

Protocolo de Pesquisa Bibliográfica Sistemática com a temática: Explorar Estratégias de Caching em Redes 5G que Implantam o Paradigma de Fog Computing

Marisangila Alves

¹Programa de Pós Graduação de Computação Aplicada
Universidade do Estado de Santa Catarina
Centro de Ciências Tecnológicas (UDESC) Joinville – SC – Brasil

marisangila.alves@outlook.com

Resumo. *Com o passar dos anos a densidade de dispositivos móveis na periferia da Internet cresce significativamente e, esse crescimento pode trazer problemas, como congestionamento no centro da rede que pode reduzir a Quality-of-Service e Quality-of-Experience percebida pelo usuário. Com o surgimento de novas aplicações com requisitos de ultra baixa latência, a quinta geração de redes móveis (5G) surge para prover esses requisitos. 5G é uma tecnologia em evolução e, portanto, existem definições abertas e um número substancial de propostas que visam atender seus requisitos. Dessa forma, pesquisas sugerem a dissipação de servidores cache na periferia da Internet com a arquitetura distribuída proposta pelo paradigma de fog computing. Esse trabalho apresenta um protocolo de execução de uma pesquisa bibliográfica sistemática que pretende identificar o estado da arte a respeito das estratégias cache voltadas para redes 5G que implantam o conceito de fog computing.*

1. Introdução

Serviços e aplicações fornecidos por serviços de computação em nuvem têm gerado um aumento significativo de tráfego na rede, além disso, redes móveis e dispositivos móveis estão em tendência de crescimento e se tornam a principal forma de acesso a rede para usuários finais [Costa et al. 2019]. Ainda, nos últimos anos obteve-se o aumento de dispositivos móveis com elevada capacidade de processamento, consequentemente aumentando os requisitos de *Quality-of-Service* (QoS) e *Quality-of-Experience* (QoE) [Behraves et al. 2019].

Provedores de serviços disponibilizam seu conteúdo através de múltiplos servidores para reduzir a latência percebida por seus usuários. Esses servidores podem ser geograficamente espalhados em diversas localizações pelo mundo, por exemplo, servidores de *Content Delivery Network* (CDN), ou simplesmente, serviços de cache. Por outro lado, além do aumento de dispositivos na periferia da Internet a centralização se consolida, através da computação em nuvem massiva, com grandes data centers e serviços de armazenamento. A combinação desses fatores contribui para possíveis congestionamentos em enlaces compartilhados em razão de existir mais dispositivos de usuários finais que criam conexões diretamente com o núcleo da Internet para obter conteúdos que estejam disponíveis em data centers remotos.

A quinta geração de redes móveis – 5G, resultado dos esforços de trabalho do *International Telecommunication Union* (ITU) e dos principais grupos de pesquisa en-

volvidos (3GPP e 5GPPP) está se tornando uma realidade, com as medidas dispostas no cronograma para padronização *International Mobile Communication (IMT) 2020*, que indica implantação até 2020 em alguns países [Harutyunyan et al. 2019]. Existem alguns requisitos que devem ser alcançados na rede 5G, como eficiência energética, alta densidade de dispositivos e, ultra baixa latência. Servidores *caching* implantados na borda da rede, ou até mesmo dentro da *Radio Access Network (RAN)*, englobam algumas estratégias para alocar e armazenar conteúdo. Em suma, essas soluções sugerem melhorar a utilização de recursos de rádio, recursos de processamento, utilização dos enlaces de *backhaul* e *fronthaul*, utilização do armazenamento da cache, redução de latência e melhor localização do servidor *cache*.

A arquitetura distribuída permite reduzir a latência da rede, priorizando hospedeiros próximos aos dispositivos finais. Portanto, a utilização de sistemas de *cache* descentralizados e distribuídos na borda da Internet pode proporcionar aos usuários finais *QoS* e *QoE*. Sabe-se que a demanda de enlaces compartilhados cresce com aumento do número de dispositivos e consequentemente criam-se gargalos na rede, que são elementos agravantes para piora de *QoS* e *QoE*. Sobretudo, a mobilidade dos usuários aumenta a complexidade no gerenciamento do congestionamento. A *fog computing* pode ajudar na redução de tráfego em enlaces compartilhados no núcleo da Internet fazendo com que o usuário acesse diretamente um servidor cache que provisiona uma réplica do serviço solicitado, localizada geograficamente mais próxima (ou em termos de latência de acesso) do usuário. Para garantir *QoS* e *QoE* para o usuário final é interessante obter informações de suas conexões para proporcionar escalonamento adequado de serviços de *cache*.

