

# Novo Escalonador para Rede LTE

Renê P. de Oliveira  
UTFPR – Ponta Grossa  
Av. Monteiro Lobato  
018996086540  
renepomilio@gmail.com

Lourival A. Góis  
UTFPR – Ponta Grossa  
Av. Monteiro Lobato  
04232204800  
gois@utfpr.edu.br

Augusto Foronda  
UTFPR – Ponta Grossa  
Av. Monteiro Lobato  
04196383381  
foronda@utfpr.edu.br

## RESUMO

LTE é uma tecnologia celular desenvolvida para prover comunicações entre terminais com aplicações de voz, vídeo e dados com Qualidade de Serviço. A especificação do LTE deixa o desenvolvimento do escalonador, que é o responsável por selecionar o usuário que vai transmitir em um determinado instante, em aberto. Vários escalonadores existem na literatura, como RR, PF e MLWDF. Como nenhum escalonador garante o *delay* solicitado pelo usuário e maximiza o número de terminais no sistema, este trabalho propõe um novo escalonador com estes objetivos. Será demonstrada a ideia principal do novo modelo e alguns resultados analíticos do mesmo.

## Palavras Chave

LTE, Escalonador, *Delay*.

## ABSTRACT

LTE is a mobile technology developed to provide communication between terminals with voice, video and data applications with Quality of Service. The specification of LTE makes the development of the scheduler open. The scheduler is responsible for selecting the user that will transmit at a given moment and there are several schedulers in the literature, such as RR, PF and MLWDF. These schedulers cannot guarantee the delay requested by the user and maximizes the number of terminals in the system, and then this paper proposes a new scheduler with these goals. The main idea of the new model and some of the analytical results will be demonstrated.

## Keywords

LTE, Escalonador, *Delay*.

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento do mercado de dispositivos móveis que usam pacotes de banda larga, fez com que as operadoras de telefonia móvel começassem a migrar para uma tecnologia mais eficiente de transmissão de pacotes de dados, fornecendo Qualidade de Serviço (QoS) para as aplicações dos usuários. O LTE (*Long Term Evolution*), mais conhecido como rede 4G, surgiu para suprir essa demanda de crescimento fazendo com que os terminais tivessem uma transmissão de dados com baixo *delay*, alto *throughput*,

oportunidade de transmissão para todos os usuários e baixa perda de pacotes [1].

A tecnologia LTE tem como objetivo satisfazer as comunicações de Voz sobre IP (VoIP), redes sociais, *streaming* de vídeos em tempo real e transferência de arquivos para os terminais. Para isso, a arquitetura do LTE estabelece que a estação base, conhecida como *Evolved NodeB* (eNodeB), tenha um escalonador de pacotes para escolher qual terminal terá o direito de transmitir em determinado instante [2].

Alguns algoritmos escalonadores de pacotes são: *Round Robin* (RR), *Proportional Fair* (PF) e *Modified Largest Weighted Delay First* (M-LWDF). Estes escalonadores funcionam na camada *Medium Access Control* (MAC) e cada um tem uma característica diferente. Mas nenhum deles provê o atraso solicitado pelo usuário e ao mesmo tempo maximiza o número de terminais no sistema [3].

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um novo escalonador de pacotes com base no escalonador PF e escalonador *latency rate* (LR) [6], com o objetivo de garantir o atraso solicitado pelo usuário e maximizar o número de usuários no sistema.

## 2. ASPECTOS DO LTE

### 2.1 Topologia da Rede LTE

A topologia da rede LTE desenvolvida pelo 3GPP (*Third Generation Partnership Project*) é composta pelas E-UTRAN (*Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network*) [4] que contém a estação base eNodeB e é responsável por gerenciar toda a comunicação com os terminais UEs, como pode ser observado na Figura 1.

A eNodeB é responsável pela implementação e execução dos escalonadores de pacotes. Os escalonadores RR, PF, M-LWDF serão considerados neste trabalho e usados para comparação com o novo escalonador proposto. Os resultados de *delay* e *throughput* serão usados para analisar o desempenho do novo modelo.

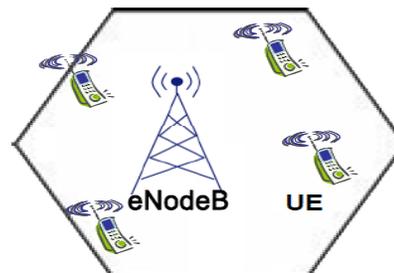


Figura 1. Topologia rede LTE

## 2.2 Round Robin

O RR define um intervalo de tempo para cada processo, mantendo o mesmo intervalo constante de transmissão para cada usuário no sistema. Embora isso faça com que o eNodeB não tenha esforço nenhum para definir qual usuário vai ser selecionado, a desvantagem é que este escalonador não considera o estado do enlace nem o atraso requisitado pelo usuário [7].

## 2.3 Proportional Fair

O PF seleciona o usuário com a melhor taxa de dados instantânea com relação a sua taxa média de dados, requisitando um esforço maior do eNodeB para informar os UEs sobre suas posições de *slot*. Este escalonador tenta alocar os usuários de maneira mais justa considerando o estado do enlace, conforme a equação (1) abaixo. Mas também não considera o atraso requisitado pelo usuário [8].

$$\frac{r_j(t)}{R_j(t)} \quad (1),$$

onde  $r_j(t)$  é a taxa do canal de usuário  $j$  e  $R_j(t)$  é a taxa média do canal do usuário  $j$ .

