

Dynamische Leistungs- schwankungen in Datencentern und Netzwerkräumen

Jim Spitaels

**White paper /
technische
Dokumentation
Nr. 43**

APC[®]
Legendary Reliability[®]

Zusammenfassung

Der Leistungsbedarf in Datacentern und Serverräumen schwankt von Minute zu Minute, je nach Auslastung der Rechner. Das Ausmaß der Schwankungen wächst beständig und hat mit der Entwicklung von Energieverwaltungssystemen für Server und Kommunikationsgeräte dramatisch zugenommen. Diese Tatsache wirft neuartige Probleme auf, welche die Verfügbarkeit und das Management betreffen.

Einführung

Die Leistungsaufnahme in Datacentern und Serverräumen ergibt sich aus der Summe der Leistungsaufnahmen der installierten IT-Geräte. Früher schwankte die Leistungsaufnahme dieser Geräte in Abhängigkeit von der Auslastung oder der Betriebsart nur geringfügig.

Mit dem Auftauchen der Notebooks ergab sich die Notwendigkeit, die Prozessorleistung zu steuern, um die Betriebszeit des Akkus zu verlängern. Durch den Einsatz von Energiemanagementsystemen konnte die Leistungsaufnahme von Laptop-Prozessoren bei geringer Auslastung um bis zu 90 % reduziert werden. Diese Technologie ist inzwischen ausgereift und hat Einzug in die Welt der Server gehalten. Die Folge davon ist, dass die Leistungsaufnahme bei modernen Servern je nach Auslastung drastischen Schwankungen unterliegt.

Aus diesem Umstand ergibt sich eine Vielzahl neuer Fragestellungen im Bereich des Aufbaus und der Verwaltung von Datacentern und Netzwerkräumen. Noch vor wenigen Jahren konnte das Problem vernachlässigt werden. Inzwischen hat es ein bedrohliches Ausmaß erreicht und nimmt weiter zu.

Schwankungen in der Leistungsaufnahme können zu unerwarteten und unerwünschten Folgen in Datacenter- und Netzwerkraum-Umgebungen führen. Dazu gehören neben ausgelösten Sicherheitsautomaten auch Überhitzung und Redundanzverlust in redundanten Stromversorgungssystemen. Diese Situation stellt eine neuartige Herausforderung für Personen, die sich mit der Entwicklung und dem Betrieb von Datacentern und Netzwerkräumen beschäftigen, dar.

Ausmaß dynamischer Leistungsschwankungen

In den 90er Jahren zeichneten sich fast alle Server durch eine annähernd gleichbleibende Leistungsaufnahme aus. Etwaige Schwankungen waren in erster Linie auf anlaufende Festplatten und temperaturgesteuerte Lüfter zurückzuführen. Die Auslastung der Prozessoren und Speichersubsysteme spielte für die Schwankungen eine untergeordnete Rolle. Bei einem Standardserver in einem durchschnittlichen Unternehmen bewegten sich die Schwankungsspitzen in einer Größenordnung von 5 % und waren von der Auslastung beinahe unabhängig.

Um eine spürbar geringere Leistungsaufnahme zu erreichen, müssen BIOS, Chipsatz, Prozessor und Betriebssystem miteinander kooperieren. Bei einer geringen Auslastung, wird der durch die Taktfrequenz des Prozessors in einem Server gesteuerte Energiesparmodus vereinzelt angehalten. (Diese Vorgehensweise ist anders als bei Laptops, in welchen die Spannung verringert und die Taktfrequenz erhöht wird.) Beispiel: Wenn in einem solchen Energiemanagementsystem die Prozessoren zu weniger als 100 % ausgelastet sind, führt das Betriebssystem einen Leerlauf-Thread aus, der die Prozessoren in einen Energiesparmodus schaltet. Die Zeit, die ein Prozessor im Energiesparmodus verbringt, ist indirekt proportional zur Auslastung des Systems. Arbeitet ein Prozessor beispielsweise bei 20 % CPU-Auslastung, so läuft er 80 % der Zeit im Energiesparmodus.

Die Techniken, mit denen der Energiesparmodus herbeigeführt wird, sind nicht bei allen Herstellern und Prozessorfamilien gleich.

Es ist wichtig anzumerken, dass sich ein Verfahren, das unter bestimmten Bedingungen die Leistungsaufnahme des Prozessors senkt, nur auf die Durchschnittsaufnahme des Systems auswirkt. Die Aufnahmespitzen bleiben dieselben und steigen mit jeder neuen Generation von CPUs. Eine weitere wichtige Erkenntnis besteht darin, dass mit zunehmendem Anteil der Prozessorleistung an der Gesamtaufnahme des Servers auch diejenigen Schwankungen des gesamten Systems prozentual anwachsen, die mit der Auslastung zusammenhängen. Server mit mehreren Prozessoren und wenigen Festplatten (z. B. Blade-Server) verursachen demnach den höchsten Prozentsatz an dynamischen Leistungsschwankungen.

