

REDES CENTRADAS NA INFORMAÇÃO E A DISTRIBUIÇÃO DE CONTEÚDO: OS IMPACTOS DA ARQUITETURA ICN NA EFICIÊNCIA DE ENTREGA DE CONTEÚDO EM LARGA ESCALA¹

SILVA, GABRIELA²
SANTANA, DANIELA SANTOS³
SANTANA, LEANDRO⁴

RESUMO

As Redes Centradas na Informação (ICN) emergem como uma solução inovadora para os desafios da arquitetura tradicional da Internet, especialmente no que se refere à distribuição de conteúdo digital. Este estudo explora como a ICN pode otimizar o fluxo de dados, reduzir a latência e o uso de banda, além de oferecer maior resiliência e segurança na entrega de conteúdo. A pesquisa indica que, ao substituir o foco em endereços IP por identificadores de conteúdo, a ICN favorece o uso de cache distribuído, diminui a duplicidade de transmissões e melhora o desempenho em ambientes com alta demanda, como streaming e redes sociais. Conclui-se que a adoção da ICN pode redefinir o modo como o conteúdo é entregue na Internet, embora exija adaptações na infraestrutura e padronização para uma implementação global eficaz.

Palavras-chave: Information-Centric Networking, Distribuição de Conteúdo, Caching em Rede, Roteamento por Nome

INTRODUÇÃO

O crescimento exponencial no consumo de conteúdo digital nas últimas décadas tem sobrecarregado a infraestrutura da Internet tradicional. Plataformas de streaming, redes sociais e serviços de compartilhamento de vídeos exigem uma entrega de dados rápida e eficiente. No entanto, a arquitetura atual da Internet, baseada na comunicação entre endereços IP de origem e destino, foi originalmente projetada para o intercâmbio de arquivos entre poucos nós estáticos (Jacobson et al., 2009). Este modelo apresenta ineficiências graves quando adaptado ao uso moderno, especialmente na replicação de dados e no controle de tráfego (Bernardini et al., 2016).

Em resposta a essas limitações, surgem as Redes Centradas na Informação (Information-Centric Networking - ICN), que propõem uma mudança paradigmática no tratamento da informação na rede. Em vez de identificar os dispositivos que possuem os dados, a ICN prioriza o conteúdo em si, promovendo uma abordagem orientada à informação (Afanasyev et al., 2013). Este trabalho explora como essa arquitetura pode otimizar a distribuição de conteúdo e representar uma alternativa real à Internet tradicional.

¹ Trabalho realizado no âmbito da disciplina de Redes de Computadores (SPOREDC), no terceiro semestre do curso de Bacharelado em Sistemas de Informação do Instituto Federal de São Paulo – campus São Paulo (IFSP).

² Aluna do curso de Bacharelado em Sistemas de Informação; IFSP; São Paulo; SP;
passos.gabriela@aluno.ifsp.edu.br

³ Prof^a. Dr^a. em Engenharia Elétrica; IFSP; São Paulo; SP; daniela.santana@ifsp.edu.br

⁴ Prof. Me em Educação Profissional; IFSP; São Paulo; SP; leandro.santana@ifsp.edu.br

OBJETIVOS

Este trabalho visa entender como o modelo ICN (Information-Centric Networking) gerencia o conteúdo na rede, investigando seus mecanismos de cache e roteamento baseados em nomes. Além disso, busca avaliar os ganhos de desempenho e eficiência em relação ao modelo tradicional por meio de uma simulação, assim como identificar os principais desafios técnicos para a implementação do ICN em larga escala.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As Redes Centradas na Informação (ICN) representam uma transformação significativa na arquitetura da Internet, deslocando o foco de comunicação entre hosts para a identificação e recuperação de conteúdo nomeado. Diferentemente do modelo tradicional baseado em endereços IP, a ICN permite que os usuários solicitem informações com base em nomes de conteúdo, independentemente de sua localização física. Essa abordagem facilita o uso de mecanismos de cache em rede, reduzindo a carga nos servidores de origem e melhorando a latência na entrega (Zhang et al., 2014).

As principais arquiteturas da ICN incluem o Content-Centric Networking (CCN) e o Named Data Networking (NDN), que utilizam nomes hierárquicos para identificar conteúdos e separam os dados de seus produtores. Isso permite uma rede mais segura, onde cada pedaço de conteúdo pode ser assinado criptograficamente, garantindo sua integridade independentemente da origem (Jacobson et al., 2009).

A ICN introduz o conceito de roteamento baseado em nomes, onde os roteadores encaminham solicitações de conteúdo com base em nomes de dados, em vez de endereços IP. Isso permite a implementação de caches em rede, onde os dados podem ser armazenados em múltiplos pontos da rede, facilitando o acesso rápido e eficiente ao conteúdo solicitado (Afanasyev et al., 2013).

