**Cost-Efficiency Comparison of na ARM Cluster & Intel Server**

**Resumo** - Os requisitos de processamento de dados podem ser atendidos usando um pequeno grupo de processadores rápidos complexos ou um grande número de processadores de custo extremamente baixo e baixo consumo de energia. Este papel compara empiricamente a relação custo-benefício desses dois paradigmas de computação e avalia a hipótese de que a solução de processador de baixo custo é mais econômica. O grupo de controle consiste em dados obtidos de um servidor Intel tradicional (2 CPUs Intel Xeon) e o grupo experimental consiste em dados obtidos de um cluster ARM - 6 Orange Pi de baixo custo, computadores de placa única usando processadores ARM. O ARM cluster foi considerado significativamente mais eficiente em termos de custos do que o servidor Intel tradicional.

**1 Introdução**

As necessidades de computação podem ser atendidas usando uma variedade de soluções de hardware. O custo é normalmente um fator chave e este é especialmente verdadeiro para tarefas massivas de processamento de dados, como indexando a World Wide Web. Neste artigo, comparamos a eficiência de custo de duas soluções de computação muito diferentes: a cluster de processadores ARM de baixo custo versus um muito menor número de servidores Intel rápidos, mas mais caros. Indústria normalmente favorece a solução Intel, mas hipotetizamos que a solução ARM é mais econômica. Trabalhos anteriores mostraram resultados mistos. Um estudo indicou que os processadores ARM não são tão eficientes em tarefas de computação de alto desempenho [2]. No entanto, outro estudo demonstrou que algumas tarefas de computação de propósito são mais eficientes ao usar o Processadores ARM [3].

Empresas como o Google precisam processar constantemente páginas da web, a fim de manter um banco de dados atualizado para apoiar pesquisas na web [4]. Processando este influxo constante de páginas da web novas ou modificadas requerem uma grande quantidade de poder de processamento e, portanto, a indexação da página da web é um elemento relevante e importante tarefa de processamento de dados. Neste artigo, usamos uma web tarefa de indexação como nosso benchmark de processamento para comparar a relação custo-eficácia das soluções ARM e Intel.

Para este estudo, construímos um cluster ARM usando 6 Computadores de placa única Orange Pi One (SBCs) e comparou seu desempenho com o de um servidor Intel. A tarefa de indexação de página da web de referência foi executada em ambas soluções de computação e a eficiência de custo para cada solução foi determinada. Nossos resultados indicam que o cluster ARM é significativamente mais econômica do que a solução de servidor Intel.

Este artigo está organizado da seguinte forma. Seção 2 descreve as duas arquiteturas de processador que são avaliadas, bem como o design do cluster. Seção 3 fornece uma descrição detalhada da tarefa de indexação da web de referência e a Seção 4 fornece nossos resultados principais. Nossa conclusão encontra-se na Seção 5.

**2 Arquiteturas de processador**

Nesta seção, comparamos as microarquiteturas atuais da Intel e ARM Cortex-A7, bem como descrevemos o computador de placa única escolhido para a comparação. O Orange Pi One (veja a Figura 1) foi escolhido como nossa solução de baixo custo porque cada unidade custa apenas $ 9,99, tem um desempenho razoável devido aos seus quatro núcleos ARM Cortex-A7 e sua Ethernet 100M oferece recursos de rede decentes.

Originalmente projetado como uma arquitetura multicore de baixo consumo de energia para smartphones / tablets Android, o ARM Cortex-A7 usa um pipeline minimalista, a fim de lidar com eficiência com um grande número de tarefas em segundo plano de baixa atividade. Isso está em contraste com os processadores Intel, que são projetados para lidar com um menor número de tarefas de primeiro plano de alta intensidade, com um profundo pipeline e caches L2 individuais para cada núcleo. No entanto, o design profundamente desenvolvido do processador Intel pode diminuir desempenho ao lidar com um grande número de tarefas. A indexação de páginas da web envolve um grande número de tarefas de execução simultânea - com centenas ou até milhares de threads – e, portanto, o processador ARM pode ser melhor projetado para tal tarefas. A Tabela 1 fornece algumas informações detalhadas sobre ambos processadores.

O cluster ARM usa 6 computadores de placa única Orange Pi One (SBCs). Cada um desses Orange Pi Ones tem 4 núcleos ARM Cortex-A7, coprocessadores diversos, uma porta de rede Cat-5, 512 MB de RAM e uma GPU (não utilizada). Os Orange Pi Ones não têm fãs; em vez disso, eles são resfriados passivamente. Um hub de rede de 8 portas é usado para conectar esses SBCs e fornece acesso à Internet. O cluster ARM construído tem um custo total de $ 200. O servidor Intel usa 2 processadores QuadCore Intel Xeon e é resfriado ativamente. O servidor Intel usado neste estudo tem um custo total de $ 2.535. Uma diferença importante entre a solução ARM e Intel é que para a solução ARM os periféricos (mais importante, o controlador de rede) são integrados diretamente no SoC do Orange Pi One, enquanto para o servidor Intel eles são conectados por PCIe. Isso dá ao Orange Pi One e ao ARM solução de maior desempenho ao acessar periféricos (ou seja, rede), o que é importante para a tarefa de benchmarking de nossas páginas da web que requer acesso intensivo à rede.

Em termos de recursos, as soluções ARM e Intel são muito semelhantes. Ambos suportam virtualização acelerada por hardware. Todos os processadores ARM Cortex-A têm suporte para esse recurso - mesmo aqueles projetados para smartwatches e decodificadores. O SoC usado no Orange Pi One e na CPU Intel suporta aceleração para o algoritmo de criptografia AES. O SoC no Orange Pi One também oferece suporte a vários outros algoritmos criptográficos comuns.

