

CatchmentView: visualização de anycast catchment

Leonardo Costella, Marco Antônio Sandini Trentin, Ricardo de Oliveira Schmidt

¹Universidade de Passo Fundo

{134383,trentin,rschmidt}@upf.br

Abstract. *IP anycast is extensively used to distribute services in the Internet. It relies on BGP, which makes management complex. Furthermore, the availability of such services in IPv4 and IPv6 (dual stack) increases management complexity. In this paper we introduce CatchmentView, a visualization tool that builds graphics of routes using traceroute data from measurement sources to anycast sites. Visualization from CatchmentView helps operators identifying differences between routing and catchment of anycast dual stack services. We built CatchmentView based on the Root DNS servers that are dual stack and leverage anycast for distribution. Using traceroutedata from RIPE Atlas we validate CatchmentView.*

Resumo. *IP anycast é amplamente utilizado para distribuir serviços na Internet. A dependência no roteamento BGP faz com que a implementação e gerenciamento de anycast seja complexo e, ainda, a disponibilidade de serviços anycast em IPv4 e IPv6 (dual stack) aumenta a complexidade do gerenciamento. Nesse artigo apresentamos a ferramenta CatchmentView que, utilizando dados de traceroute, constrói gráficos de rotas a partir de pontos de medição até réplicas de um serviço anycast. Os recursos visuais do CatchmentView auxiliam operadores na identificação de diferenças entre roteamento e catchment de um serviço anycast dual stack. A ferramenta foi desenvolvida tendo como base os servidores raiz do DNS, que são dual stack e extensivamente distribuídos via anycast. Usando dados de traceroute da plataforma RIPE Atlas validamos a ferramenta desenvolvida e mostramos sua utilidade.*

1. Introdução

O histórico aumento de tráfego na Internet faz com que operadores constantemente busquem alternativas para garantir a performance de seus serviços. A distribuição de serviços na Internet através do uso de estratégias de endereçamento anycast foi proposta ainda na década de 90, porém o abrangente uso dessa técnica ainda é muito recente. Além de melhora do desempenho, a ampla distribuição dos serviços na Internet através de anycast também tem o objetivo de garantir uma certa robustez contra ataques de negação de serviço distribuídos (DDoS—Distributed Denial of Service).

IP anycast consiste em configurar múltiplas cópias de um mesmo serviço na Internet utilizando um único endereço IP. Dessa forma, o protocolo de roteamento BGP é responsável por encaminhar pacotes para a cópia mais próxima¹. Apesar de conceitualmente simples, anycast na prática pode se tornar complexo devido a, entre outros, políticas

¹Na prática, além de proximidade topológica, muitas outras métricas são utilizadas nas decisões de roteamento, inclusive métricas políticas [Schmidt et al. 2017].

de roteamento que tornam o encaminhamento de pacotes imprevisível. O conjunto de origens (redes ou IPs) que são encaminhados para uma réplica anycast chamamos de *anycast catchment*. O catchment de uma réplica anycast não é necessariamente estável, devido às dinâmicas do roteamento BGP. Além disso, para serviços com muitas réplicas anycast, a visualização do encaminhamento de pacotes para cada uma das réplicas se torna ainda mais complexa.

O gerenciamento de um serviço anycast se dá principalmente através da análise de latência (RTT) [Schmidt et al. 2017], com foco em desempenho. Porém, a visualização é um artifício importante para identificar situações em que o catchment do serviço como um todo, ou de uma réplica específica, não está de acordo com o planejado. Esse tipo de problema de configuração pode, por exemplo, prejudicar o balanceamento de carga planejado entre as réplicas.

Um exemplo prático em que a visualização do catchment ajuda na operação e gerenciamento do serviço anycast é no entendimento entre as diferenças de catchment para tráfego IPv4 e IPv6 em serviços *dual stack*. De acordo com [Nikkhah and Guerin 2016], o roteamento IPv6 já deveria ser semelhante ao do IPv4. Porém, IPv6 ainda está em fase de implementação e diferenças de roteamentos dos dois protocolos na Internet podem ser bastante significativas [Wicaksana 2016]. Para um serviço anycast e dual stack, isso pode significar diferenças grandes de balanceamento de tráfego entre ambos protocolos. Por exemplo, o servidor raiz do DNS, B-Root, possui atualmente duas réplicas configuradas como serviço anycast e dual stack. A maioria das requisições DNS em IPv4 são encaminhadas pelo BGP para a réplica localizada em Los Angeles, enquanto a réplica em Miami recebe a maioria das requisições enviadas em IPv6 [Moura 2017].