Além disso, a ICN suporta o conceito de "stateful forwarding", onde os roteadores mantêm informações sobre as solicitações ativas, permitindo uma distribuição eficiente de conteúdo e suporte nativo a multicast. Essa abordagem reduz a redundância de transmissões e melhora o desempenho em ambientes com alta demanda (Yi et al., 2012).

METODOLOGIA

Este estudo foi desenvolvido por meio de uma pesquisa qualitativa, exploratória e descritiva, centrada em revisão bibliográfica e em simulação computacional. Para a construção do referencial teórico, foram analisadas seis publicações entre artigos científicos, documentos técnicos e trabalhos acadêmicos. As principais fontes consultadas foram extraídas de bases como Google Acadêmico, IEEE Xplore, ScienceDirect, e o site oficial do IETF (Internet Engineering Task Force). Entre os materiais utilizados destacam-se os trabalhos de Jacobson et al. (2009) sobre o modelo CCN, Afanasyev et al. (2013) sobre o NDN, e Kutscher et al. (2016) que apresenta os desafios de pesquisa da ICN, além do RFC 7927 do IETF, que detalha os aspectos técnicos da arquitetura.

Complementarmente, foi realizada uma simulação computacional com o uso do software Cisco Packet Tracer, devido à sua acessibilidade e suporte a diversos sistemas operacionais. Embora o software não ofereça suporte nativo à ICN, adaptações foram feitas para representar o comportamento da arquitetura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os estudos analisados demonstram que a ICN oferece vantagens consideráveis em relação ao modelo IP tradicional no que se refere à distribuição de conteúdo. O uso de cache distribuído nos roteadores permite que múltiplos usuários acessem rapidamente dados recentemente solicitados, reduzindo a sobrecarga da rede e a latência de acesso.

Além disso, a segurança baseada em dados (e não em conexões) introduzida pela ICN aumenta a resiliência da rede contra ataques. No entanto, ainda existem desafios a serem superados, como a definição de políticas eficientes de substituição de cache, a escalabilidade do sistema de nomes e a adoção em larga escala da nova arquitetura.

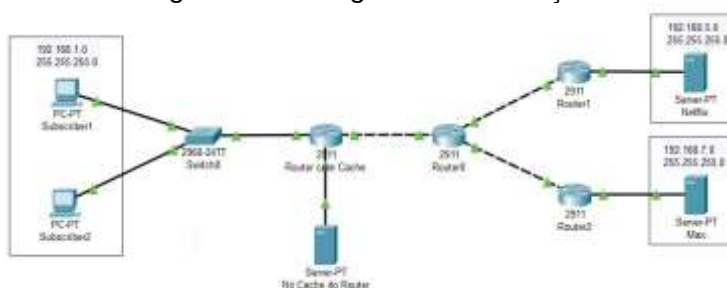
O estudo destaca que a ICN enfrenta desafios de pesquisa em áreas como nomeação, segurança, roteamento, escalabilidade do sistema, gerenciamento de mobilidade, redes sem fio, serviços de transporte, caching na rede e gerenciamento de rede. Esses desafios são objeto de pesquisa contínua na Internet Research Task Force (IRTF) e em outros locais (Kutscher et al., 2016).

Além disso, a integração da ICN com Redes de Distribuição de Conteúdo (CDNs) tem sido explorada como uma forma de melhorar a eficiência na entrega de conteúdo. A ICN oferece vantagens como caching na rede e multicast, que podem complementar as CDNs tradicionais, proporcionando uma distribuição de conteúdo mais eficiente e escalável (Kutscher et al., 2016).

SIMULAÇÃO

Foi realizada uma simulação para compreender o funcionamento de uma rede centrada em informação. O software usado foi o Packet Tracer da Cisco, embora não suporte uma simulação exatamente precisa foi escolhido por sua interface de fácil utilização e suporte para mais sistemas operacionais.

Figura 1: Visão geral da simulação



Fonte: Autor

A Figura 1 mostra uma visão geral da simulação com tudo que a compõe. Para começar temos dois computadores que funcionam de maneiras diferentes, o “Subscriber1” funciona como em uma rede tradicional e realiza a busca por IP, enquanto o “Subscriber2” adota o funcionamento de uma ICN.

Temos dois tipos de Routers na simulação apresentada, os Routers 0 à 2 são apenas roteadores inteligentes, eles “armazenam” o próximo nó para direcionar as requisições e entregar da maneira mais rápida e eficiente. O Router com Cache, como o próprio nome já aponta, armazena temporariamente alguns conteúdos já requisitados para agilizar a entrega.

No cenário de uma Rede ICN ideal todos os nós da rede armazenariam cache, porém o software utilizado para a simulação não comporta tamanha escala.

Os servidores Netflix e Max seriam a simulação de um host de streaming, eles enviariam o conteúdo de uma página web ou o episódio de uma série, por exemplo. Não haveria a necessidade de ambos serem Servidores, porém para fins de simulação e funcionalidade no software foi feito dessa maneira. Assim como o Servidor utilizado para cache, em um ambiente real ele não existiria, mas por conta de limitações do software ele está representando a memória cache do roteador.