**3 Benchmark**

A fim de comparar a eficácia de custo das duas soluções de computação, um programa de referência foi escrito para indexar as páginas da Wikipedia. A Wikipedia foi escolhida por sua estrutura de página relativamente uniforme e tempos de ping confiáveis, bem como sua riqueza de URLs disponíveis para extração. O programa de indexação foi escrito no Google Go [1] porque possui um tokenizer HTML eficiente e um sistema de simultaneidade eficiente que permite lidar com o grande número de páginas que devem ser indexadas simultaneamente.

Esse processo de indexação, mostrado na Figura 2, ocorre na sequência a seguir. Primeiro, o link é enviado ao indexador (segundo retângulo da parte inferior na segunda coluna da Figura 2). Em seguida, o indexador extrai o título da página da web, uma lista de palavras, bem como sua frequência de ocorrência, uma lista de títulos, uma lista de parágrafos de texto e uma lista de hiperlinks junto com o texto associado que os descreve. Os dados da página resultante são então enviados para o recurso da página, que itera através dos links e envia os links da Wikipedia para o distribuidor de hash. O distribuidor de hash então faz o hash dos links e o valor do hash é usado para rotear os links para o nó apropriado (o servidor Intel ou um dos Orange Pi Ones). Em seguida, os desduplicadores armazenam uma lista de links para evitar que sejam reindexados repetidamente. Os links que não foram indexados anteriormente são colocados em um buffer. A saída desse buffer é automaticamente distribuída entre todos os nós. Esses links são então enviados aos indexadores e o processo continua. Todos os canais (as setas rotuladas na Figura 2) são armazenados em buffer para evitar que qualquer parte do pipeline de indexação precise esperar por mais trabalho.

O indexador foi iniciado e então executado por 2 minutos. Após 2 minutos, o número de links processados era registrado para cada nó e enviado ao nó de controle, que o salvava em um arquivo. Todos os dados enviados pela rede foram codificados com gob (um protocolo binário de alto desempenho para Google Go).

O programa de benchmark é executado 12 vezes no servidor Intel e no cluster ARM. No servidor Intel, 200 páginas foram indexadas simultaneamente por núcleo, enquanto no cluster ARM, 10 páginas foram indexadas simultaneamente por núcleo. Esses valores foram selecionados porque determinamos que eles eram os valores mais altos que não levaram a tempos limite de conexão.

**4 Resultados**

O benchmark foi executado 12 vezes no cluster ARM e no servidor Intel para obter um tamanho de amostra suficiente para análise estatística. Depois que as corridas de benchmark foram concluídas, os resultados foram registrados e analisados. Os resultados das 12 execuções são exibidos na Tabela 2. O campo “Páginas” especifica o número total de páginas indexadas no período de 2 minutos. A velocidade em páginas por segundo (páginas / s) foi calculada dividindo o número total de páginas indexadas neste período de dois minutos por 120. Finalmente, a eficácia de custo ($ / página / s) foi calculada dividindo o custo da solução de computação pela velocidade em Pages / s. Lembre-se de que o custo do cluster ARM é de $ 200 e o custo do servidor Intel é de $ 2.535.

Os resultados da Tabela 2 mostram que, apesar de ser aproximadamente 13 vezes ($ 2535 / $ 200) mais caro do que o cluster ARM, o servidor Intel é em média apenas ~ 2,5x mais rápido (161,72 / 65,71). Portanto, o cluster ARM é 5,13 (15,80 / 3,08) vezes mais econômico do que o servidor Intel. Para corresponder à eficácia de custo do servidor Intel, o cluster ARM precisaria ser atualizado para acomodar 15 Orange Pi One SBCs - o que custaria apenas $ 362,13.

A Tabela 3 mostra o resumo das estatísticas de eficácia de custo ao longo das 12 execuções. Claramente, o custo médio por unidade de trabalho para a solução ARM é muito menor do que para a solução Intel. Um teste t bicaudal indica que os resultados são estatisticamente significativos com p = 8,3 × 10-13.

**5 Conclusão**

Esta pesquisa mostra que para tarefas de computação de desempenho geral (que envolvem processamento de dados de rede em vez de processamento matemático intenso), o ARM Cortex-A7 é mais econômico do que os processadores Intel. A indústria pode estar finalmente pronta para explorar essa vantagem. Muito recentemente (enquanto este estudo estava sendo conduzido), uma empresa de computação em nuvem chamada Scaleway adicionou servidores ARM a seus datacenters para fornecer VMs e servidores bare-metal mais baratos do que seus concorrentes. A Scaleway vende servidores ARM com 4 núcleos de CPU, 2 GB de memória e 50 GB de SSD por € 2,99 / mês (US $ 3,27 / mês no momento da escrita), tanto como bare-metal ou uma máquina virtual. No entanto, a Scaleway tem apenas datacenters em Paris e Amsterdã, e muito poucas outras grandes empresas de hospedagem em nuvem adotaram servidores ARM.

Existem também muitas outras características dos processadores ARM que podem funcionar bem em grande escala, incluindo baixo consumo de energia, baixa produção de calor e baixos requisitos de manutenção de hardware. A ARM também lançou um novo núcleo (ARM Cortex-A35) que é mais rápido e eficiente que o Cortex-A7. Isso provavelmente tornará o ARM ainda mais econômico do que a solução Intel, mas nenhum dispositivo está disponível usando este núcleo no momento em que este artigo foi escrito. Existem também muitos outros SBCs e núcleos ARM que podem ser comparados.