Contribuição. Esse artigo apresenta a ferramenta *CatchmentView*, planejada e desenvolvida com o objetivo de auxiliar operadores no entendimento do comportamento de serviços anycast e dual stack. A ferramenta provê recursos de visualização através de grafos de conectividade que mostram o caminho percorrido desde a origem de um pacote até a réplica destino do serviço anycast, utilizando dados de entrada oriundos de medições *traceroute*. A ferramenta está disponível em <http://catchmentview.com>.

2. Ferramentas Relacionadas

Existem poucas ferramentas disponíveis online que buscam auxiliar operadores no entendimento do roteamento na Internet e as consequências para seus serviços. Exemplos dessas ferramentas são: (a) *Radian* [Bartolomeo 2016], desenvolvida para a análise visual de medições de *traceroute* em tempo real, disponível online, porém limitada a somente 5 pontos de medição na versão demo; e (b) *TraceMON* [Candela 2017], também de análise visual de medições de *traceroute*, mas que traz informações extra como dados dos Sistemas Autônomos, *whois*, latência e geolocalização de IPs. Essas ferramentas têm por objetivo principal auxiliar a gerência de serviços através de recursos visuais. Porém, nenhuma delas foca nas particularidades do catchment de serviços anycast e dual stack.

3. CatchmentView: Arquitetura e Implementação

A ferramenta *CatchmentView* foi implementada com o objetivo principal de prover recursos visuais para entender o catchment de um serviço anycast. Através de dados de

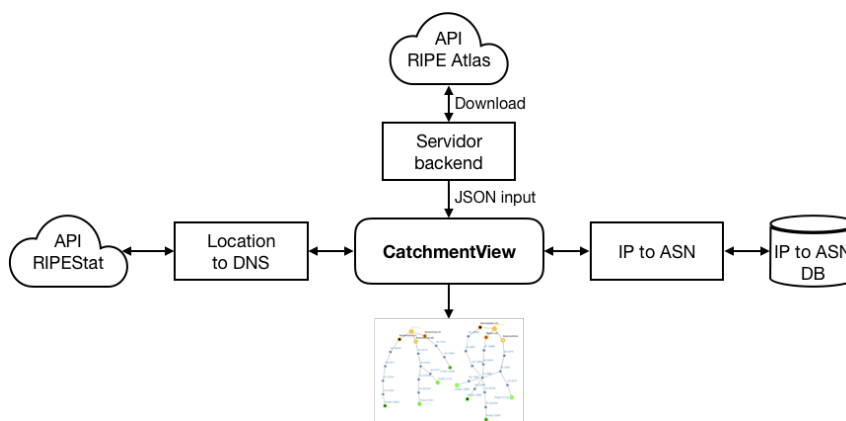


Figura 1. Arquitetura da ferramenta CatchmentView.

medições de `traceroute` a ferramenta CatchmentView constrói visualizações do percurso de pacotes desde a origem até o serviço anycast de destino. A rota dos pacotes é apresentada através de saltos entre Sistemas Autônomos.

Como ponto de partida, utilizamos a plataforma RIPE Atlas² que já possui uma estrutura de medições de serviços bem estabelecida e operacional. Através da RIPE Atlas, temos acesso a um grande banco de dados de medições e, entre elas, medições de `traceroute` para todos os servidores raiz do DNS (*Root servers*)³. Os servidores DNS Root fazem amplo uso de IP anycast para a distribuição de serviços DNS dual stack. Ou seja, as características dos servidores DNS Root e a disponibilidade de medições `traceroute` dos mesmos através da RIPE Atlas, os faz um perfeito caso de uso para o desenvolvimento e validação da ferramenta CatchmentView.

A Figura 1 apresenta a arquitetura da ferramenta CatchmentView. Por se tratar de um serviço Web, a ferramenta é dividida em backend e frontend, detalhados a seguir.

3.1. Backend

O backend, ou servidor, da ferramenta CatchmentView é responsável pela manipulação dos dados de medições `traceroute` oriundos da plataforma RIPE Atlas. Essa manipulação corresponde a coleta, filtragem, processamento e armazenamento dos dados, nessa ordem. O backend da ferramenta foi desenvolvido utilizando a linguagem R.

