

# Seleção de pares em redes de sobreposição usando critérios de localização geográfica

Adriano Fiorese<sup>1,2</sup>,

<sup>1</sup>Department of Computer Science – DCC  
State University of Santa Catarina - UDESC  
89233-100 Joinville, SC, Brazil  
fiorese@joinville.udesc.br

Paulo Simões<sup>2</sup>, and Fernando Boavida<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Centre for Informatics and Systems of the University of Coimbra - CISUC  
Department of Informatics Engineering - DEI  
University of Coimbra - UC  
{fiorese, psimoes, boavida}@dei.uc.pt

**Resumo**—Serviços em rede de maneira geral estão cada vez mais sendo disponibilizados por redes de sobreposição atuando de maneira par-a-par. Esta configuração permite aos prestadores de serviço oferecer e executar cooperativamente um conjunto flexível de serviços. Nesse contexto, a seleção dos pares é uma questão chave em termos da otimização do uso dos recursos e da percepção da Qualidade de Experiência por parte dos utilizadores finais. Este trabalho apresenta uma abordagem para a seleção do melhor par em uma arquitetura P2P SON de três níveis, permitindo a separação entre as funções de seleção de pares e as de negócio. Esta separação facilita a implementação e o uso de uma variedade de métricas para seleção de pares que podem ser dependentes do serviço ou de aspectos de Qualidade de Serviço (QoS). A abordagem proposta para seleção do melhor par é avaliada por simulação, usando uma métrica de distância que leva em conta dados reais e é composta por *delay*, *jitter* e posicionamento geográfico dos pares. Os resultados da simulação mostram a consistência e o bom desempenho da abordagem analisada.

**Palavras-chave** – seleção de pares; gestão de serviços; P2P;

## I. INTRODUCTION

Com a utilização de uma rede de sobreposição para serviços (SON) [1][2], um prestador de serviços melhora sua habilidade de tornar disponível um serviço ou componente de serviço. Uma SON actua como uma infra-estrutura onde serviços são publicados/oferecidos e para a qual utilizadores acedem de maneira a seleccionar e usar tais serviços. Esta infra-estrutura deve ser composta e suportada por prestadores de serviço comprometidos com a criação de um ambiente colaborativo/competitivo para a disponibilização e consumo de serviços de rede. Desta forma, um consórcio de prestadores de serviço pode criar uma SON que usa o tecido interconectante da Internet para disponibilizar serviços para uma comunidade usuária maior que a alcançada por um simples e único prestador.

Uma forma de construção deste tipo de SON é a utilização da tecnologia par-a-par (P2P). O uso de tal tecnologia permite a criação de uma sobreposição auto-organizável e, adicionalmente, o compartilhamento dos custos de criação e manutenção entre os prestadores de serviço.

Apesar de facilitar a construção e manutenção das SONs, a tecnologia P2P não garante desempenho adequado a uma série

de operações relacionadas aos serviços, como por exemplo a busca ou mesmo a utilização de um serviço. De forma a maximizar o desempenho da utilização dos serviços, o melhor par, entre todos os potenciais pares que disponibilizam o serviço em questão, deve ser encontrado na rede de sobreposição par-a-par para serviços (P2P SON). Naturalmente, a escolha do melhor par deve levar em consideração um ou mais de um conjunto de parâmetros de QoS, como por exemplo: *delay*, *jitter*, e largura de banda disponível, dentre outros. Desta forma, para minimizar o tráfego entre prestadores e assim reduzir custos para o utilizador e também para o prestador de serviço, a escolha dos pares pertencentes a diferentes e remotos domínios deve ser evitada tanto quanto possível. Assim, localização deve também ser levada em conta quando da escolha de um par pertencente à SON.

Trabalhos anteriores dos mesmos autores [3][4][5] lidaram com a proposição de uma arquitectura para a gestão de serviços em P2P SON. Tal arquitectura, nomeada OMAN, leva em conta a formação da P2P SON por diferentes prestadores de serviço pertencentes a vários domínios de rede diferentes. OMAN usa uma segunda sobreposição, chamada Aggregation Service (AgS), para garantir a busca eficiente de serviços no contexto de P2P SONs multi-domínio. Este artigo trata da proposta e avaliação de um componente de terceiro nível cujo propósito inclui a busca e seleção do melhor par com o qual um par requisitante deve interagir no contexto da P2P SON.

De forma a avaliar o componente Best Peer Selection Service (BPSS), a seguinte abordagem foi seguida: 1) Implementação do BPSS sobre o AgS em um ambiente simulado, usando dados reais de *delay* e dados reais de localização geográfica levantados no contexto do projecto CAIDA [17]; 2) Uso de pares localizados em 5 domínios geográficos diferentes, correspondendo a 5 países europeus diferentes; 3) Análise dos resultados de simulação levando em consideração a distribuição do melhor e do segundo melhor par entre os domínios considerados.

