

Análise Inicial do Consumo Energético de Redes 4G/5G com Rádio Definido por Software

João Victor J. A. Benevides, João Otávio B. Nascimento, Ruan P. Alves,
Wilker O. Feitosa, Erik R. B. Falcão, Victor F. Monteiro e Fco. Rodrigo P. Cavalcanti

Resumo—Visando a abertura da rede e redução de custos com equipamentos, funções de rede antes implementadas em *hardware* estão sendo substituídas por *software*, conceito chamado rádio definido por *software*, do inglês *software defined radio* (SDR). Entretanto, é necessário analisar o impacto energético desse novo paradigma. Neste contexto, apresentamos uma plataforma para avaliar o consumo de energia em dispositivos 4G e 5G usando SDR. Resultados iniciais indicaram maior consumo com processamento no 5G devido a esquemas de codificação e modulação mais altos. Ambos os dispositivos consumiram menos energia com processamento quando desconectados.

Palavras-Chave—SDR, USRP, eficiência energética, 5G.

Abstract—Aiming for network openness and equipment cost reduction, network functions previously implemented in hardware are being replaced by software, a concept called software defined radio (SDR). However, it is necessary to analyze the energy impact of this new paradigm. In this context, we present a platform to evaluate energy consumption in 4G and 5G devices using SDR. Initial results indicated higher processing consumption in 5G due to higher modulation and coding schemes. Both devices consumed less processing energy when disconnected.

Keywords—SDR, USRP, energy efficiency, 5G.

I. INTRODUÇÃO

À medida que as operadoras de telecomunicações querem um ecossistema mais diversificado de fornecedores, o conceito de rede de acesso aberta, do inglês *Open Radio Access Network* (O-RAN), ganha força para que as operadoras usem componentes de diferentes fabricantes. Essa abertura da rede permite não apenas a compatibilidade de equipamentos de fornecedores diferentes, mas também que parte das funções da rede sejam implementadas na forma de *software* ao invés de *hardware*. Um sistema que implementa em *software* funções de rádio tipicamente implementadas em *hardware* é chamado de rádio definido por *software*, do inglês, *software defined radio* (SDR). Uma das principais vantagens dos SDRs é que eles oferecem uma rápida e barata implementação de redes compatíveis com a padronização permitindo que pesquisadores e desenvolvedores implementem e testem suas soluções em uma rede real de forma rápida e com baixo custo como feito em [1], [2].

Os autores fazem parte do Grupo de Pesquisa em Telecomunicações sem Fio (GTEL) da Universidade Federal do Ceará (UFC). Os trabalhos de João Victor J. A. Benevides, João Otávio B. Nascimento, Victor F. Monteiro e Fco. Rodrigo P. Cavalcanti foram financiados pelo CNPq, números dos processos: PIBIC-133735/2023-0, PIBITI-128683/2023-6, DT-308267/2022-2 e DT-303625/2022-8, respectivamente. Os autores também agradecem o suporte financeiro do projeto FUNCAP/Universal número UNI-0210-00043.01.00/23.



Fig. 1: Plataforma de avaliação.

Essa *softwarização* da rede tem um custo. Em particular, o consumo de energia representa de 15% a 30% dos gastos operacionais da rede [3]. Logo, o sucesso da implantação de redes baseadas em *software* depende da capacidade de responder às seguintes perguntas: i) Quanta energia é consumida por SDRs? ii) Quais parâmetros afetam seu consumo de energia? iii) Como podemos reduzir os custos de energia?

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo apresentar uma plataforma de avaliação, do inglês *testbed*, baseada em SDR usada para investigar as respostas para as perguntas acima listadas. Além disso, apresentamos resultados iniciais de uma comparação do consumo de energia de um equipamento de usuário, do inglês *user equipment* (UE), de quarta geração (4G) e um UE de quinta geração (5G).

II. PLATAFORMA DE AVALIAÇÃO

Uma rede baseada em SDR consiste em rádios de telecomunicação, uma plataforma de *software* e computadores. Os rádios são responsáveis pela transmissão e recepção de sinais, enquanto a plataforma de *software* substitui funções anteriormente implementadas em *hardware*. Os computadores executam essa plataforma. Os rádios variam em configuração e preço, como USRP, bladeRF e LimeSDR. OpenAirInterface e srsRAN são exemplos de plataformas SDR para redes 4G/5G.

Em nosso experimento, usamos como computadores: 1 mini-PC Dell OptiPlex 3070 e 1 *desktop* (equipamentos pretos em Fig. 1); como rádio: 2 USRPs B210 (equipamentos brancos em Fig. 1) com antenas VERT2450; e como plataforma: srsRAN e Open5GS. Mais especificamente, para 4G e 5G usamos implementações de UE e estação rádio base, do inglês *base station* (BS), do srsRAN, mas código do núcleo da rede, do inglês *core network* (CN), do Open5GS. Com relação

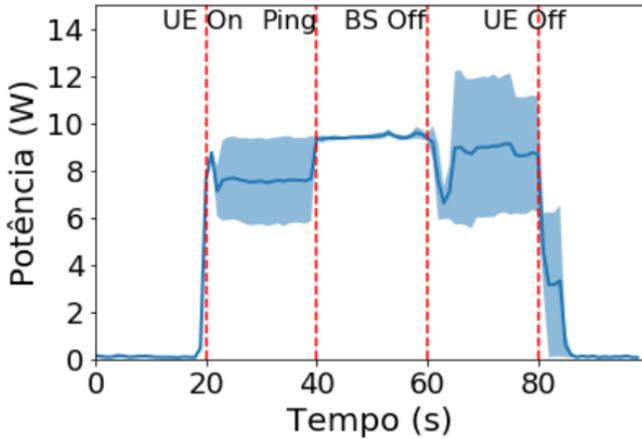


Fig. 2: Potência gasta por UE 4G.