Tabelle 1 zeigt die Messwerte einiger Server. Die Werte geben die Schwankungen der Leistungsaufnahme bei unterschiedlicher Auslastung an.

Tabelle 1 – Dynamische Leistungsschwankungen moderner Server

Plattform	Prozessor	Leistungs- aufnahme bei niedriger Auslastung	Leistungs- aufnahme bei hoher Auslastung	Schwankung in Prozent
Dell PowerEdge 1150	Dual Pentium III - 1000	110 W	160 W	45 %
Intel Whitebox	Pentium 4 - 2000	69 W	142 W	106 %
IBM BladeCenter HS20 Vollgehäuse – 14 Blade- Server	Dual Xeon 3,4 GHz	2,16 kW	4,05 kW	88 %
HP BladeSystem BL20pG2 Vollgehäuse – 8 Blade- Server	Dual Xeon 3,06 GHz	1,55 kW	2,77 kW	79 %

Probleme bei dynamischen Leistungsschwankungen

Bei dynamischen Leistungsschwankungen ergeben sich folgende neue Probleme:

Überlastung von Stromkreisen

Die meisten Server arbeiten überwiegend bei geringer Auslastung. Bei einem Server mit Energiieverwaltung bedeutet dies, dass er seine potenzielle Leistung nicht in vollem Umfang aufnimmt. Die meisten Leute, die Datacenter und Serverräume installieren oder warten, sind sich jedoch der Tatsache nicht bewusst, dass die normale Leistungsaufnahme eines Servers weit unter der potenziellen Aufnahme liegen kann, die bei hoher Auslastung auftritt. So kann es dazu kommen, dass das IT-Personal oder die Betreiber von Datacentern oder Serverräumen aus Unkenntnis zu viele Server an einen Stromkreis anschließen.

Sobald die Summe der potenziellen Leistungsaufnahme aller Server die vorgesehene Maximallast des Stromkreises überschreitet, ist die Voraussetzung für eine Überlastung gegeben. In diesem Szenario kann eine Gruppe von Servern einwandfrei arbeiten, bis der Fall eintritt, dass mehrere Server gleichzeitig einer hohen Auslastung ausgesetzt sind. Die Bedingungen, die zu einer solchen Überlastung führen, treten meist sehr unregelmäßig auf. Das System kann also durchaus für Wochen oder sogar Monate ohne Ausfall arbeiten.

Wenn in der beschriebenen Situation eine Überlastung auftritt, fließen im Stromkreis höhere Ströme als erlaubt. Eine mögliche Folge für das Datacenter oder den Netzwerkraum besteht darin, dass im schlimmsten Fall der Sicherungsautomat ausgelöst und die Stromzufuhr aller Geräte unterbrochen wird. Ein solches Ereignis ist natürlich extrem unerwünscht. Hinzu kommt, dass die Computer vermutlich gerade eine Vielzahl von Transaktionen bearbeiten, da sie sich in einer Phase hoher Auslastung befinden. Der Ausfall trifft das System also im ungünstigsten Augenblick.

Überhitzung

Die meisten Geräte in einem Datacenter oder Netzwerkraum setzen Verlustwärme frei, wenn sie elektrische Leistung aufnehmen (Ausnahmen bilden PoE-Switches, die einen Großteil der Leistung über Ethernet-Kabel an VOIP-Telefone, Wi-Fi-Zugriffspunkte und einige weitere Geräte weitergeben). Wenn die Leistungsaufnahme der Geräte aufgrund wechselnder Auslastung schwankt, verändert sich damit auch die abgegebene Wärmemenge. Steigt beispielsweise die Leistungsaufnahme in einem Bereich des Datacenters sprunghaft an, kann dies einen lokalen Hotspot zur Folge haben. Das Kühlsystem des Datacenters ist möglicherweise nur auf normale Wärmemengen eingestellt. Eine Verdoppelung der Leistungsaufnahme auf kleinem Raum kann zu einem unerwünschten Temperaturanstieg führen, für den das Kühlsystem nicht ausgelegt ist. Als Folge davon können sich Geräte wegen Überhitzung abschalten oder ungewöhnliches Verhalten zeigen. In manchen Fällen werden vielleicht Garantiebedingungen verletzt.

Redundanzverlust

Viele Server verfügen über zwei verschiedene, redundante Anschlüsse für die Stromzufuhr. Die meisten Hochverfügbarkeits-Datacenter und -Serverräume nutzen diese Möglichkeit und versorgen ihre Server über zwei Stromkreise. Solche Systeme verkraften einen Komplettausfall eines der beiden Stromkreise ohne spürbare Auswirkungen. Die Computer sind so konzipiert, dass im normalen Betrieb beide Stromkreise zu gleichen Teilen belastet werden.