Coleta. A coleta de dados é feita através da API da plataforma RIPE Atlas⁴. As medições das quais os resultados são utilizados pelo CatchmentView são do tipo `traceroute` e *built-in*⁵. Essas medições são realizadas periodicamente, a cada 30 minutos, por todos os pontos de medições ativos da RIPE Atlas. Portanto, essa é uma fonte de dados constante.

Filtragem. O processo de filtragem descarta os dados de medições incompletos, por exemplo, `traceroute` que não alcançou o destino. (Note que não é do escopo desse trabalho/ferramenta analisar as causas de falha de uma medição qualquer.)

Processamento. Além da organização dos dados para posterior apresentação no frontend,

²<https://atlas.ripe.net/>

³IDs das medições utilizadas: 5001, 5008, 5010, 6001, 6008 e 6010.

⁴<https://atlas.ripe.net/docs/api/v2/reference/>

⁵<https://atlas.ripe.net/docs/built-in/>

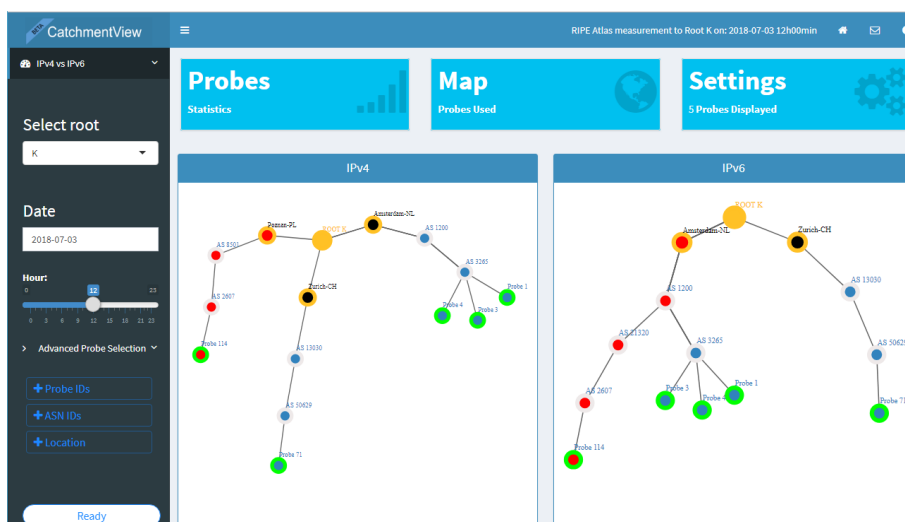


Figura 2. Visão Geral CatchmentView.

dados adicionais são adicionadas aos coletados da plataforma RIPE Atlas. Esses dados adicionais compreendem informações de localização da origem (pontos de medição da RIPE Atlas) e dados dos Sistemas Autônomos.

Armazenamento. Por fim, os dados coletados, filtrados e processados são armazenados localmente no servidor em arquivos estruturados com formato JSON.

Ferramentas adicionais. Dois outros componentes utilizados pela ferramenta CatchmentView são fundamentais para a elaboração das visualizações finais: (a) para determinar a qual Sistema Autônomo pertence um IP intermediário na rota resultante de uma medição *traceroute*, utilizamos o serviço *IP to ASN*⁶; e (b) para estimar a localização geográfica de uma réplica anycast e, assim, determinar o catchment do serviço, utilizamos a API da *RIPEStat*⁷, que possui um banco de dados de informações sobre endereços IPs e Sistemas Autônomos.

3.2. Frontend

O frontend do CatchmentView também foi desenvolvido em R e faz uso da biblioteca ShinyDashboard⁸. O frontend é dividido em dois módulos: *IPv4 vs IPv6* e *temporal*.

Módulo IPv4 vs IPv6. Tem por objetivo apresentar graficamente as diferenças entre o catchment IPv4 e IPv6 de um serviço anycast e dual stack. Os gráficos de rotas para ambos protocolos são exibidos lado a lado, conforme ilustrado na Figura 2. Através da comparação do catchment IPv4 e IPv6 o operador pode, por exemplo, identificar disparidades não desejadas no roteamento dos dois protocolos para tráfego de uma mesma origem.

A Figura 2, além dos gráficos de rotas para IPv4 (esquerda) e IPv6 (direita), mostra os outros componentes da ferramenta com os quais o usuário pode interagir. No menu à esquerda encontram-se as opções de seleção dos dados a serem exibidos nos gráficos.