Assim, tendo em mente o objectivo e a abordagem descrita, este artigo é organizado da seguinte maneira: a Secção II discute trabalhos relacionados às SON e seleção de pares. Esta secção também disponibiliza o contexto do contexto do presente trabalho, apresentando brevemente a arquitectura OMAN a qual o componente BPSS pertence. A Secção III

---

Este trabalho foi parcialmente financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) através da bolsa de doutoramento SFRH/BD/45683/2008.

descreve o serviço BPSS proposto. Subsequentemente, a Secção IV apresenta e discute os resultados das simulações, depois de descrever em detalhes os cenários simulados. Finalmente, a Secção V sintetiza as contribuições e apresenta potenciais trabalhos futuros.

## II. TRABALHO RELACIONADO

### A. Redes de Sobreposição de Serviços

De acordo com [1], uma SON é uma rede virtualizada composta de nodos interconectados cujo propósito genérico é disponibilizar a requerida Qualidade de Serviço (QoS) para aplicações que executam nestes nodos. A diferença entre SON e rede *overlay* P2P está relacionada com as funcionalidades de busca e recuperação eficientes disponibilizadas pelas sobreposições P2P. Esta diferença é ressaltada em [1]. A formação da SON não requer a própria infra-estrutura de comunicação, podendo ser realizada através do aluguel de enlaces de comunicação. Nesse contexto, o problema do provisionamento de largura de banda (como um serviço) em uma SON composta por nodos que alugam enlaces, é estudado em [6].

Lavinal et. al. [7] também usaram P2P como base para uma arquitectura SON. Naquele trabalho, os autores estudaram a descoberta de serviços considerando aspectos de QoS. Neste trabalho usamos uma P2P SON como infra-estrutura para a seleção de melhor *peer*.

### B. Seleção de Pares

Haase et. al [8] explora as relações de vizinhança entre pares e o *“expertise”* compartilhado por eles para seleccionar pares. O uso de técnicas de inteligência artificial, como aprendizado de máquina, é outra abordagem para selecção de pares, que também considera o *“expertise”* dos pares. [9]. Este último trabalho busca a adaptação do processo de selecção aos requisitos dos pares.

Em compartilhamento de ficheiros, o problema do *“free-riding”* encoraja a adopção de mecanismos de incentivo como parte do esquema de selecção. Este tipo de sistema considera a justiça entre *uploads* e *downloads* como uma métrica para a selecção do melhor *peer*. O Bittorrent [10] é um exemplo emblemático desses sistemas. Entretanto, nosso esquema não é direccionado a ambientes de compartilhamento de dados (ou ficheiros). Ao contrário, o problema consiste em seleccionar o melhor par que satisfaça os requerimentos do serviço, ex: distribuição de conteúdo, suporte ao conteúdo e conectividade. Dessa forma, neste caso, desempenho ao invés de justiça é usado como princípio. Adicionalmente, diferentemente de aplicações de compartilhamento de ficheiros, nossa abordagem considera o processo de selecção do melhor par para sessões de longa duração, ao contrário dos relativamente curtos e em rajada *downloads/uploads* de pequenas quantidades de dados.

No campo dos serviços de distribuição multimédia, vários trabalhos propondo o uso de P2P como mecanismo de entrega, enfrentam questões associadas com o processo de selecção de pares [11][12]. Guardando similaridade com nossa abordagem, tais trabalhos visam a optimização da escolha dos pares respeitando o princípio do desempenho dos serviços.

Para além disso, o tráfego P2P é uma questão enfrentada por Provedores de Internet (ISPs) e na Internet em geral. De forma a auxiliar ISPs a evitar os custos com a escolha dos melhores pares fora de seus próprios domínios, várias propostas já foram feitas [13][14][15]. Elas advogam a colaboração entre prestadores e aplicações P2P de forma a maximizar o desempenho das aplicações e minimizar os custos para os ISPs. Por outro lado, nosso esquema BPSS selecciona os melhores pares dentro domínio geográfico ao qual o prestador pertence, sempre que possível e sem a necessidade de colaboração explícita entre prestadores de serviço.

### C. OMAN

De forma a contextualizar o BPSS, esta secção apresenta brevemente a arquitectura OMAN que o suporta, e que foi previamente proposta pelos autores em [3][4][5].

OMAN é uma arquitectura P2P SON que trata de aspectos desde a composição da SON até aspectos da interacção entre os serviços e a SON, incluindo como aproveitar a informação ao nível da sobreposição P2P para melhorar os serviços e aplicações. A Fig. 1 apresenta uma visão geral da arquitectura OMAN.

