

Energia e futura Internet

Gergö Lovász, Florian Niedermeier, Andreas Berl e Hermann de Meer, Universidade de Passau (Alemanha)

Uma das preocupações com relação ao futuro da Internet diz respeito ao elevado consumo de energia da infraestrutura, que inclui a alimentação de servidores e equipamentos de rede, assim como o sistema de refrigeração necessário para resfriar o hardware utilizado. Um consórcio de seis universidades da Alemanha vem estudando formas de amenizar esse cenário.

A infraestrutura do G-Lab (Germany Lab, consórcio de seis universidades da Alemanha formado para estudar o futuro da Internet) consiste, atualmente, de aproximadamente de 170 nós. Da mesma forma que outras infraestruturas de TI, a G-Lab é superdimensionada para lidar com picos de carga que ocorrem espontaneamente e com demandas futuras. Portanto, a utilização média de um nó G-Lab é de cerca de 10% a 20% em relação à CPU e à carga de rede, o que significa que a G-Lab é subutilizada na maior parte do tempo. Infelizmente, serviços subutilizados ou ociosos (com apenas o sistema operacional funcionando) consomem até 70% de seu gasto de energia máximo possível, definido pelo nó padrão da infraestrutura G-Lab. O consumo de energia em estado ocioso é de aproximadamente 250 W, enquanto o consumo de energia a plena carga é de 363 W, o que corresponde a 69% do consumo máximo de energia. Isso indica um alto potencial de economia de energia na infraestrutura do G-Lab, assim como nas infraestruturas da Internet futura, em geral. Este artigo apresenta um sistema de gerenciamento de recursos que leva em conta a energia e o desempenho e que tem por objetivo a alocação dinâmica de

serviços para recursos físicos que vai além das abordagens atualmente aplicadas, que não consideram a energia e cuja consolidação baseia-se na utilização. O gerenciamento de recursos sugerido computa uma alocação de recursos que se baseia em modelos de requisitos de serviço, de um lado, e em modelos de consumo de energia dos recursos físicos, de outro. Dessa forma, o consumo geral de energia do G-Lab (e outras infraestruturas da Internet futura) será minimizado, enquanto os requisitos de serviços são totalmente satisfeitos. É importante observar que as infraestruturas de TI tendem a consistir de dispositivos heterogêneos, em termos de desempenho e consumo de energia. Essa heterogeneidade leva a uma situação desafiadora com relação ao gerenciamento de recursos, que precisa resolver uma variante do problema de empacotamento de vetores multidimensionais de tamanhos variáveis. Em contraste com essa heterogeneidade das infraestruturas de TI, os nós da infraestrutura G-Lab são bastante homogêneos. Portanto, o G-Lab representa um ambiente simplificado, que facilita a alocação de recursos. A virtualização de serviços é fundamental para o gerenciamento de recursos com eficiência energética, uma vez que a

virtualização dos recursos permite uma alocação flexível e transparente de recursos físicos em serviços virtualizados. Usa-se a virtualização do sistema em G-Lab para criar máquinas virtuais, capazes de encapsular serviços como, por exemplo, o software PlanetLab. Essa virtualização permite uma migração perfeita de serviços virtualizados e, portanto, promove a consolidação de vários serviços em um único nó.

Quando os serviços são consolidados em um pequeno número de nós, podem-se desligar outros nós para economizar energia. A principal questão que surge nesse procedimento é a seguinte: em que *host* um determinado serviço virtualizado precisa ser processado para atingir o mínimo consumo possível de energia dentro da infraestrutura supervisionada (por exemplo, dentro de um banco de dados G-Lab). O consumo de energia da infraestrutura inclui o consumo de energia de servidores e equipamentos de rede, assim como a energia consumida pelo sistema de refrigeração necessário para resfriar o hardware utilizado. Ao mesmo tempo, deve haver garantia de que os requisitos de recursos de serviços sejam totalmente satisfeitos. Esses requisitos são, por exemplo, tempo de CPU, RAM, taxa E/S e largura de banda da rede.