⁶<https://iptoasn.com/>

⁷<https://stat.ripe.net/index/about-ripestat/>

⁸<https://cran.r-project.org/web/packages/shinydashboard/index.html>

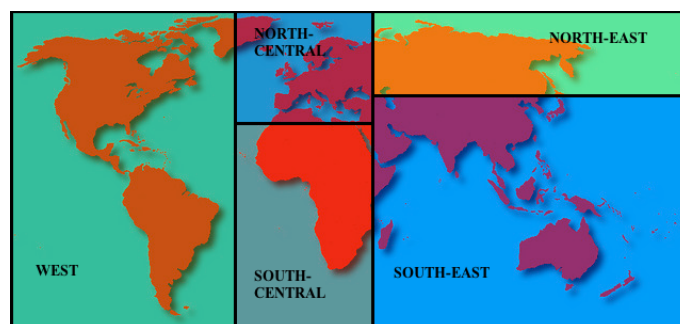


Figura 3. Divisão global em cinco regiões definida pela RIPE para localização dos pontos de medição. Fonte: documentação da plataforma RIPE Atlas¹⁰.

Como a ferramenta foi desenvolvida tendo os servidores Root DNS, a opção *Select root* permite a seleção de um dos servidores raiz. (No entanto, essa opção pode ser omitida no uso da ferramenta para outros contextos de medições.) Nesse menu também se encontram as opções de seleção de data e hora da medição a ser exibida.

Ainda no menu a esquerda da ferramenta, sob o menu *Advanced Probe Selection*, é possível realizar uma seleção mais específica dos pontos de medição (RIPE Atlas *probes*) que devem ser utilizados para compor o gráfico de rotas. Há três opções para a seleção específica de pontos de medição, ou grupos dos mesmos: (a) por identificador único (*ID*) do ponto de medição⁹; (b) pontos de medição localizados em Sistemas Autônomos específicos; e (c) seleção baseada em localização geográfica por região ou país. O filtro de pontos de medição por região geográfica segue a divisão proposta pela RIPE, ilustrada na Figura 3, em cinco regiões mundiais: *West*, *North-Central*, *South-Central*, *North-East* e *South-East*.

Acima dos gráficos de rotas há três opções para visualização de dados adicionais das medições escolhidas pelo usuário: *Probes*, *Map* e *Settings*. Em *Probes* informações estatísticas sobre as medições realizadas pelos pontos de medição escolhidos são apresentadas. A opção *Map* apresenta informações relacionadas a localização¹¹ dos pontos de medição, com os mesmos marcados em um mapa mundial. Por fim, a opção *Settings* possibilita a seleção de outros ou mais pontos de medição, diferentes dos (ou adicionais aos) inicialmente apresentados no gráfico de rotas.





Módulo temporal. Tem por objetivo possibilitar a busca de dados de medições históricas, ou seja, realizadas no passado e armazenadas de acordo com os requisitos de dados de entrada do CatchmentView. Nesse módulo apenas um gráfico de rotas é exibido, sendo IPv4 ou IPv6. A maior diferença para o módulo de comparação de versões do IP é de que a ferramenta gera um gráfico apenas, para uma das versões do IP, selecionada pelo usuário. Através da análise de medições históricas o operador pode, por exemplo, analisar a evolução do roteamento de um serviço após a inserção ou remoção de uma réplica anycast.

Gráficos de rotas. Os resultados das medições que compõem o catchment do serviço escolhido são apresentados em um gráfico formado por nodos e vértices. Os nodos são

⁹Opção vinculada ao uso da plataforma RIPE Atlas.

¹¹Não utilizamos dados oriundos de ferramentas e banco de dados geográficos para determinar a localização dos pontos de medição, pois essa informação já está disponível na RIPE Atlas.

Tabela 1. Nodos presentes nos gráficos de rotas.

Nodo	Nome	Descrição
	<i>Target conceitual</i>	Serviço alvo da medição
	<i>Mirror</i>	Réplica anycast alcançada pela medição
	<i>Autonomous System</i>	Saltos intermediários da rota
	<i>Probe RIPE Atlas</i>	Ponto de origem da medição

classificados de acordo com sua funcionalidade e posição na rota (Tabela 1). O *Target conceitual* é o serviço anycast alvo das medições—note que não há um nodo físico único na rota para esse serviço, pois há múltiplas réplicas do mesmo e por isso o denominamos *conceitual*. Os nodos denominados *Mirror* representam as réplicas reais do serviço anycast, onde as medições de `traceroute` alcançaram seus objetivos—somente aquelas réplicas que receberam medições `traceroute` (dado o roteamento BGP) aparecerão no gráfico de rotas. Os nodos do tipo *Autonomous System* representam os saltos intermediários a nível de Sistemas Autônomos na rota percorrida desde a origem da medição `traceroute` até o alvo final da réplica do serviço anycast. Por fim, os nodos *Probe RIPE Atlas* são os pontos origem das medições `traceroute`.