O mais baixo nível da arquitectura trata do nível da P2P SON. Um prestador de serviço pode disponibilizar mais de um par para representá-lo na P2P SON.

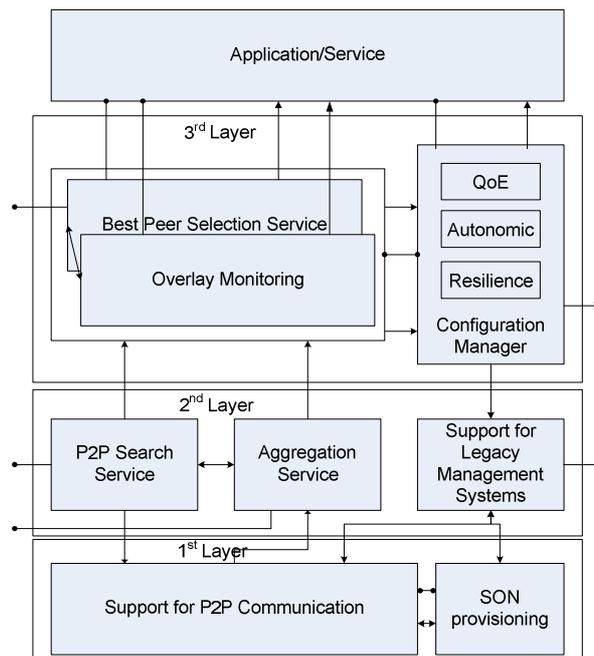


Figura 1. A arquitectura OMAN [5]

O módulo central no segundo nível é o Aggregation Service [3][4]. O AgS é uma sobreposição não estruturada, no sentido de que não há acoplamento forte entre a topologia da sobreposição e a localização/armazenamento da informação. O AgS executa sobre a P2P SON e consiste de pares que pertencem a potenciais prestadores interessados na publicitação e oferecimento de seus serviços.

O propósito do AgS é agregar as publicações de serviços e componentes de serviço. Isso é alcançado através da concentração das publicações nos pares (nós), de forma a facilitar e otimizar o processo de busca pelos serviços.

Os pares que formam a sobreposição P2P AgS são chamados *aggregation peers* (AgS peers). Eles são escolhidos entre os pares que formam a P2P SON, o que faz deles SON peers especializados.

Cada SON peer executa um papel duplo: executa e mantém os serviços (como qualquer outro SON peer); e publica referências dos serviços disponíveis. É de notar que as referências para os serviços são disponibilizadas (i.e., publicadas) para AgS peers de maneira a otimizar a busca. Cada SON peer envolvido no AgS é responsável por várias ofertas de serviço. Uma simples publicação pode ser espalhada por vários AgS peers permitindo redundância para enfrentar o problema da taxa de entrada e saída dos pares na sobreposição (churn). Os SON peers disponibilizam os serviços para entidades externas geralmente localizadas em outros domínios de rede (ex: utilizadores, aplicações de composição de serviço, e outros serviços), indirectamente por meio de interfaces encapsuladas em um template de serviço. O template de serviço também contém referência ao SON peer que publica um serviço em particular. Os SON peers tornam essas interfaces disponíveis através da publicação dos templates em vários aggregation peers no AgS. Estes aggregation peers podem estar localizados no mesmo domínio que os SON peers, ou em domínios diferentes.

A busca por um serviço, usando o AgS resulta em um conjunto de referências a SON peers que oferecem interfaces para os serviços desejados e que correspondem aos critérios de busca. Esse esquema preserva os detalhes internos dos serviços, uma vez que à entidade externa, por ex: utilizador final, prestador de serviço terceiro, etc., é apenas disponibilizados um acesso mediado, e que pode ocultar informações sensíveis e filtrar opções indesejadas.

O AgS é constituído por um número de operações elementares. A Tabela I apresenta as operações chave e as correspondentes mensagens trocadas entre os pares.

O BPSS, por sua vez, é um dos módulos do terceiro nível da arquitectura OMAN. BPSS depende do serviço prestado pelo AgS para seleccionar o melhor peer. A operação do BPSS é detalhada na secção seguinte.

### III. BEST PEER SELECTION SERVICE (BPSS)

O objectivo do (BPSS) é disponibilizar aos SON peers a identificação do melhor par para um serviço em particular com o qual eles desejem interagir, dentro do contexto do oferecimento de serviços disponibilizado por uma P2P SON. Naturalmente, o melhor par depende de vários aspectos, incluindo os objectivos e características do serviço. Uma característica chave para a escolha adequada do melhor par é o desempenho desejado para o serviço. Tal característica não é relacionada apenas aos aspectos mensuráveis de rede como largura de banda, perda de pacotes, delay, etc., mas também à localização geográfica dos pares na rede de suporte da sobreposição.