Gerenciamento de recursos considerando a energia

Além da abordagem de virtualização necessária para permitir uma migração perfeita e a consolidação de serviços na infraestrutura de TI gerenciada, o sistema de gerenciamento de recursos sugerido, que considera energia e desempenho, consiste de três módulos:

- É necessário um módulo que permita monitorar os parâmetros de relevância energética de serviços virtualizados e hardware físico na infraestrutura de TI supervisionada. Além disso, permite a verificação de conformidade do desempenho com os acordos de nível de serviço.

- O módulo analisador interpreta o estado atual da infraestrutura de TI e seus serviços virtualizados. Se as mudanças excederem um limite especificado, o módulo analisador relata a mudança ao módulo otimizador para iniciar uma mudança da alocação de recursos naquele momento. Além disso, o módulo analisador armazena informações relevantes do monitoramento e mudanças de estado em um banco de dados específico. Esses dados são úteis para a construção de perfis de utilização de recursos e características dinâmicas de dispositivos (por exemplo, calor ou velocidade do ventilador), que se baseiam em estados históricos e atuais dos serviços virtualizados e da infraestrutura física.

- O módulo otimizador calcula as alocações ótimas de energia de recursos físicos para serviços virtualizados que não violem os requisitos de recursos dos serviços. A alocação de recursos modela-se como uma variante do problema de empacotamento de vetor multidimensional de tamanho variável. Representam-se os serviços como hipercubos e os servidores como hipercaixas. Cada borda do hipercubo representa um requisito de recurso do serviço. O comprimento da borda indica quanto do recurso o serviço requer. De modo similar, as bordas das caixas representam os recursos de servidores, por exemplo, ciclos de CPU ou RAM. O comprimento da borda de uma caixa corresponde à quantidade total do recurso físico que representa. A cada caixa é atribuída uma função de custo que computa o consumo de energia do servidor representado. O objetivo do problema de pacotes é empacotar o hipercubo nas hipercaixas, de modo que se minimize a soma de todas as funções de custo. De um lado, são necessários modelos de requisitos de serviços para definir os hipercubos. Com base no perfil de utilização do recurso de um serviço e nos dados do monitoramento, o modelo de requisito do serviço estima a geração de carga futura do serviço e determina

o tamanho do hipercubo que o representa. De outro lado, são usadas as funções de consumo de energia de diferentes componentes do servidor como funções de custo para as caixas. Elas estimam a energia consumida pelo servidor representado com base nas características de seu hardware e nos hipercubos que estão dentro da caixa. O servidor representado determina o tamanho da caixa. Além disso, o

módulo otimizador fornece mecanismos para iniciar migrações de serviços virtualizados, para desligar/hibernar hardware e também para ligar o hardware outra vez, se necessário.

A figura 1 ilustra todos os componentes descritos no contexto da infraestrutura G-Lab. A camada física representa o hardware físico da infraestrutura G-Lab sem virtualização e indica os diferentes estados de energia do hardware do servidor. A camada virtual tem o papel de uma contraparte virtual da infraestrutura física. Os usuários da infraestrutura interagem somente com nós