Contudo é necessário identificar o estado da arte, deve-se enfatizar que o paradigma de *fog computation* e a quinta geração de redes móveis são temas relativamente novos em redes de computadores, principalmente redes sem fio 5G que possuem conceitos que não são maduros e triviais. Na seção 2, serão discutidos trabalhos relacionados, além de apresentar justificativa que motiva uma nova revisão. Na seção 3 será descrito o protocolo desenvolvido para executar a pesquisa bibliográfica sistemática.

2. Trabalhos Relacionados

Dos artigos secundários selecionados, [Parvez et al. 2018] explora três grandes grupos de possíveis soluções para serem implantadas: (i) Na (RAN), soluções como mudanças na forma da onda, modulação, codificação, detecção de símbolos entre outras. (ii) No núcleo da rede, propostas buscam a separação do plano de dados do plano de controle usando *Software Defined Networking (SDN)*, aplicação de virtualização de recursos com *Network Functions Virtualization (NFV)* ou implantação de elementos computacionais e de comunicação distribuídos com *Mobile Edge Computing (MEC)*. Por fim, (iii) algumas propostas buscam empregar diferentes estratégias para gerenciamento de *caching*, porém apresentam conceitos muito amplos, como *caches Device-to-device (D2D)* ou caches centralizado. Portanto, não se aprofunda em *caching* distribuído em redes de acesso.

O artigo [Mao et al. 2017] apresenta uma proposta mais geral a respeito da *Mobile Edge Computing (MEC)*, visitando diversos assuntos que permeiam redes 5G e a computação de borda como, eficiência energética, segurança e privacidade, administração de mobilidade, implantação de dispositivos MEC e, provisionamento de conteúdo em servidores *cache*. Por fim o artigo [Mach and Becvar 2017] resume temas de administração

de mobilidade, alocação de recursos computacionais e decisões *offloading*.

Ambos artigos de revisão apresentam conceitos mais voltados para computação de borda centrada em dispositivos finais, ou seja, D2D. O artigo [Mach and Becvar 2017] não considera as redes 5G. Além disso, como existem constantes esforços de padronização da tecnologia de redes móveis 5G, é notório que os artigos não incorporam as soluções mais recentes.

Portanto, é necessário realizar uma revisão focada em soluções de estratégias de *caching* para redes móveis 5G, desconsiderando abordagens D2D, limitando-se ao paradigma *fog computing*. Buscando preferencialmente trabalhos com foco na estratégia para alocar ou realocar *caching*, atendendo aos requisitos de latência que consequentemente proporcionam melhor *QoS* e *QoE* e, além disso, melhorar o uso de recursos do servidor.

3. Planejamento: Definição do Proctolo

Para realizar o planejamento da pesquisa bibliográfica sistemática será definido um protocolo de execução. Esse protocolo consiste nas seguintes entidades: (i) questões de pesquisa, (ii) fraseamento, (iii) critérios objetivos, (iv) critérios de seleção, sendo eles, exclusão e inclusão, (v) mediação, (vi) critérios de priorização, (vii) validação e (viii) coleta de dados.

De acordo com o contexto apresentado, a questão primária que se busca responder com a essa revisão é: Explorar estratégias para alocar recursos de *caching* em redes móveis 5G. Além disso, perguntas secundárias são elencadas:

1. Se existir, quais propostas empregam o paradigma de *fog computing*?
2. Se existir, quais as estratégias mais populares para melhorar a *Qos* e *QoE*?
3. Se existir, quais abordagens consideram a mobilidade do usuário?
4. Se existir, quais abordagens priorizam a disponibilidade de recursos no servidor?
5. Se existir, quais abordagens consideram o *handover* de conteúdo?
6. Se existir, quais abordagens consideram a minimização do custo operacional no gerenciamento de cache?
7. Se existir, quais abordagens consideram a otimização do uso de enlaces na rede de acesso?
8. Se existir, quais abordagens consideram a otimização da latência *End-to-end* (E2E)?
9. Se existir, quais abordagens consideram informações de congestionamento do enlace para alocar recursos de *caching*?