### A. Visão Geral do BPSS

Como já mencionado, o BPSS é um dos módulos de uma arquitectura desacoplada. Isso significa que os desenvolvedores de serviço podem implementar uma interface com o módulo BPSS de forma a requisitar e receber informação sobre o melhor par para interacção, permitindo a separação entre funções de negócio e a determinação do melhor par. Esse desacoplamento melhora a modularidade e permite a independência de métrica na escolha do melhor par o que acarreta em flexibilidade para o serviço e o sistema em geral.

A Fig. 2 ilustra o uso do BPSS. Nela é possível observar SON peers requisitando ao módulo BPSS, informação sobre o melhor par para um serviço (select\_BP). Na recepção da requisição para o melhor par, o módulo BPSS requisita ao AgS a lista de todos os SON peers que têm um template de serviço para o serviço em questão. Após a recepção desta lista, o módulo BPSS calcula o melhor par e retorna sua referência para o SON peer requisitante. A selecção do melhor par é feita usando uma das métricas seleccionadas/suportadas. Na subsecção B, uma de tais métricas é apresentada.

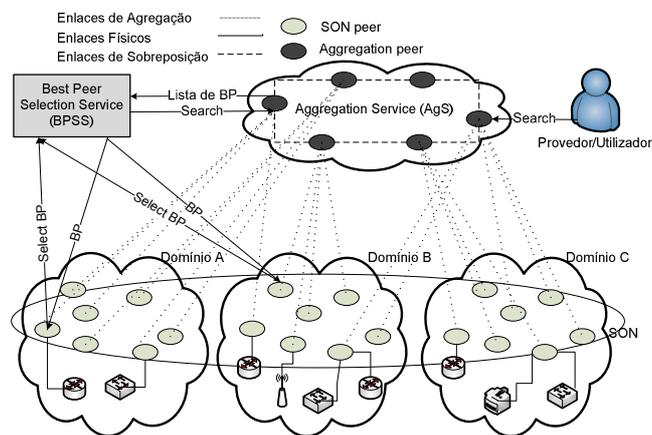


Figura 2. Operação do BPSS

É, entretanto, importante mencionar que com esta abordagem de desacoplamento é possível para uma entidade externa (ex: um utilizador final ou componente de serviço de fora da P2P SON) requisitar uma selecção de melhor par, desde que a requisição seja compatível com a interface do BPSS e a métrica requisitada seja suportada.

### B. Métricas

O serviço BPSS proposto é baseado em uma ou mais métricas de desempenho de serviços para determinar os melhores pares. Em outras palavras, o par oferecido como melhor par deve oferecer interacção otimizada com o serviço ou par requisitante, de acordo com algum critério de desempenho. Apesar de o BPSS garantir independência das métricas, para o propósito da implementação e avaliação uma métrica específica foi usada.

Vários critérios de desempenho podem ser usados para determinar o melhor par. O desempenho de sistemas P2P é geralmente sensível às características de delay da rede de suporte à sobreposição, especialmente da Internet.

TABELA I - TABELA DE OPERAÇÕES E MENSAGENS DO SERVIÇO DE AGREGAÇÃO (AGS)

Operação	Meta	Executor	Mensagem Enviada
Join	Formar o Aggregation Service (AgS).	<i>aggregation peer</i>	JoinMessage enviada pelo par requisitante para seu sucessor e predecessor no overlay.
Leave	Deixar o serviço de agregação de maneira normal.	<i>aggregation peer</i>	LeaveMessage enviada pelo par requisitante ao seu sucessor e predecessor no overlay.
Search	Procurar por um par que provê um serviço ou componente de serviço particular em um determinado domínio.	<i>aggregation peer</i>	SearchMessage enviada pelo par requisitante para seu sucessor na sobreposição em anel. A mensagem é reenviada no sentido horário até que ela atinja sua meta ou atinja o par requisitante.
Publish	Tornar os serviços disponíveis para a busca	SON <i>peer</i>	PublishMessage enviada pelo SON <i>peer</i> para seu(s) <i>aggregation peer(s)</i> , o que torna o(s) serviço(s) público. Uma única PublishMessage é enviada para cada <i>aggregation peer</i> .

Tais características são influenciadas, entre outros factores, pela largura de banda, carga e também localização geográfica. Na verdade, de acordo com [16], a localização geográfica dos pares influencia fortemente no *jitter* e na perda de pacotes. Esta observação revela a necessidade de se levar em consideração a localização geográfica quando do desenvolvimento de um modelo de previsão de *delay*. Assim, tendo isso em vista, os autores de [16] desenvolveram um modelo de previsão do *delay* na Internet que considera a localização geográfica dos nodos e o *delay* entre eles.