Características visuais. Para auxiliar no entendimento das informações apresentadas nos gráficos de rotas, o frontend da ferramenta CatchmentView possui as seguintes funcionalidades. Ao clicar em um nodo o mesmo é destacado no gráfico de rotas. Se o nodo selecionado for do tipo *Mirror* ou *Autonomous System*, somente o nodo selecionado será destacado. Porém, se o nodo selecionado for do tipo *Probe RIPE Atlas*, então a rota inteira construída pela medição de `traceroute` também será destacada. Esse recurso auxilia principalmente na visualização de diferenças entre rotas IPv4 e IPv6 de medições `traceroute` que partiram de uma mesma origem. Ao selecionar um nodo com duplo clique, uma série de informações são exibidas em uma janela *pop-up*. Essas informações variam de acordo com o tipo do nodo selecionado. Por exemplo, para os nodos do tipo *Probe RIPE Atlas*, informações do ID, país, localização geográfica e rede de origem são exibidos sobre o ponto de medição correspondente.

3.3. Generalização da ferramenta

Note que apesar de utilizarmos os servidores raiz do DNS como caso de uso, a ferramenta CatchmentView pode ser adaptada para a visualização de conexões de qualquer outro serviço na Internet. A única exigência é de que os dados de entrada, contendo informações das medições de `traceroute`, devem seguir os modelos definidos pela RIPE Atlas¹².

4. Validação e Caso de Uso

Tendo como base de desenvolvimento os resultados de medições de `traceroute` da RIPE Atlas, nos possibilitou realizar estudos de casos em que a ferramenta CatchmentView auxiliou de forma visual na identificação de diversas situações de disparidades entre roteamento e catchment IPv4 e IPv6 de serviços anycast dual stack. A Figura 4 apresenta um exemplo dos casos observados, em específico para o servidor raiz do DNS *K-Root*.

¹²https://atlas.ripe.net/docs/data_struct/

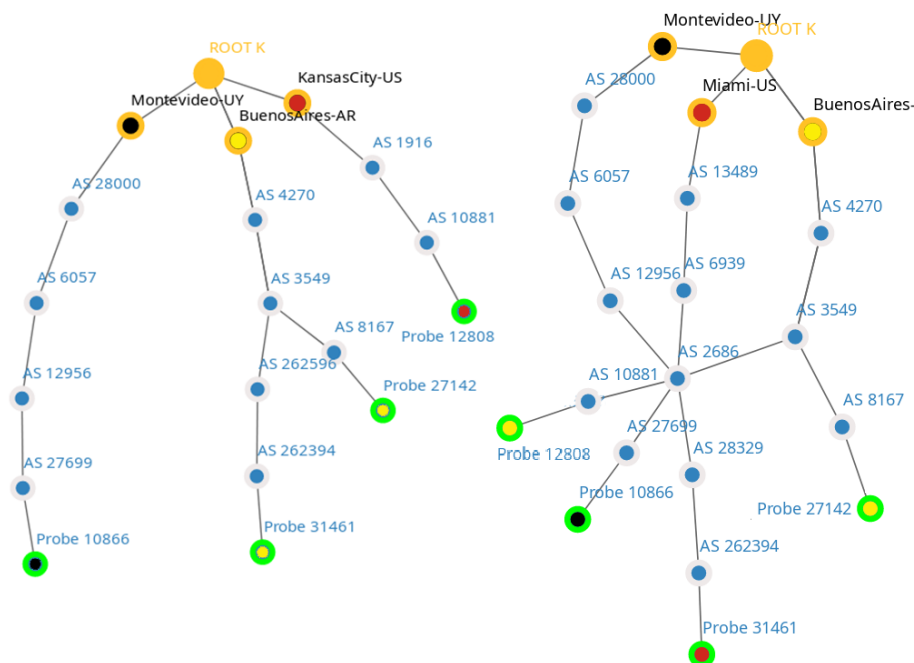


Figura 4. Comparação entre catchment IPv4 (esquerda) e IPv6 (direita) a partir de 4 pontos de medição tendo como alvo o serviço do K-Root.