São definidas as seguintes palavras chave: *caching* e 5g, respectivamente. No entanto será adicionada a variante *cache* e os elementos que as estratégias de *caching* visam melhorar no contexto de redes móveis 5g como: latência, *QoS*, *QoE* e controle de congestionamento. Dessa forma, a frase de busca foi composta adotando os operadores lógicos e termos em inglês, sendo ela:

(((*caching* OR *cache*) AND 5G) AND (latency OR *QoS* OR *QoE* OR control congestion))

A frase de busca será adaptada de acordo com as regras do *Academic Search Engine* (ASE) para manter-se respeitando a semântica. Vale ressaltar que na frase de busca, não será incluído o termo *fog computation* por se tratar de um conceito novo, e possuir

divergências de nomenclatura. Entretanto, será tratado durante a execução do critérios de seleção.

O mecanismos de busca selecionados são: *ACM Digital Library*, que é especializado em conteúdo voltados para a área de computação. O *IEEE Explore* que apresenta um número substancialmente bom de periódicos da área assim como revistas específicas e, *Web of Science* o mecanismo que apresenta melhor avaliação em relação a seus recursos segundo [Buchinger et al. 2014].

O ano de publicação será definido como critério objetivo. Como redes móveis 5G são uma tecnologia relativamente nova, ainda emergente, com definições em aberto e, com muitas mudanças recentes. Somente serão consideradas publicações a partir do ano de 2016, que é o ano em que se iniciou o desenvolvimento de padronização pelo 3GPP. Um segundo critério objetivo será considerar somente artigos primários.

Para além disso, os seguintes critérios de seleção são definidos:

1. Inclusão:
 - (a) Artigos que possuem temas relacionados a *fog computing* ou que sejam voltados para *edge-centric* e não abordem estratégias de *caching* D2D.
2. Exclusão:
 - (a) Disponibilidade, o artigo que não estiver disponível em uma plataforma gratuita na Internet deve ser removido.
 - (b) Unicidade, o artigo replicado deve ser removido.
 - (c) O artigo não relacionado ao contexto de redes móveis 5G deve ser removido.
 - (d) O artigo que abordar estratégias de *caching* (D2D) deve ser removido.
 - (e) O artigo que abordar temas relacionados a eficiência energética deve ser removido.

A Seleção de artigos poderá ser executada por mais de um pesquisador. Assim, com a intenção de solucionar divergências de seleção, será realizada mediação através de contagem. Se pelo menos um pesquisador selecionar o artigo através de um critério de inclusão o artigo é considerado e, se atender ao critério exclusão, por pelo menos um pesquisador, deverá ser desconsiderado. Cada critério será avaliado individualmente e seguindo a ordem estabelecida.

A priorização será definida ordenando os artigos selecionados quanto ao número de citações e, em ordem decrescente quanto ao ano de publicação, para priorizar leituras de soluções recentes e com maior visibilidade. A validação do protocolo será realizada com algumas execuções piloto com uma quantidade menor de artigos. Em seguida o protocolo será refinado com auxílio do orientador. A extração dos dados deve responder as perguntas secundárias definidas. Ao concluir a revisão é necessário identificar e mencionar durante a síntese possíveis vieses que comprometam a integridade da pesquisa, se houver.

Referências

Behraves, R., Coronado, E., Harutyunyan, D., and Riggio, R. (2019). Joint user association and vnf placement for latency sensitive applications in 5g networks. In *2019 IEEE 8th International Conference on Cloud Networking (CloudNet)*, pages 1–7.

- Buchinger, D., Cavalcanti, G. A. S., and Hounsell, M. S. (2014). Mecanismos de busca acadêmica: uma análise quantitativa. *Revista Brasileira de Computação Aplicada*, 6:108–120.
- Costa, F. R., da Rosa Righi, R., da Costa, C. A., and Both, C. B. (2019). Nuoxus: A proactive caching model to manage multimedia content distribution on fog radio access networks. *Future Generation Computer Systems*, 93:143 – 155.
- Harutyunyan, D., Shahriar, N., Boutaba, R., and Riggio, R. (2019). Latency-aware service function chain placement in 5g mobile networks. In *2019 IEEE Conference on Network Softwarization (NetSoft)*, pages 133–141.
- Mach, P. and Becvar, Z. (2017). Mobile edge computing: A survey on architecture and computation offloading. *IEEE Communications Surveys Tutorials*, 19(3):1628–1656.
- Mao, Y., You, C., Zhang, J., Huang, K., and Letaief, K. B. (2017). A survey on mobile edge computing: The communication perspective. *IEEE Communications Surveys Tutorials*, 19(4):2322–2358.
- Parvez, I., Rahmati, A., Guvenc, I., Sarwat, A. I., and Dai, H. (2018). A survey on low latency towards 5g: Ran, core network and caching solutions. *IEEE Communications Surveys Tutorials*, 20(4):3098–3130.