Usando um rico conjunto de dados reais obtidos por medição, nomeadamente o *round trip time* (rtt) [17] e o *jitter* no enlace fim-a-fim [18], aqueles autores mapearam os nodos participantes das medidas em um modelo de espaço Euclidiano de 5 dimensões para a Internet, combinando-o com informação sobre posicionamento de rede global [19]. Usando as coordenadas de cada um dos pares neste modelo de 5 dimensões, é possível calcular a distância Euclidiana entre os pares, o que leva em consideração não apenas condições de rede mas também a localização dos pares.

Para o propósito do trabalho apresentado neste artigo, o BPSS usou a métrica de distância mencionada para seleccionar o melhor par para um SON *peer* requisitante.

#### IV. AVALIAÇÃO

Para avaliar o comportamento do BPSS, foi conduzido um estudo envolvendo simulação para observar a distribuição dos melhores pares sobre domínios geográficos bem definidos.

##### A. Simulador Utilizado

O simulador PeerFactSim.KOM [20], baseado em eventos discretos foi utilizado em todas as simulações. Diferentemente dos mais conhecidos simuladores de rede, o PeerFactSim.KOM foi projectado especificamente para simular redes P2P. Entre suas vantagens está o uso de abstrações modulares para camadas de rede e transporte e a utilização de padrões de projecto úteis e bem conhecidos. Estas características facilitam a experimentação e a reutilização de código bem como a manutenção do mesmo.

##### B. Configuração das Simulações

O ambiente de simulação constitui-se de SON *peers* cujos identificadores de rede (endereços IP) estão em bases de dados dos projectos CAIDA [17] e MaxMind GeoIP [21]. Assim, os pares simulados pertencem a domínios geográficos reais.

Ademais, o modelo de *delay* para a Internet, apresentado na secção III.B, foi usado.

Os cenários foram modelados baseados em nodos reais disponíveis no conjunto de dados compilados pelos projectos já mencionados. De forma a executar tais cenários, os pares pertencentes a domínios geográficos específicos de países, foram separados em SON e *aggregation peers*. O número de *aggregation peers* foi de 10% do número total de SON *peers* usados em cada domínio. Assim, se um país tem 50 SON *peers* na P2P SON – o que por exemplo, pode significar que há 50 prestadores de serviço para aquele país – então 5 AgS *peers* pertencentes a aquele país farão parte do AgS. Os domínios geográficos escolhidos foram os seguintes países Europeus: Portugal, Espanha, França, Itália e Alemanha.

As simulações compreenderam 11 conjuntos de simulações individuais. Cada conjunto simulou um número particular de SON e AgS *peers*. O conjunto inicial simulou um cenário com um total de 50 SON *peers*, correspondendo a 10 SON *peers*, escolhidos aleatoriamente, de cada um dos países já mencionados. O segundo conjunto simulado compreende o total de 75 SON *peers* (15 para cada país). Assim, com passos de 25 SON *peers* entre cada cenário simulado, o último cenário compreende 300 SON *peers* para a P2P SON.

##### C. Estratégia de Simulação

Tendo em conta a simplicidade, sem perda de generalidade, um SON *peer* em particular pode publicar no máximo 7 serviços ou componentes de serviço, escolhidos aleatoriamente, (usando distribuição uniforme) no conjunto de serviços  $S=\{S1,S2,S3,S4,S5,S6,S7\}$ . Além disso, cada SON *peer* pode somente publicar seu subconjunto de serviços em no máximo 10 *aggregation peers* distintos, escolhidos aleatoriamente também por meio de uma distribuição uniforme. Todavia, é possível que mais de um SON *peer* possa publicar os mesmos serviços no mesmo ou em diferentes *aggregation peers*.

Foram simuladas 50 horas de trabalho para cada simulação que foi repetida 10 vezes para se obter a média dos resultados. Cada uma delas usou o mesmo cenário e cada operação (ex: *join*, *leave*, *publish*, *search* e *select*) foi especificada no tempo. Cada simulação executou 100 operações de busca, isto é, 100 requisições de seleção de melhor par, uma vez que uma operação de busca (*search*) é lançada por uma requisição de seleção de melhor par.

Os SON *peers* que executam este processo de selecção são escolhidos aleatoriamente usando uma distribuição uniforme. Isto acontece quando o número de SON *peers* compoendo a P2P SON é maior que 100 requisições de melhor par. Caso contrário, cada SON *peer* executa a operação de selecção de melhor par ao menos uma vez.