Fällt einer der Stromkreise aus, wird die Volllast des Servers auf den anderen Stromkreis umgelegt. - Dadurch verdoppelt sich die Last in diesem Stromkreis. Aus diesem Grund dürfen Stromkreise in Systemen mit doppelter Stromversorgung nur zu maximal 50 % belastet werden, damit sie im Notfall genügend freie Kapazität haben, um die Volllast übernehmen zu können.

Es ist allerdings keine leichte Aufgabe, bei dynamischen Leistungsschwankungen sicherzustellen, dass ein Stromkreis nur zu 50 % seiner Kapazität belastet wird. Beispielsweise kann der Test eines Systems während der Installation ergeben, dass die Belastung deutlich unter 50 % liegt, während dieser Wert zu einem späteren Zeitpunkt bei hoher Auslastung weit überschritten wird.

Sobald in einem System mit doppelter Stromversorgung einer der Stromkreise zu mehr als 50 % belastet wird, ist die Redundanz nicht mehr gegeben. Fällt unter diesen Umständen ein Stromkreis aus, wird der zweite augenblicklich überlastet. Mit großer Wahrscheinlichkeit wird dabei auch der Sicherungsautomat ausgelöst, wie bereits weiter oben ausgeführt wurde. Wieder kommt hinzu, dass die Computer vermutlich gerade eine Vielzahl von Transaktionen bearbeiten, da sie sich in einer Phase hoher Auslastung befinden. Auch ein Redundanzverlust trifft das System also im ungünstigsten Augenblick.

Das Problem tarnt sich

Die Geräte, bei denen dynamische Leistungsschwankungen auftreten, tragen möglicherweise nur einen kleinen Teil zur gesamten Leistungsaufnahme eines Datacenters oder Netzwerkraums bei. Wenn 5 % der Geräte in einem Datacenter dynamische Schwankungen im Verhältnis 2:1 zeigen und die restlichen Geräte gleichmäßig Leistung aufnehmen, schwanken Messungen am Hauptstromkreis oder an einer Stromverteilungseinheit möglicherweise nur um 2,5 %. Ein Betreiber könnte daher annehmen, es gäbe kein Problem mit dynamischen Leistungsschwankungen, während in Wirklichkeit die Gefahr besteht, dass der Sicherungsautomat ausgelöst wird oder dass Überhitzung bzw. Redundanzverlust eintreten. Es ist also durchaus möglich, dass das Problem selbst von einem erfahrenen Betreiber nicht erkannt wird.

Gegenmaßnahmen

Um den beschriebenen Problemen zu begegnen, müssen sich Entwickler und Manager von Datacenters und Serverräumen auf die neuen Gegebenheiten im Zusammenhang mit der dynamischen Leistungsaufnahme einstellen. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, dieses Ziel zu erreichen. Hier einige Vorschläge.

Eigener Stromkreis für jeden Server

Wenn jeder Server über einen eigenen Stromkreis versorgt wird, kann keine Überlastung auftreten. Bei dieser Lösung wird bereits beim Entwurf darauf geachtet, dass jedem Server ein bestimmter Stromkreis zur Verfügung steht. Die Maßnahme behebt das Problem der Stromkreisüberlastung und des Redundanzverlustes. Es bleibt die freigesetzte Verlustwärme, die aber normalerweise nicht die größte Gefahr darstellt. Diese Lösung kann allerdings sehr komplex und teuer werden, da bei kleinen Servern (z. B. bei Servern mit der Bauhöhe von 1 HE oder 2 HE) möglicherweise eine enorme Anzahl von Stromkreisen pro Rack benötigt wird. Im Extremfall würde ein Rack, das Server mit der Bauhöhe 1 HE und doppeltem Stromkabel enthält, 84 Stromkreise benötigen, was zwei großen Schalttafeln mit Sicherungsautomaten entspricht. Die Maßnahme bietet sich in erster Linie an, wenn große Server oder Blade-Server verwendet werden.

Sicherheitsspielraum für den Notfall und Messen der Konformität bei der Installation

Die meisten Betreiber von Datacentern und Netzwerkräumen legen einen Belastungsspielraum fest, der üblicherweise als prozentualer Anteil an der Volllast des Stromkreises ausgedrückt wird. Dieser Spielraum liegt gewöhnlich im Bereich zwischen 60 % und 80 % der Volllast, wobei 75 % als vernünftiger Kompromiss zwischen Leistungskapazität, Kosten und Verfügbarkeit angesehen werden. Um die Konformität zu überprüfen, wird die tatsächliche Belastung des Stromkreises gemessen. Bei diesem Verfahren ergibt sich ein Problem, wenn Systeme dynamische Schwankungen in der Leistungsaufnahme zeigen, da ihre genaue Auslastung zur Zeit der Messung nicht immer bekannt ist. Im Idealfall werden geschützte Systemkomponenten während der Messung in einen Zustand hoher Auslastung versetzt, um die Konformität auch im Notfall zu gewährleisten.

