)利用率等^[3],以此来规范绿色数据中心的建设标准。

1 整体技术方案

目前在建设数据中心时,为了减少降温空调的用电量,从而降低PUE值,国内业界提出了很多解决方案,并尝试过诸如空调下送风降温数据中心方案、集装箱密封降温的高密度数据中心解决方案等。业界甚至提议,利用南极和北极的天然冰山的优势,将数据中心建在南极和北极上,从而实现无电降温用电。最近又出现了“高温机房”的概念,即不给机房降温,以使空调用电降为零。

在研究数据中心能耗时不难发现,需要空调降温的原因归根结底是服务器耗电量大,耗电最终转化为热量。因此在建设数据中心时,只是单纯地想方设法提高空调降温效率,而不把重点放在如何降低服务器能耗的核心问题上,始终是治标不治本。PUE值也只是反映IT设备用电量的比值,并没有指出直接降低IT设备用电量本身。而降低服务器机群的用电量,才是降低降温用电量、降低机房总体用电量的根本之策。

因此,本文在综合研究了数据中心耗电的核心问题的基础上,提出了全太阳能数据中心整体技术方案:(1)针对数据中心耗电的根源(服务器耗电),制定根治数据中心能耗的技术路线,从减少服务器耗电着手,进而减少服务器电能转化成热能的数量,从而使得空调降温用电同比减少,最终从根本上解决数据中心的耗电问题;(2)在此基础上,有效地采用清洁、可再生能源——太阳能,使传统能源的消耗降至最低水平,成为后备电源,而太阳能成为数据中心的主供电源;(3)由于太阳能光伏发电是直流电,因此,高压直流配电系统是适应太阳能主供电而设计的配电系统;(4)为保证蓄能和不间断供电,本文还采用了分布式、内嵌式UPS电源技术,把小型嵌入到服务器的电源模块,设计出适应交流和直流同时使用的电源模块(即异种电源双回路不间断服务器专用电源模块)。总之,这四大专项技术紧密接合,创新组合,是建设全太阳能数据中心的核心技术。

2 四大专项技术介绍

2.1 微服务器集群

服务器主板的功耗主要集中在CPU芯片上,因此要有效地解决数据中心的能耗问题,就必须设计出更低功耗的CPU芯片。参考文献[4]中指出:“芯片级每降低1W的功耗,由此而带来的电源转换、配电系统、UPS、制冷系统和变压器等一系列设备的功耗降低,将会达到2.68~2.84W”。这些都表明了,从芯片级入手,研究超低功耗的CPU,才是实现绿色节能的首要措施。

CPU芯片是数据中心计算能力的动力来源,当前有

两种提高CPU计算能力的方法:其一是提高CPU主频;其二是增加CPU(核)的数量。根据研究显示,如果采用第一种方法来解决计算能力,其功耗将以指数(主频的三次方)迅速增加。而第二种方法的基本原理是为服务器安装更多的CPU或者增加单个CPU的内核,以提高服务器的计算能力。这条路线在提高处理能力的同时,功耗仅仅是同比线性增加。

因此,本文采用嵌入式SoC作主芯片,配合最少的外围芯片,仅由Flash作ROM内存,构成一个超低功耗的计算节点(也称“云计算节点”),多个计算节点构成一台“微服务器”,微服务器集群式应用,构成数据中心最基础的硬件平台。由于微服务器的超低功耗特性,最终实现了在提高计算能力的同时,又不会大幅度地增加功耗。采用本文方法,可以像“高温机房”那样,免去强制降温用电,数据中心的用电量可减少到原来的25%。

2.2 太阳能光伏发电作为主电源

太阳能光伏发电是目前最佳的清洁能源选择。但对于太阳能光伏发电本身而言,存在两个难点问题:一是单位发电场所发出的电量不高;二是发电时间不均匀。而且不论并网输送,还是离网应用,都需要增加太阳能光伏蓄能设备,大大提高了发电成本。

但由于本方案采用超低功耗的微服务器作为数据中心的服务器设备,因此,完全可以使用太阳能作为数据中心的主供电源,交流电仅是在阳光照射的有效时间低于设计值时,作为补充性辅助电源使用。而且可充分利用机房楼顶、邻近空地,就地取材,因地制宜,无需太大空余场地,取得经济和工程上的可行性。同时,数据中心的UPS设备可充当太阳能发电的蓄能设施,减少了设备投入。而且太阳能光伏发电所产生的是直流电,这样在给蓄电池充电时不需要进行整流,减少了部分整流设备的损耗,提高了电能的利用率。

2.3 创新高压直流供电技术

由于太阳能作为主供电源,因此数据中心供电系统采用创新性的高压直流供配电。这种创新性贯穿在整个供电系统中,从DC 240V的太阳能光伏发电到DC 240V的蓄电池储能,再到DC 240V的服务器电源输入,最后到服务器主板的低压直流,整个供电、配电、变换过程都是直流电,仅一次DC-DC变换,把供电损耗控制在8%以下,大大提高了能源的利用率。DC 240V高压直流标准可以兼容目前大部分常规服务器和数据交换机的电源接口。

2.4 UPS嵌入式电源模块

本文采用UPS嵌入式电源模块,并对其进行了特殊设计:

- (1)异种电源双回路输入。一路来自太阳能高压直流(DC 240V),一路来自市电高压交流(AC 220V)。
- (2)小型分布式的UPS。电源模块嵌入镍氢电池或

综述与评论 Review and Comment

锂电池,既可以实现异种电源双回路的在线切换,又可以充分使用太阳能。

本方案由于每台微服务器自带了小型 UPS,数据中心集中配备的 UPS 模组可以使用数量较少的蓄电池,减少了一次性的投资;同时还采取提高数据中心的可管理性、稳定性与系统规模及结构等变化时的高度适应性。

3 全太阳能数据中心实践

采用这 4 项技术进行创新性组合,与中国联通公司合作,建立了中国第一个以太阳光为主电源、微服务器集群架构、全高压直流配电、异种电源双回路不间断服务器专用电源模块为整体解决方案的全太阳能数据中心,其节能效果和采用绿色能源比例等指标达到国际领先水平。全太阳能数据中心的整体框架如图 2 所示。



图 2 全太阳能数据中心整体框架图

本文对整个数据中心的设计规模和经营情况进行规划与统计,主要体现在太阳能发电面积与发电量、微服务器数量、微计算节点数量以及机房建设面积几个方面,具体数据如表 1 所示。

表 1 全太阳能数据中心建设数据

参数	值
太阳能发电面积/m ²	5 000
总发电量/W	400 000
微服务器/台	1 500
微计算节点/个	18 000
机房面积/m ²	650

在应用方面,则采用混合 MIPS 和 X86 两种不同的云计算节点进行应用。而出租经营方面,则有两种方式,

可以包年出租微服务器,也可以对资源进行计时出租。

经过长期的实际运行与测试,对全太阳能数据中心与同等规模的普通数据中心的电能消耗情况进行了对比,其结果如表 2 所示。

表 2 全太阳能数据中心节能对比表

对比参数	普通数据中心	全太阳能数据中心
相同计算能力的服务器数	10 万台常规服务器	120 万台微计算节点
服务器年耗电量	1.752 亿千瓦时	0.525 6 亿千瓦时
数据中心年耗电量	3.893 亿千瓦时	1.168 亿千瓦时
绿色能源	无或者所占比例很少	太阳能主供电(80%)

社会效益方面,全太阳能数据中心在大幅降低耗电量的同时,进而采用清洁的太阳能,大大减少了传统电能的使用,约节省 3 亿度传统电能,节能减排效果显著,经计算,相当于节约燃煤 100 万吨/年(按照 1 吨煤可以发电 3 000 度)、减少的碳排放为 245 万吨/年(一吨标准煤会带来 2.456 7 吨的二氧化碳排放量),这相当于 6 700 公顷森林一年所吸收的二氧化碳。

在实际运行的过程,由中国联通数据中心提供的数据,本文对常规服务器机柜出租情况进行了详细的分析。分析情况如下:按照联通公司提供原来服务器机群条件的经营数据,代入新的微服务器集群参数后计算得到的经营效果数据如表 3 所示。由表可知,使用微服集群经营的全太阳能数据中心在租金等相同的情况下,数据中心的利润提高了近 4 倍。

表 3 微服集群经营数据对比表

	常规数据中心/%	全太阳能数据中心/%
电费/收入	60	15
建设设备/收入	25	25
毛利率	15	60

对于本文的全太阳能数据中心技术方案,将持续进行优化。例如,对云计算节点的主芯片 SoC,将进行多核化改造,寻找最优的性能和功耗匹配点;对于机房中的照明、空调等用电设备,也会进行直流化改造,对全太阳能数据中心的电子、电器设备将全部直流化。

根据统计表明,全国数据中心在 2011 年的总耗电量达 700 亿千瓦时,占到全社会用电量的 1.5%^[4]。采用 4 项技术的全太阳能数据中心一次性建设投资降低了 40%,运行期间节电超过 50%,且用电中交流电所占比例在 20% 以下。如果全国 40 万个高能耗的数据中心,采用此技术改造成全太阳能驱动的数据中心,可直接拉动中国太阳能光伏产业的国内需求,创新性地解决数据中心高能耗的瓶颈问题。

全太阳能数据中心可以认为是一个示范性行业,为未来各行业、办公和家居,进行全太阳能化、直流化改革先行先试,由此而引发的新产业革命,对带动世界经济增长、更新技术标准将产生不言而喻的巨大影响。

2012.

(收稿日期:2012-07-12)

参考文献

- [1] 钟景华.新一代绿色数据中心的规划与设计[M].北京:电子工业出版社,2010:13-14,45-47.
- [2] 彭大铭.IDC 直流供电讨论 [J]. 通信与信息技术,2008,171(1):79-81.
- [3] 毕慧,李建强,白堃.如何构建现代化的绿色数据中心[N].计算机世界,2010-11-15(27).
- [4] 云计算发展与政策论坛.数据中心能效测评指南[C].

作者简介:

伍康文,男,1968年生,硕士,高级工程师,主要研究方向:MCU/DSP 嵌入式系统开发,CPU/DSP 芯片设计。

柴华,男,1987年生,硕士,主要研究方向:计算机辅助测试。