A interacção entre o SON *peer* requisitante e o SON *peer* seleccionado como o melhor par e como o segundo melhor par foi também realizada. O segundo melhor par é seleccionado da mesma lista de SON *peers* disponibilizada pelo AgS, removendo da mesma o melhor par e repetindo o processo de cálculo da distância.

A grande variedade de tamanhos de P2P SON simulados intenciona abranger desde cenários com poucos prestadores de serviço (ex: pequenas P2P SON para serviços bastante especializados) até cenários compostos de muitos prestadores de serviço (ex: um cenário mais competitivo de serviço de massa).

#### D. Resultados

Os resultados apresentados nesta Secção apresentam a distribuição do melhor e segundo melhor par de acordo com requisições feitas por SON *peers* pertencentes apenas ao domínio geográfico Português; apesar de que a metodologia usada pode ser aplicada a qualquer outro domínio geográfico.

A Fig. 3 ilustra a localização geográfica dos SON *peers* seleccionados como os melhores para as 100 operações de selecção de melhor par executadas em cada cenário. Cada um dos 11 cenários simulados apresenta um agrupamento de 5 barras. Em cada agrupamento, cada uma das 5 barras representa o número de ocorrência de melhores pares para um dos 5 domínios geográficos sendo respectivamente da esquerda para a direita: Portugal, Espanha, França, Itália e Alemanha.

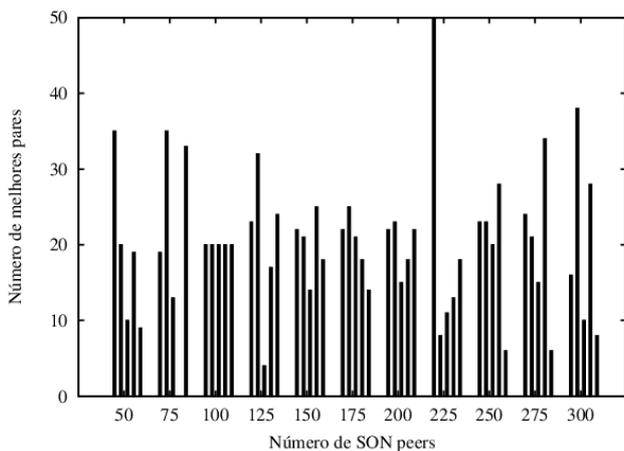


Figure 3. Localizaçao geográfica dos melhores peers

É possível esperar que o maior número de melhores pares seleccionados esteja no domínio do requisitante (Portugal, no caso dessas simulações), devido às considerações de distância geográfica. Entretanto, os valores obtidos demonstram claramente o efeito de dois aspectos chave da arquitectura OMAN e dos serviços AgS e BPSS: por um lado, em alguns casos, a busca por serviços executada pelo AgS determinou que

o serviço desejado não estava disponível em quaisquer dos SON *peers* do domínio do requisitante; e por outro lado, a métrica usada pelo BPSS – baseada no modelo de Internet proposto em [16], que leva em consideração não apenas a localização geográfica mas também *delay* e *jitter* – levou ao facto de que o par mais próximo, em termos da distância Euclidiana em 5 dimensões, residia realmente em um domínio diferente.

Todavia, mesmo com os limites mencionados a cerca da disponibilidade estatística (ou indisponibilidade) dos serviços desejados no domínio do requisitante, a média dos resultados de todas as simulações indica que o maior número de melhores pares seleccionados está no mesmo domínio dos requisitantes. Isso pode ser observado nas Fig. 4 e Fig. 5.

Fig. 4 ilustra a distribuição geográfica média da selecção dos melhores pares. Ela apresenta a distribuição agrupada por domínio geográfico com um intervalo de confiança de 95%. A Fig. 5, por sua vez, apresenta a distribuição do segundo melhor par.

