

Simulação de Arquitetura C-RAN no NS-3: Dificuldades e Experiências

Paulo Henrique A. Pereira, Ermínio Augusto Ramos da Paixão e Diego Lisboa Cardoso

Resumo—A C-RAN (*Cloud Radio Access Network*) é considerada uma das mais proeminentes propostas para a nova geração de redes móveis, solucionando problemas tais como aumento da segurança da rede, agilidade no controle, gerenciamento e flexibilidade. As ferramentas de simulação de redes de computadores auxiliam neste processo, possibilitando variação de cenários de estudo e mudança de parâmetros (protocolos, equipamentos, tecnologias de acesso, entre outros). Este artigo de iniciação científica visa transmitir as dificuldades e experiências obtidas ao adaptar um simulador de eventos discretos para a tecnologia C-RAN.

Palavras-Chave—C-RAN, Simulação, Redes Móveis.

I. INTRODUÇÃO

Com a evolução da comunicação, a demanda por maiores capacidades de conexão e qualidade tem norteado a área das redes móveis. Tais necessidades levantaram diversas possibilidades para as redes de 5ª geração e, dentre elas, destaca-se a C-RAN, que é uma solução viável para atender aos requisitos de capacidade, ao mesmo tempo em que atende aos problemas de escalabilidade relacionados ao poder de processamento [1].

Mesmo sendo uma arquitetura bastante popular, um estudo *a priori* de seus parâmetros e cenários de implantação é necessário, de modo a evitar que tecnologias sejam desconsideradas e/ou restringidas de serem aplicadas. Desta forma, a simulação é uma abordagem bastante atrativa.

A escolha do simulador NS-3 (*Network Simulator*), em detrimento dos demais existentes, se dá pela sua natureza de código aberto e grande comunidade ativa de usuários, onde é incentivado o desenvolvimento de novas ferramentas dentro dele, a fim de complementar as funcionalidades do simulador.

A. C-RAN

A arquitetura de rede móvel C-RAN se dá pela divisão de estações base em duas entidades físicas: um *Remote Radio Head* (RRH) e uma *Baseband Unit* (BBU). As BBUs de várias estações base são agrupadas em um *BBU pool* centralizado. O fardo da imensa transmissão de dados de alta velocidade cai sobre os enlaces entre RRHs e a *BBU pool*, chamado de *fronthaul*. O *fronthaul* é um dos desafios na implementação da C-RAN, pois ele deve suportar um enorme tráfego de dados com latência mínima, cerca de 100 – 200 μ s. Em uma fibra óptica isso possibilita a associação de RRHs em uma *BBU pool* num raio de 20 – 40km [2].

Paulo Henrique A. Pereira, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém-PA, Brasil. Ermínio Augusto Ramos da Paixão e Diego Lisboa Cardoso, Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Pará, Belém-PA, Brasil, E-mails: paulohenrique99.10@gmail.com, hermespaixao@gmail.com, dlistboacardoso@gmail.com. Este trabalho foi parcialmente financiado pelo CNPq e Propesp.

II. DESENVOLVIMENTO

O módulo do simulador NS-3 não conta com características que simulem o comportamento de RRHs ou BBUs, logo, foi tomada a abstração de utilizar uma antena como RRH e adicionar nós na rede que representariam *BBU pools* e servidores. Foram modelados como enlaces de fibra óptica conectando RRHs e BBUs (de maneira - a melhor representar o desempenho das tecnologias propostas a serem utilizadas) enlaces ponto-a-ponto com características de latência, *data rate* e MTU (*Maximum Transmission Unit*) equivalentes a uma fibra óptica, devido à inexistência de um módulo que simule, de fato, uma fibra.

Houve, então, a adaptação do núcleo da rede LTE (*Long Term Evolution*), esta adaptação deu-se pela implementação dos elementos que representam a BBU Pool juntamente com os componentes da EPC (*Evolved Packet Core*), e a alteração das especificações dos enlaces que conectam o eNB (*Evolved Node B*) ao nó SGW (*Serving Gateway*)/PGW (*Packet Data Network Gateway*), de modo que os parâmetros atribuídos a ele sejam compatíveis com o esperado de um enlace *fronthaul* segundo literatura. Adicionalmente foi configurado um módulo responsável por acrescentar funcionalidades de auto-gerência aos componentes gerenciáveis pela BBU conforme preconiza a arquitetura C-RAN.

A. Cenários

A simulação aborda a construção da topologia C-RAN composta por equipamentos controladores de fluxo. Isso se dá pela adição do módulo OFSwitch13 [3], responsável por simular switches OpenFlow aplicáveis em SDNs (*Software-Defined Networks*), o que possibilita tomada de decisões em tempo de execução, funcionalidades aproveitadas neste cenário. As RRHs têm os seguintes números de clientes conectados: {70, 45, 50, 45, 60, 55, 65, 60, 65, 45, 60, 65, 50, 45, 45, 50, 45, 60, 50}, baseado em [2].

A ferramenta desenvolvida para validação foi a utilizada em [4] aplicada em uma pesquisa direcionada a otimizar o balanceamento de carga nas BBUs, portanto, características relacionadas a controle de fluxo são imprescindíveis para a utilização da simulação como ferramenta de pesquisa. Para adicionar as funcionalidades desejadas, foi então implementado o uso de switches OpenFlow representando os setores das BBUs e a estrutura equivalente ao *BBU pool* como um todo.

Utilizando as funcionalidades do módulo OFSwitch13 foi possível adicionar na *BBU pool* a capacidade de, ao chegar um pacote novo, decidir qual setor das BBUs nele contidos

será responsável por gerenciar o tráfego do cliente que gerou o pacote, de modo que é possível inserir na *BBU pool* diferentes políticas de alocação e analisar os resultados gerados pela simulação.

