

Investigador: Esteban de Jesús Rodríguez Brljevich

Investigadores asociados:

M.Sc. Gustavo Alkmim, Instituto de Computación, Universidad Estatal de Campinas.

Ph.D. Daniel M. Batista, Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad de São Paulo.

Ph.D. Nelson Luis Saldanha da Fonseca, Instituto de Computación, Universidad Estatal de Campinas.

Centro de Investigación: Universidad Estatal de Campinas

Nombre completo de la investigación: Mapeo de Redes Virtuales Energéticamente Eficientes

Resumen

La reducción del consumo de energía se ha convertido en un tema crucial para la subsistencia del planeta, además de ser un tema de interés a nivel de ingeniería y de mercadeo. En los últimos años se ha considerado la eficiencia energética en el desarrollo de sistemas de información. El impacto de las emisiones de gas y el efecto invernadero tienen un impacto fuerte en el ambiente y en el clima.

En los últimos años, el consumo de energía en compañías de telecomunicación y proveedores de servicio de internet ha incrementado por causa de la proliferación del acceso a bandas anchas y mayor oferta de servicios. El incremento del volumen de tráfico de internet se duplica aproximadamente cada 18 meses según la ley de Moore, mientras que la eficiencia energética de tecnologías de silicio mejoran a un factor de 1.65 por cada 18 meses. Esto implica que hay un crecimiento constante en el consumo de energía relacionado a las telecomunicaciones, y se espera que siga en incremento.

La expansión de Internet ha sido posible gracias a su diseño minimalista e independencia de tecnología en diferentes capas. El núcleo de Internet fue diseñado para ser simple, utilizando la pila de protocolos TCP/IP. Esto ha tenido como consecuencia la necesidad de abordar el tema de rellenar funcionalidad no existente en su diseño original. Una solución a este problema es la virtualización de redes.

Uno de los retos de la virtualización de redes es la asignación eficiente de redes virtuales en redes físicas. Esta asignación determina los recursos físicos que deben ser utilizados para asignar un recurso virtual. La asignación previamente mencionada en su forma óptima conlleva a un problema NP-duro.

Avances en hardware han permitido el diseño de redes energéticamente eficientes adoptando tecnologías de operación de consumo sobre demanda. Técnicas empleadas en capas físicas permiten que la transmisión de datos sea energéticamente más eficiente. Se

espera que se continúen realizando avances y desarrollo a nivel de arquitectura. Esto hace que la virtualización de redes tenga un rol fundamental en el uso de elementos físicos de una forma más eficiente, reutilizando elementos previamente existentes y previniendo la adquisición de nuevos dispositivos.

El uso de virtualización y redes energéticamente eficientes ha permitido que varias compañías empleen estrategia para la mejora de consumo de energía, incluidas Google, Amazon, el Servicio Postal de los Estados Unidos (USPS) entre otras.

El problema del mapeamiento de redes virtuales sobre redes físicas es abordado en varios trabajos, los cuales exploran la posibilidad de optimizar el consumo de ancho de banda para realizar esta asignación de forma eficiente. Muchas de estas estrategias no contemplan el costo del consumo de energía. Es necesario tomar en consideración un modelo que contemple el uso de consumo de energía, en costos de usos de enlaces y enrutadores.

El uso de tecnologías de migración en vivo también han demostrado ser técnicas efectivas para la optimización de consumo de energía. Migración en vivo permite que recursos sean reasignados para apagar elementos prendido, permitiendo economías energéticas mayores.

El presente trabajo evalúa la posibilidad de uso de redes virtuales para reducir el consumo de energía en redes de núcleo, proponiendo algoritmos de optimización de energía y asignación de recursos. El trabajo formula y extiende el problema de la asignación de redes virtuales en redes físicas con la finalidad de reducir el consumo de energía, e introduce técnicas de migración de energía para mejorar más el consumo de energía en redes de núcleo.

Descripción del Trabajo Realizado

Se toma como base el trabajo realizado por [Alkmim], el cual consiste en la asignación de recursos virtuales sobre redes físicas para la optimización de ancho de banda. El trabajo de [Alkmim] considera el modelo de una red física con instancias virtuales las cuales tienen un tiempo de vida. Estas instancias virtuales consumen elementos físicos, y se realiza el mapeo de los recursos por medio de una formulación de Programación Lineal Entera con heurísticas para reducir la complejidad del problema a nivel computacional.

Desarrollo de Generadores de Topologías de Redes

Para poder realizar y mejorar los modelos existentes de generación de escenarios de redes, se realiza un estudio sobre las herramientas utilizadas para la creación de topologías de redes, tanto para escenarios físicos como virtuales. Se descubrió que los escenarios planteados tanto para esta investigación como para varias investigaciones realizadas en el laboratorio podrían mejorar sustancialmente, y en el caso de la investigación actual se consiguió la creación de escenarios mucho más cercanos a topologías del mundo real.