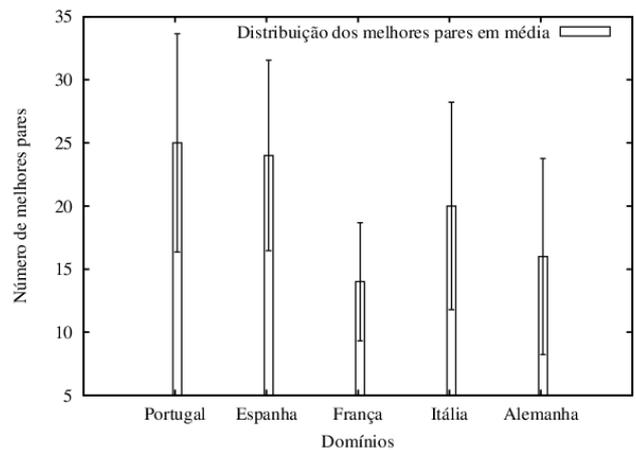


Figura 4. Distribuição por domínio geográfico do melhor peer

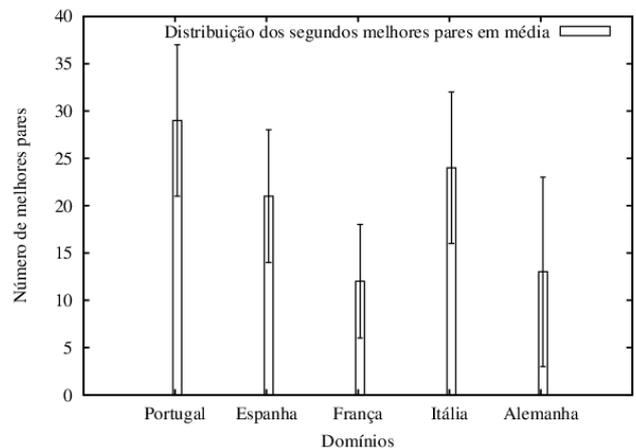


Figura 5. Distribuição por domínio geográfico do segundo melhor peer

Assim, ao observar o somatório dos melhores pares e dos segundos melhores pares, os SON *peers* no domínio do requisitante (Portugal) foram seleccionados como melhores

pares em 27% do tempo, seguidos de Espanha (22,5%), Itália (22%), Alemanha (14,5%) e França (13%). Isso significa que quase metade das seleções de melhores pares resultou em pares pertencentes ao mesmo domínio geográfico, ou a seus vizinhos. Isso sugere a consistência da métrica usada e a boa operação dos serviços AgS e BPSS da arquitectura OMAN.

É importante mencionar que o *overhead* do BPSS é negligenciável. O tempo consumido no processo de selecção dos melhores e segundos melhores pares é de cerca de 2ms. Por outro lado, o *overhead* associado com a manutenção da P2P SON e com o AgS é de cerca de 164ms. Esses valores sugerem fortemente a eficiência e a viabilidade do serviço BPSS proposto, em conjunto com o AgS e os outros módulos da arquitectura OMAN.

## V. CONCLUSÃO

Neste trabalho, uma abordagem para o problema da selecção do melhor par em redes de sobreposição de serviços (i.e., *service overlay network*) par-a-par (P2P SON) foi proposta, estudada e avaliada. O best peer selection service (BPSS) é um dos componentes de uma arquitectura de rede de sobreposição de serviços de 3 níveis.

Depois de identificar aspectos chave em trabalhos relacionados e disponibilizar uma visão geral da arquitectura OMAN para efeitos de contextualização, o serviço BPSS foi apresentado. O BPSS é o módulo responsável por executar a selecção do melhor par, seleccionando a partir de uma lista de candidatos disponibilizada pelo AgS. As principais características do BPSS são o uso bastante eficiente do Aggregation Service (AgS) para a busca de serviços, e sua independência da métrica de selecção do melhor par. A última característica disponibiliza flexibilidade, adaptabilidade e modularidade para o processo de selecção do melhor par.

De maneira a testar e avaliar o comportamento do BPSS, uma métrica de distância específica foi usada. Tal métrica, proposta em [16], combina o *delay* e *jitter* medidos com dados de localização geográfica. As simulações realizadas envolveram a selecção do melhor e do segundo melhor pares em um universo de 5 domínios geográficos distintos.

Os resultados obtidos mostram que o BPSS executa bem e que a arquitectura OMAN – na qual o AgS é um componente chave – é muito efectiva. Além disso, simulações também demonstram que o *overhead* do BPSS é negligenciável e que o *overhead* do AgS, que deriva das operações *join*, *publish* e *leave*, é muito baixo.

Os resultados obtidos abrem várias linhas para futuras investigações. Uma delas é a comparação de diferentes métricas para selecção do melhor par, baseadas não apenas em diferentes parâmetros de desempenho, mas também de fatores como por exemplo o custo dos enlaces envolvidos na intercomunicação dos vários SON *peers* envolvidos. Outra possibilidade é o uso de diferentes métricas para diferentes serviços tendo em consideração seus requerimentos de QoS. Ainda, outra linha de investigação pode ser conduzida na tentativa de prestadores de serviço utilizarem a arquitectura OMAN para identificar meios de maximizar a qualidade de experiência do utilizador ou mecanismos de redução do custo do tráfego inter-prestadores, por exemplo, através da

implantação de pares de propósito específico dentro de seus próprios domínios de rede.