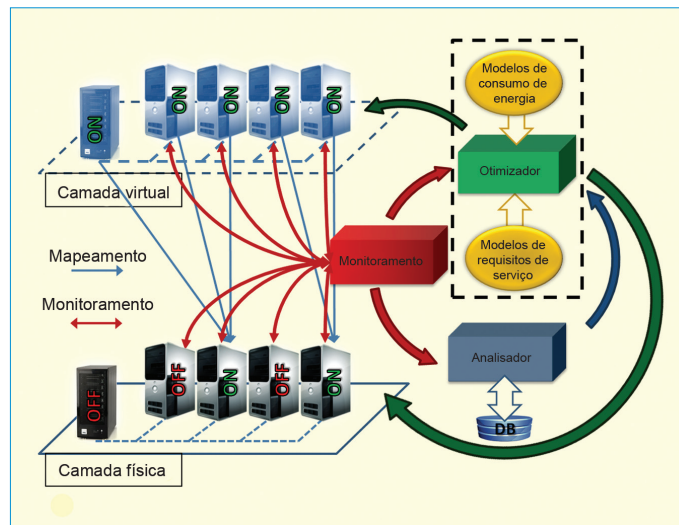


Fig. 1 - Esquema de gerenciamento Ener-G

virtualizados e não têm conhecimento da virtualização ou da presença de uma camada de infraestrutura física subjacente. O gerenciamento que considera a energia interage tanto com a camada física quanto com a camada virtual.

Em particular, está em foco neste artigo o componente otimizador. Com base nos modelos de consumo de energia e nos modelos de requisitos de recursos, esse componente deve estimar o consumo de energia de todos os mapeamentos de recursos

possíveis na infraestrutura de informação e de telecomunicações e escolher o mapeamento ótimo de energia (ou quase ótimo) de recursos físicos para serviços virtualizados. Para a estimativa do consumo de energia de diferentes mapeamentos, usam-se os modelos de consumo de energia e os modelos de requisito de recursos que modelam as camadas física e virtual da infraestrutura de TI. Como exemplo, o otimizador precisa decidir se há maior

eficiência de energia no processamento de 20 serviços virtualizados em três servidores de alta eficiência energética ou em dois servidores menos eficientes com melhor desempenho.

Para encontrar um mapeamento de energia ótimo, são necessárias heurísticas que resolvam uma variante do problema NP – difícil de empacotar um vetor de tamanho variável e multidimensional. É importante observar que a migração dos serviços virtualizados tem alto

custo: de um lado, consome desempenho em termos de ciclos de CPU e carga de rede e, de outro lado, custa energia adicional. Portanto, é necessário que se consiga um mapeamento de energia ótimo, ao mesmo tempo em que produz a menor quantidade possível de migrações dentro do sistema.

Resultados esperados

O resultado esperado da aplicação do esquema de gerenciamento Ener-G é uma significativa redução do consumo de energia da infraestrutura de TI supervisionada. Reduz-se o consumo de energia em dois passos: primeiro, aplica-se uma consolidação direta, que reúna os serviços com o uso de uma abordagem de empacotamento de vetor adequada. Esse tipo de consolidação já reduzirá significativamente o consumo de energia no G-Lab, uma vez que se pode

desligar uma parte dos servidores. Em um segundo passo, aplica-se um gerenciamento totalmente consciente da energia e do desempenho, que considera a utilização do serviço, assim como o consumo de energia do hardware. Aqui, espera-se uma redução de energia ainda maior.

Especialmente em infraestruturas heterogêneas (como as infraestruturas da Internet futura podem ser), espera-se uma redução do consumo de energia alcançada por uma abordagem de empacotamento de vetor de ajuste perfeito.

REFERÊNCIAS

- [1] Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V., Energieeffizienz im Rechenzentrum Band 2, 2008.
- [2] Paul Müller, Dennis Schwerdel and Robert Henjes, G-Lab Experimental Facility. G-Lab Status Meeting, Fev./2011.
- [3] David Meisner, Brian T. Gold, and Thomas F. Wenisch. PowerNap: eliminating server idle power. In Soffa and Irwin Mary Lou Soffa and Mary Jane Irwin, editors. 14 International Conference on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems, ASPLOS 2009, EUA, Mar./2009.
- [4] Mary Lou Soffa and Mary Jane Irwin, editors. 14th International Conference on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems, ASPLOS 2009, Washington, DC, EUA, Mar./2009.
- [5] <http://www.sun.com/servers/x64/x4150/datasheet.pdf>, 31.05.2011
- [6] Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V., Energieeffizienz im Rechenzentrum Band 2, 2008.