Modelo de Consumo de Energía

El trabajo base no contaba con un modelaje de consumo de energía. El modelo actual tomaba en consideración el uso de ancho de banda, el uso de núcleos en enrutadores para la asignación de instancias virtuales, ancho de banda disponible, ancho de banda de demanda entre otros aspectos. Tras una evaluación de varios reportes técnicos y especificaciones de fabricante de equipo utilizado en redes de núcleo, se toman las siguientes consideraciones:

- Consumo de energía de chasis: Se toma en consideración que cada enrutador tiene un costo por estar prendido. Este costo de energía es muy importante y considera una gran parte del consumo de energía en redes.
- Consumo de energía de núcleos: Se considera que cada instancia virtual toma en consideración un costo de energía, que es el costo por prender cada uno de los núcleos para asignar redes virtuales.
- Consumo de energía de enlaces: Costo de energía por enlace el cual depende del tamaño de cada enlace y la cantidad de tráfico que pasa por cada enlace.

Formulación de Algoritmo de Mapeo

Se expandió el algoritmo de mapeo ya existente que no tomaba en consideración elementos de consumo de energía, para utilizar variables que atan la asignación de recursos con un costo energético por cada elemento que se utiliza. De esa forma, el modelo da prioridad a elementos que ya están prendidos para tratar de asignar recursos virtuales a recursos prendidos y de esa forma tener un mejor aprovechamiento de los dispositivos que ya se encuentran prendidos en redes.

Implementación de Migración en vivo durante la simulación

La implementación existente toma en consideración escenarios donde se crean redes virtuales, son instanciadas y después de cierto tiempo, estas peticiones mueren y son liberadas. Se determinó que existe una posibilidad de ahorro de energía en el momento que muere una instancia virtual, ya que es posible observar los elementos que ya se encuentran asignados, liberarlos temporalmente y colocarlos en elementos que ya se encuentran prendidos. Esto puede permitirnos un potencial de economía de energía mayor, ya que permite apagar los elementos que previamente fueron utilizados en un pedido anterior. Se desarrollaron los pasos necesarios para implementar los eventos de liberación temporal de recursos y el mapeo de elementos.

Formulación de Algoritmos de Migración

Para volver a mapear los elementos que fueron previamente asignados, es necesario utilizar un algoritmo para determinar cuáles redes virtuales deben ser utilizadas. Para fines comparativos, se utiliza una estrategia para liberar todas las instancias virtuales de la red y volver a asignarlas. Idealmente, se propone una estrategia para remover las instancias virtuales de los elementos que fueron utilizados recientemente, o sea, de los nodos físicos que contuvieron una instancia virtual la cual fue finalizada. Como estos son elementos que tienen menos recursos asignados, es posible encontrar algún elemento físico que contiene espacio para asignar estas peticiones.

Resultados y Conclusiones

La virtualización de redes es una técnica prometedora para resolver muchos de los problemas que han surgido en redes de Internet y tiene su lugar en el Internet del Futuro. Es crucial para el ahorro de consumo de energía para llegar a una Internet más verde.

Este trabajo presenta algoritmos para la reducción de consumo de energía en redes virtuales. Se desarrolló un modelo para mapeo de redes virtuales sobre redes físicas con el objetivo de minimizar consumo de energía garantizando restricciones de calidad de servicio. Este modelo se basa en formulaciones de Programación Lineal Entera y considera parámetros realistas no tomados en consideración en trabajos previos. Propone el uso de migración libre para reducir consumo de energía.

La contribución principal de este trabajo es la consideración de parámetros omitidos para el problema del mapeo de redes virtuales en redes físicas. Se considera que existen imágenes preconfiguradas para cada enrutador virtual, el cual permite que se instancia de manera rápida. Cada enrutador virtual toma en consideración una imagen física, y restricciones de tiempo para garantizar calidad de servicio. Se desarrolló una heurística de programación lineal entera para reducir el tiempo de ejecución de los algoritmos, y se compara con una solución que no reduce consumo de energía. Los resultados muestran que en algunos casos se obtiene una economía de hasta un 50%, y de un 18% en escenarios que no se toma en consideración la migración en vivo. Estas técnicas responden a una demanda de aumento de consumo de energía en redes. Pueden utilizarse en las tendencias de virtualización, las cuales requieren tomar en consideración su alta demanda de consumo eléctrico.

El trabajo de la presente investigación fue presentado en las siguientes publicaciones:

- E. Rodriguez, G. P. Alkmim, D. M. Batista, and N. L. S. Fonseca. Green Virtualized Networks. In Proceedings of the IEEE International Conference on Communications (ICC), pages 1–5, 2012.
- Rodriguez E., Alkmim G. P., D. M. Batista, and N. L. S. Fonseca. Mapeamento energeticamente eficiente de redes virtuais em substratos fisicos. In Proceedings of the XXX Simposio Brasileiro de Redes de Computadores, pages 1–14, Ouro Preto,

Minas Gerais, Brasil, 2012. SBC.

- E. Rodriguez, G. P. Alkmim, D. M. Batista, and N. L. S. Fonseca. Live Migration in Green Virtualized Networks. In Proceedings of the IEEE International Conference on Communications (ICC), pages 1–5, 2013.

- E. Rodriguez, G. Alkmim, D.M. Batista, and N.L.S. da Fonseca. Trade-off between bandwidth and energy consumption minimization in virtual network mapping. In Communications (LATINCOM), 2012 IEEE Latin-America Conference on, pages 1–6, 2012.

- E. Rodriguez, G. Prado Alkmim, D. Macedo Batista, and N.L. Saldanha da Fonseca. Trade-off between bandwidth and energy consumption minimization in virtual network mapping. Latin America Transactions, IEEE (Revista IEEE America Latina), 11(3):983–988, 2013.