Sicherheitsspielraum für den Notfall und Berechnen der Konformität

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, genaue Aufzeichnungen darüber zu führen, welche Systemkomponenten an welchen Stromkreis angeschlossen sind. Durch einfaches Summieren der angegebenen oder gemessenen maximalen Leistungsaufnahme der Komponenten kann sichergestellt werden, dass ein bestimmter Stromkreis nicht überlastet wird. Informationen über die Maximallast einzelner Systemkomponenten erhalten Sie beim jeweiligen Hersteller (wobei die Angaben oft beträchtlich nach oben abweichen) oder bei UPS-Selektor-Anwendungen wie denjenigen auf www.apcc.com. In großen Hochverfügbarkeits-Datacentern sind detaillierte Aufzeichnungen über alle Stromkreise und die angeschlossenen Geräte unerlässlich. Der Betreiber muss jederzeit darüber Bescheid wissen, welches Gerät an welchen Stromkreis angeschlossen ist. In vielen Serverräumen und kleineren Datacentern ist jedoch eine ausreichende Kontrolle der Benutzer nicht möglich. Hier werden oft Systemkomponenten ausgetauscht oder an ein anderes Gerät bzw. einen anderen Stromkreis angeschlossen. Aus diesem Grund ist die genannte Maßnahme für viele Installationen nicht praktikabel.

Der Spielraum sollte so bemessen sein, dass auch eine dynamische Zunahme der Leistungsaufnahme aufgefangen wird. So ließe sich beispielsweise festlegen, dass die gemessene Stromkreislast einen Wert von 35 % der Volllast nicht überschreiten darf, wenn sich die Systemkomponenten im Leerlauf befinden.

Sicherheitsspielraum für den Notfall und laufendes Überwachen der Konformität

Bei diesem Verfahren werden Sicherheitsspielräume eingerichtet und alle Stromkreise laufend von einem automatischen System überwacht. Erreicht die Stromkreislast den Sicherheitsspielraum, werden Warnungen ausgegeben. Bei einem Stromkreis, der beispielsweise zu 60 % belastet werden darf, schlägt das Überwachungssystem Alarm, sobald die Last 60 % überschreitet. Der Sicherheitsspielraum sollte so bemessen sein, dass der Betreiber ausreichend Zeit hat, Maßnahmen zur Behebung des Problems zu ergreifen, bevor eine Überlastung auftritt. Dieses Verfahren kann in Verbindung mit den zuvor beschriebenen Maßnahmen eingesetzt werden. Sein großer Vorteil besteht darin, dass es in Umgebungen anwendbar ist, in denen Benutzer häufig und ohne Wissen des Betreibers Systemkomponenten an andere Geräte oder Stromkreise anschließen (ein Verhalten, das besonders in Serverräumen, Co-Location-Einrichtungen und Datacentern ohne ausreichende Sicherheitsstandards üblich ist). Das Verfahren warnt auch vor einem drohenden Redundanzverlust. Es stellt für den Betreiber eines Datacenters die beste Möglichkeit dar, dynamischen Leistungsschwankungen in Umgebungen zu begegnen, die andauernden Veränderungen unterworfen sind.

Ergebnisse

Der Prozentsatz der IT-Geräte in Datacentern und Serverräumen, deren Leistungsaufnahme unmittelbar mit der wechselnden Auslastung zusammenhängt, nimmt kontinuierlich zu. Daraus ergibt sich eine Reihe unvorhergesehener Probleme für die Betreiber von Datacentern. Die Verfahren, mit denen der Gefahr der Überlastung bisher begegnet wurde, müssen an die neuen Gegebenheiten angepasst werden. Durch vorausschauende Planung und aufmerksame Überwachung der Leistungsaufnahme, auch an dem Sicherungsautomatenstromkreis, kann die Verfügbarkeit bereits vorhandener und neuer Einrichtungen sichergestellt werden, in denen eine große Anzahl von Servern installiert werden soll.

Über den Autor:

Jim Spitaels ist beratender Ingenieur bei APC. Er graduierte am Worcester Polytechnic Institute zum Bachelor und Master in Elektrotechnik. Während seiner 14-jährigen Tätigkeit bei APC entwickelte er USVen, Kommunikationsprodukte, Architekturen, Protokolle, Stromverteiler und Gehäuse für Systemkomponenten. Daneben war er Leiter mehrerer Entwicklungsteams. Jim ist außerdem Inhaber von 3 US-Patenten im Bereich USV und Stromversorgung.