## REFERÊNCIAS

- [1] C. Tran e Z. Dziong, "Service overlay network capacity adaptation for profit maximization", *IEEE Transactions on Network and Service Management*, vol. 7, no. 2, p. 72-82, jun. 2010.
- [2] S. Zhou et al., "ALASA: When service overlay networks meet peer-to-peer networks", in *Communications, 2005 Asia-Pacific Conference on*, Perth, WA, USA, 2005, p. 1053-1057.
- [3] A. Fiorese, P. Simoes, e F. Boavida, "An aggregation scheme for the optimisation of service search in Peer-to-Peer overlays", in *Network and Service Management (CNSM), 2010 International Conference on*, 2010, p. 481-486.
- [4] A. Fiorese, P. Simões, e F. Boavida, "Service Searching based on P2P Aggregation", in *The International Conference on Information Networking 2010 (ICOIN 2010)*, Busan, South Korea, 2010.
- [5] A. Fiorese, P. Simões, e F. Boavida, "OMAN – A Management Architecture for P2P Service Overlay Networks", in *Mechanisms for Autonomous Management of Networks and Services*, Zurich, Switzerland, 2010, vol. 6155, p. 14-25.
- [6] "Macroscopic Topology Measurements". [Online]. Available: <http://www.caida.org/projects/macroscopic/>. [Accessed: 12-mar-2011].
- [7] Z. Duan, Z.-L. Zhang, e Y. T. Hou, "Service overlay networks: SLAs, QoS, and bandwidth provisioning", *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 11, no. 6, p. 870-883, dez. 2003.
- [8] E. Lavinal, N. Simoni, M. Song, e B. Mathieu, "A next-generation service overlay architecture", *Annals of Telecommunications*, vol. 64, no. 3, p. 175-185, abr. 2009.
- [9] P. Haase, R. Siebes, e F. Harmelen, "Expertise-based peer selection in Peer-to-Peer networks", *Knowledge and Information Systems*, vol. 15, no. 1, p. 75-107, jan. 2007.
- [10] D. S. Bernstein, Z. Feng, B. N. Levine, e S. Zilberstein, "Adaptive Peer Selection", in *In Proceedings of the 2nd International workshop on Peer-to-Peer Systems (IPTPS03)*, 2003.
- [11] K. Huang, L. Wang, D. Zhang, e Y. Liu, "Optimizing the BitTorrent performance using an adaptive peer selection strategy", *Future Generation Computer Systems*, vol. 24, p. 621-630, jul. 2008.
- [12] A. Habib e J. Chuang, "Service differentiated peer selection: an incentive mechanism for peer-to-peer media streaming", *Multimedia, IEEE Transactions on*, vol. 8, no. 3, p. 610-621, 2006.
- [13] C. Wu e B. Li, "Optimal peer selection for minimum-delay peer-to-peer streaming with rateless codes", in *Proceedings of the ACM workshop on Advances in peer-to-peer multimedia streaming*, New York, NY, USA, 2005, p. 69-78.
- [14] V. Aggarwal, O. Akonjang, e A. Feldmann, "Improving user and ISP experience through ISP-aided P2P locality", in *INFOCOM Workshops 2008, IEEE*, 2008, p. 1-6.
- [15] D. R. Choffnes e F. E. Bustamante, "Taming the torrent: a practical approach to reducing cross-isp traffic in peer-to-peer systems", in *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, New York, NY, USA, 2008, vol. 38, p. 363-374.
- [16] H. Zhuang, Y. Xu, Y. Hu, e X. Lin, "A Peer Selection Mechanism in P2P Networks Based on the Collaboration of ISPs and P2P Systems", in *Information Science and Engineering, International Conference on*, Los Alamitos, CA, USA, 2009, vol. 0, p. 1573-1576.
- [17] S. Kaune, K. Pussep, C. Leng, A. Kovacevic, G. Tyson, e R. Steinmetz, "Modelling the Internet Delay Space Based on Geographical Locations", in *Parallel, Distributed and Network-based Processing, 2009 17th Euromicro International Conference on*, 2009, p. 301-310.
- [18] "The PingER Project". [Online]. Available: <http://www-iepm.slac.stanford.edu/pinger/>. [Accessed: 12-mar-2011].
- [19] S. Lee, Z.-L. Zhang, S. Sahu, e D. Saha, "On suitability of Euclidean embedding of internet hosts", in *ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review*, New York, NY, USA, 2006, vol. 34, p. 157-168.
- [20] A. Kovacevic, S. Kaune, N. Liebau, R. Steinmetz, e P. Mukherjee, "Benchmarking platform for peer-to-peer systems", in *Information Technology*, vol. 49, no. 5, p. 312-319, set. 2007.
- [21] "MaxMind", Geolocation and Online Fraud Prevention from MaxMind. [Online]. Available: <http://www.maxmind.com/>.