Através da análise das rotas percorridas a partir dos quatro pontos de medição na Figura 4 podemos observar que há grandes diferenças no roteamento IPv4 e IPv6 no serviço do K-Root. Observamos, por exemplo, que o roteamento do IPv4 é mais “direto” e isolado que o do IPv6; e também que o catchment do IPv6 é dependente de decisões de roteamento que acontecem dentro de um único Sistema Autônomo: AS2686. As rotas de três pontos de medição convergem no AS2686; porém esse Sistema Autônomo novamente separa as rotas fazendo com que cada ponto de medição alcance uma réplica distinta do serviço K-Root via IPv6.

Através da Figura 4 visualizamos também que o catchment de réplicas do serviço K-Root difere nas versões do protocolo IP. Por exemplo, enquanto o catchment IPv4 do ponto de medição *Probe 31461* é a réplica localizada em Buenos Aires–AR, no IPv6 o catchment para o mesmo ponto de medição é a réplica localizada em Miami–US.

Para ilustrar ainda mais as diferenças de roteamento e catchment visualizadas na Figura 4, a Tabela 2 resume as informações das rotas obtidas através das medições de *traceroute*. Os resultados na Tabela 2 mostram que as diferenças entre roteamento e catchment IPv4 e IPv6 impactam também no desempenho do serviço (diferenças de RTT); e que nem sempre uma rota maior, em termos de saltos entre Sistemas Autônomos, corresponde a um maior RTT—como é o caso da *Probe 10866*.

Interações com operadores. É importante salientar também que parte da validação da ferramenta CatchmentView foi realizada gradualmente durante o desenvolvimento da mesma através de interações com operadores dos servidores raiz do DNS. Alguns operadores enfatizaram a necessidade de uma ferramenta visual que apresentasse graficamente o catchment de seus serviços. Através de sugestões e comentários colhidos durante reuniões com esses operadores, a ferramenta CatchmentView buscou atender al-

Tabela 2. Resumo dos resultados da Figura 4.

Ponto de medição	IPv4		IPv6	
	Salto (AS)	RTT (sec)	Salto (AS)	RTT (sec)
Probe 10866	4	185,8	5	84,8
Probe 12808	2	123,3	4	139,9
Probe 27142	3	105,7	3	88,2
Probe 31461	4	57,8	5	152,0

gumas necessidades específicas dessa comunidade, mas também buscando ao máximo a generalização da mesma.

5. Considerações finais

Nesse artigo apresentamos a ferramenta CatchmentView, que tem por objetivo auxiliar o gerenciamento de serviços anycast dual stack. A ferramenta é composta por um backend que busca por dados de `traceroute` na plataforma RIPE Atlas. (A ferramenta pode ser adaptada para buscar medições de qualquer outro serviço, desde que os dados sigam a mesma formatação.) O frontend da ferramenta apresenta uma série de filtros que permitem variações nas visualizações dos dados das medições através de gráficos de rotas: salto a salto a nível de Sistema Autônomo, a partir de um ponto de medição até a réplica anycast alcançada. Como parte da validação da ferramenta desenvolvida, utilizando dados de medições de `traceroute` disponíveis através da plataforma RIPE Atlas, mostramos que através das visualizações construídas podemos identificar diversas diferenças entre roteamento e catchment de serviços anycast e dual stack. Essas diferenças, quando indesejadas e/ou inesperadas, podem ocasionar um comportamento inesperado do serviço.

Demonstração no SBRC 2019. No Salão de Ferramentas do SBRC 2019, a ferramenta CatchmentView será apresentada através da utilização de um laptop com conexão a Internet (já que a ferramenta é um serviço Web). Também utilizaremos um pôster para divulgação da ferramenta desenvolvida.

Referências

- Bartolomeo, M. D. (2016). *Visual Analytics of Network Routing Through Traceroute Data: Models and Techniques*. Doctoral school in computer science and automation, Roma Tre University Doctoral.
- Candela, M. (2017). TraceMON: Network Debugging Made Easy — RIPE Labs.
- Moura, G. (2017). Turning on Anycast on B-Root.
- Nikkhah, M. and Guerin, R. (2016). Migrating the Internet to IPv6: An Exploration of the When and Why. *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 24(4):2291–2304.
- Schmidt, R. d. O., Heidemann, J., and Kuipers, J. H. (2017). Anycast Latency: How Many Sites Are Enough? In *Passive and Active Measurements (PAM) conference*.
- Wicaksana, M. A. (2016). IPv4 vs IPv6 Anycast Catchment: A Root DNS Study. Master’s thesis, University of Twente.