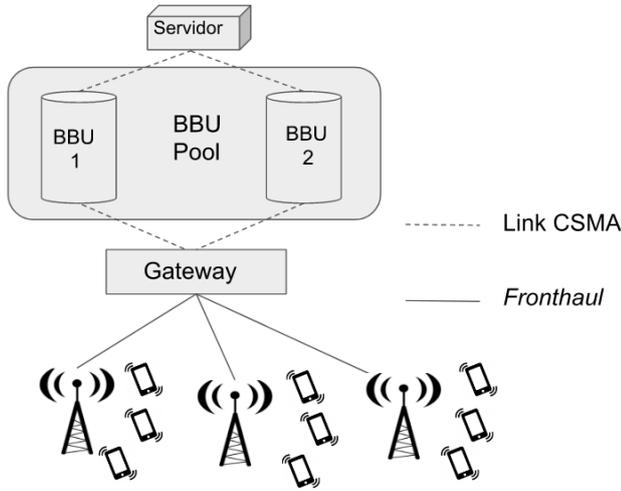


Fig. 1. Representação gráfica do cenário desenvolvido

III. RESULTADOS

O cenário otimizado (balanceamento através do uso de SDN para distribuição dos fluxos entre os BBUs) foi comparado com aquele de um *benchmark* (sem balanceamento). A medida de desempenho avaliada foi o KPI (*Key Performance Indicator*) de chamadas bloqueadas. As aplicações são compostas por um fluxo UDP (*User Datagram Protocol*) de 2 pacotes por segundo, cada pacote com 1024 bytes de *payload*.



Fig. 2. Fluxograma de chegada de novo pacote

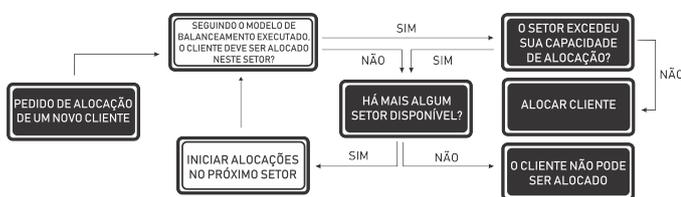


Fig. 3. Fluxograma de alocação de novo cliente

Os fluxogramas representam os dois modelos-chave do mecanismo de alocação de clientes aos setores das BBUs. O primeiro representa o evento de chegada de um pacote na *BBU pool*, na Fig. 2 é analisado se o usuário que gerou este pacote já foi alocado a algum setor, sendo assim, o primeiro pacote de todos os clientes deverão passar por um processo de alocação, representado pela Fig. 3. Os pacotes seguintes

dos clientes já devem seguir pelos setores estabelecidos no processo de alocação, os que não forem alocados, terão seus pacotes perdidos. A tabela abaixo resume os dados coletados a partir da simulação.

TABELA I
RESULTADOS

	Sem Balanceamento	Com Balanceamento
Número de usuário atendidos	950	1030
% média de ocupação das BBUs	78.91%	85.83%
Pacotes perdidos	7520	0
Delay médio (ns)	36165061.36	36341874.96
Jitter médio (ns)	436761.1017	450667.8872

IV. CONCLUSÃO

Este artigo visa relatar as experiências obtidas ao adaptar o módulo LTE do simulador NS-3 para que ele sirva como aproximação para um cenário de implantação da C-RAN. A estrutura da simulação ainda está aberta a diversos desenvolvimentos para evoluir como modelo de simulação comparável a uma implementação real da C-RAN. O cenário desenvolvido se mostrou aplicável em pesquisas na área e pode ser evoluído para atender à demanda de diferentes pesquisas que envolvam o desenvolvimento da C-RAN. Como prospectiva de trabalhos futuros há a adição de suporte a elementos esperados para a nova geração de telefonia móvel, como *Massive MIMO* (*Multiple Input Multiple Output*), *mmWave* (*Millimeter wave*), dentre outros, e é visada a possibilidade de substituir algumas abstrações feitas durante o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] Bastos, A. V., & da Silva Júnior, D. C., *Minicurso-Cloud Radio Access Network (CRAN): Tecnologia Emergente para Arquiteturas de Redes Celulares de 5G*, Agosto, 2016.
- [2] Khan, M., Alhumaima, R. S., Al-Raweshidy, H. S., *Quality of service aware dynamic BBU-RRH mapping in cloud radio access network*. Emerging Technologies (ICET), 2015 International Conference on. IEEE, 2015. p. 1-5.
- [3] Chaves, L., Garcia, I., Madeira, E., *OFSwitch13: Viabilizando o uso do OpenFlow 1.3 no ns-3*, Junho, 2016.
- [4] Paixão, E., Vieira, R., Araújo, W., Cardoso, D., *Mapeamento otimizado entre RRH-BBU visando o balanceamento de carga em arquitetura C-RAN utilizando inteligência computacional*, in press.
- [5] Cisco, *O tráfego mundial de dados móveis aumentará 7 vezes entre 2016 e 2021*, https://www.cisco.com/c/pt_pt/about/press/news-archive-2017/20170208.html, Novembro, 2017.
- [6] Ericsson, *Ericsson's fiber fronthaul solution deployed for China Mobile's LTE C-RAN*, http://www.ericsson.com/news/140707-ericssons-fiber-fronthaul-solutiondeployed_244099436_c, Novembro, 2017.
- [7] Piro, G., Baldo, N., and Miozzo, M., *An LTE module for the ns-3 network simulator*. Proceedings of the 4th International ICST Conference on Simulation Tools and Techniques, Março, 2011.