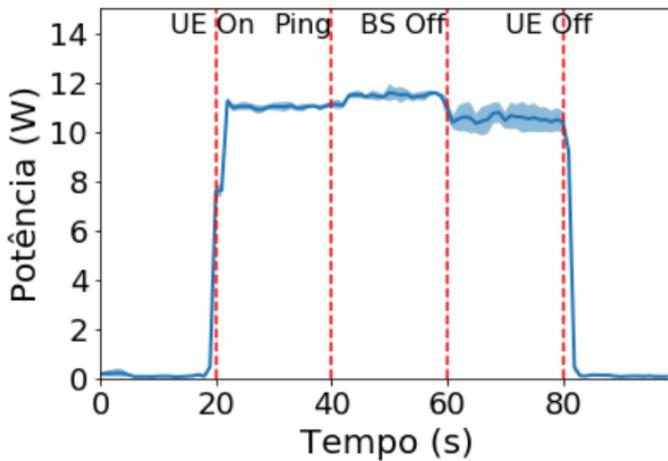


Fig. 3: Potência gasta por UE 5G.

à aferição da potência consumida, utilizamos o Turbostat. Este programa é uma ferramenta de linha de comando do Linux que exibe medições contínuas de diferentes parâmetros da unidade central de processamento, do inglês *central processing unit* (CPU). A escolha dessas ferramentas deu-se devido a análises prévias apresentadas em [1] e [4].

III. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

O experimento foi realizado com BS e UE situados próximos um ao outro. Ele teve duração de 100 s. Durante esse tempo 4 ações foram realizadas: 1) inicializou-se o software de 4G/5G do UE aos 20 s; 2) aos 40 s, o UE passou a realizar um *ping* periódico; 3) aos 60 s, a BS foi desligada; 4) e aos 80 s, o software 4G/5G do UE foi desligado. O mesmo procedimento foi repetido 10 vezes tanto para o sistema rodando a rede 4G quanto para a rede rodando o 5G.

As figuras 2 e 3 apresentam a evolução temporal da potência consumida pela CPU dos UEs quando conectado às redes 4G e 5G, respectivamente. A área sombreada em azul representa o intervalo que conteve todos os possíveis resultados obtidos considerando as diferentes repetições. A linha azul escura representa o valor médio desse intervalo.

Primeiramente, veja que, no 5G, atingiram-se patamares maiores de potência consumida. Isso é justificado pelo fato de

no 5G ter-se obtido uma melhor qualidade de sinal, e assim, ter-se usado esquemas de modulação e codificação, do inglês *modulation and coding scheme* (MCS), mais altos, o que por sua vez implica maior carga de dados a serem processados.

Além disso, note na figura que o consumo de potência do UE 4G tem uma dependência maior do serviço em uso do que a potência consumida pelo UE 5G. Isso ocorre porque o *software* utilizado pelo UE 5G normalmente consome mais potência por rodar mais processos. É possível que outras implementações tenham maior eficiência energética caso adotem uma implementação mais *clean* da pilha de protocolos 5G.

Interessante perceber que quando a BS foi desligada, ou seja, no momento em que o UE perdeu conexão, o consumo médio de energia gasto com processamento tanto do UE 4G quanto do UE 5G diminuiu. Isso é justificado pelo fato de que naquele momento não havia nem dados nem sinalização de controle a serem processados pelos UEs, reduzindo assim o consumo de potência da CPU.

IV. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

O presente trabalho apresentou resultados iniciais obtidos na análise de consumo de energia em UEs 4G e 5G quando a rede é implementada com SDR. Vimos que o uso de MCSs mais altas implicou em maior consumo de energia devido à maior carga de dados a serem processados. Além disso, em média, quando desconectados, os UEs gastaram menos energia com processamento por não haver nem dados nem sinalização.

Na continuação desse estudo, faremos também a análise do consumo de energia na parte de rádio frequência para comparar o gasto de energia com processamento e com transmissão/recepção de ondas eletromagnéticas. Além disso, iremos analisar o gasto energético no UE e na BS, pois as demandas entre esses dois nós são distintas. O principal objetivo desses estudos é, após a identificação dos principais consumidores de energia, propor soluções para economia de energia.

REFERÊNCIAS

- [1] R. P. Alves, J. G. A. da S. Alves, M. R. Camelo, W. de O. Feitosa, V. F. Monteiro e F. R. P. Cavalcanti, “Experimental comparison of 5G SDR platforms: srs-RAN x OpenAirInterface,” em *XLI Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e Processamento de Sinais (SBt)*, 2023, pp. 1–5.
- [2] W. de O. Feitosa, R. A. da Silva, V. F. Monteiro e F. R. P. Cavalcanti, “RSRP Prediction on LTE Network Testbed Using a Software Defined Radio (SDR) Platform,” em *XL Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e Processamento de Sinais (SBt)*, 2022, pp. 1–5. DOI: 10.14209/sbrt.2022.1570814230.
- [3] N. Corporation, “5G Network Energy Efficiency,” Nokia Corporation, White Paper, 2016.
- [4] R. Ebrahim, F. Luvhengo, M. Vilakazi, L. Mamushiane e A. A. Lysko, “Software Tools for Power Consumption Monitoring of Open 5G and Beyond Research: A Review,” em *IEEE AFRICON*, 2023, pp. 1–6. DOI: 10.1109/AFRICON55910.2023.10293355.