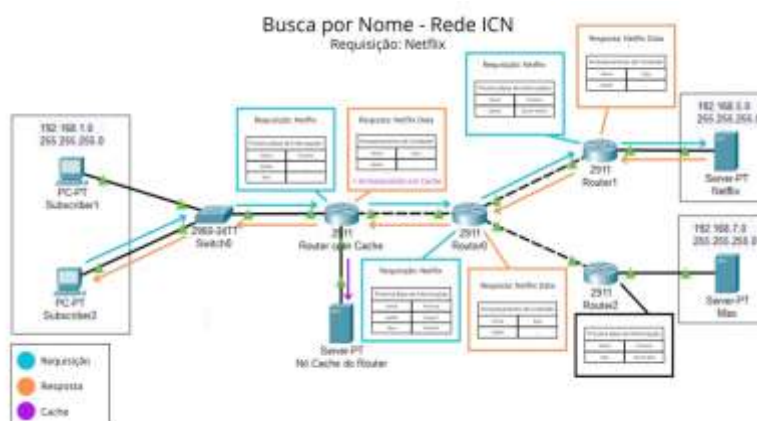
Figura 2: Busca por IP - Rede Tradicional.



Fonte: Autor.

Na Figura 2 é demonstrado como uma rede tradicional funcionaria, os roteadores são simples nós na rede que formam um caminho para o IP requisitado, o fluxo é longo e é percorrido da mesma maneira toda vez que a página web é requisitada.

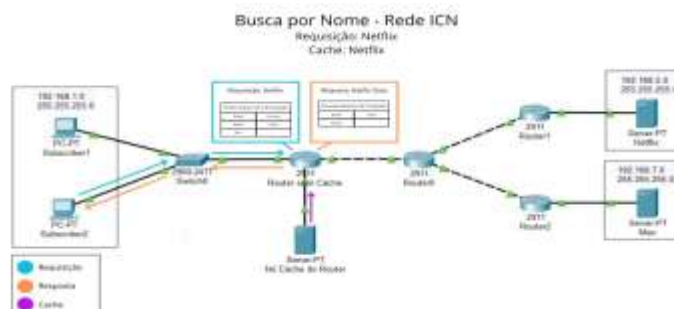
Figura 3: Busca por nome – Rede ICN.



Fonte: Autor.

É visível a complexidade de simular uma rede ICN ao observar a Figura 3, cada roteador processa a requisição antes de enviar para o próximo, e a partir do recurso de armazenamento da “Próxima Base de Informações”, consegue direcionar a requisição para o melhor caminho. O Router0, por exemplo, sabe para qual servidor o roteador seguinte está apontando. Além disso, a figura também mostra o armazenamento do conteúdo em cache, para que em futuras consultas do mesmo conteúdo não haja a necessidade de percorrer todos os nós para alcançá-lo, isso está demonstrado na Figura 4 abaixo:

Figura 4: Funcionamento da busca no Cache.



Fonte: Autor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A arquitetura de Redes Centradas na Informação representa uma alternativa promissora ao modelo atual da Internet, oferecendo soluções eficientes para os problemas enfrentados na distribuição de conteúdo. Com seu enfoque na informação e não nos dispositivos, a ICN promove melhor desempenho, segurança e escalabilidade.

Apesar de seus benefícios, a ICN ainda enfrenta barreiras para adoção plena, como a necessidade de padronização, integração com redes legadas e maturação de suas tecnologias. Futuras pesquisas devem aprofundar a implementação prática e a interoperabilidade da ICN, especialmente em grandes redes públicas e comerciais.

REFERÊNCIAS

AFANASYEV, A. et al. **A Brief Introduction to Named Data Networking**. 2013. Disponível em: <https://www.cs.princeton.edu/courses/archive/fall18/cos561/papers/NDN18.pdf>. Acesso em: 05 de maio de 2025.

BERNARDINI, C. et al. **A survey on content-centric networking**: architectures, applications, and challenges. *Computer Communications*, Amsterdam, v. 83, p. 1–19, 2016.

JACOBSON, V et al. (2009). **Networking Named Content**. In *Proceedings of the 5th International Conference on Emerging networking experiments and technologies (CoNEXT '09)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 1–12.

KUTSCHER, D. et al. (2016). **Information-Centric Networking (ICN)** Research Challenges. RFC 7927. Disponível em: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc7927>. Acesso em: 5 de maio de 2025.

XYLOMENOS, G. et al. **A Survey of Information-Centric Networking Research**. *Ieee Communications Surveys & Tutorials*. [S. L.], p. 1024-1049. jul. 2013. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6563278>. Acesso em: 31 de maio de 2025.

YI, C. et al. **A case for stateful forwarding plane**, 2013. *Computer Communications*, Amsterdam, v. 36, n. 7, p. 779–791.