## 2.4 Modified Largest Weighted Delay First

O MLWDF é utilizado para suportar vários usuários com diferentes requisitos de QoS, priorizando determinado usuário com maior atraso de pacotes e com melhores condições de canal com relação à média, conforme equação (2). Embora este escalonador considere o *delay* para a seleção dos usuários, não é o atraso especificado pelo usuário e também não maximiza o número de terminais no sistema [5].

$$W_{(i)} = -\frac{\log \delta_i}{\tau_i} W_t \frac{r_{(i)}}{R_{(i)}} \quad (2),$$

onde  $W_t$  representa o primeiro pacote que será transmitido na fila a exceder o limite de atraso,  $\tau_i$  é o limite de atraso do pacote e  $\delta_i$  é a probabilidade máxima de atraso do pacote.

## 3. DESCRIÇÃO DO NOVO MODELO

A Figura 2 ilustra uma rede LTE com a proposta do novo escalonador, que é baseado em um escalonador LR modificado e utiliza o algoritmo do balde de fichas. A abordagem básica consistirá que o balde de fichas formata o tráfego de entrada e o escalonador seleciona uma determinada UE para transmitir em cada *time slot*.

O balde de fichas vai determinar seus parâmetros (tamanho e taxa) a partir dos dados do tráfego de entrada. Com os parâmetros do balde, mais a taxa física do meio e o *delay* solicitado pelo usuário vai ser calculado um valor para cada usuário usando uma função. Com isso é possível determinar o número máximo de usuários para satisfazer um determinado *delay* [6].

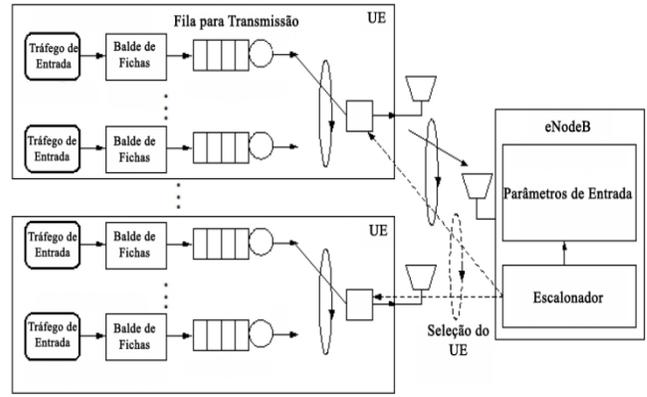


Figura 2. Rede LTE com novo escalonador

## 4. RESULTADOS ANALÍTICOS

Esta seção demonstra alguns resultados analíticos preliminares do novo modelo. A Figura 3 mostra o tráfego de entrada usado na simulação.

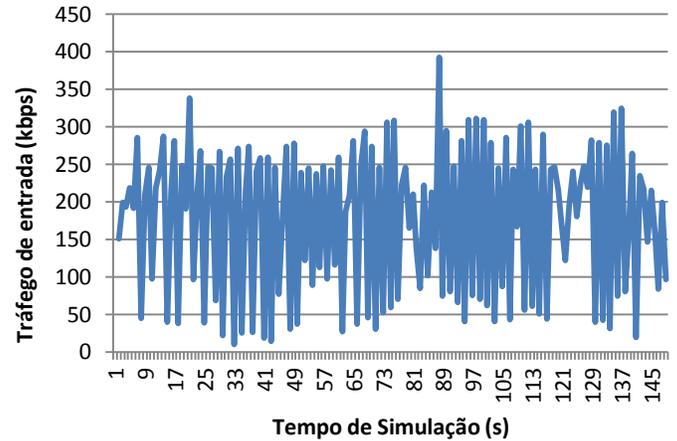


Figura 3. Tráfego de Entrada.

A partir desse tráfego de entrada foram calculados os valores do balde de fichas que podem ser vistos na tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros do Balde de Fichas

Tamanho do Balde de Fichas (bits)	Taxa do Balde de Fichas (kbps)
15000	400

Com os parâmetros do balde de fichas, mais a taxa física do meio e o atraso solicitado pelo usuário, com o novo escalonador pode-se determinar a taxa do usuário para atender o atraso e a quantidade de usuários no sistema, como pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros de Entrada e Saída

Parâmetros de Entrada	
Taxa Física do Meio (bps)	36000000
Delay (s)	0,2
Tamanho do Balde de Fichas (bits)	15000
Taxa do Balde de Fichas (bps)	400000
Parâmetros de Saída	
Taxa do Usuário (bps)	400000
Número de Usuários	80

Com a taxa do usuário, será desenvolvida uma nova função baseado na equação (1), que vai ser criada para selecionar o usuário que pode transmitir em cada *time slot*.

## 5. AGRADECIMENTOS

Agradeço a CAPES pelo apoio financeiro na concessão da bolsa de estudos.

## 6. CONCLUSÃO

Futuros testes que serão realizados poderão comprovar que o escalonador proposto, a partir da implementação do algoritmo no simulador poderá suprir a necessidade do usuário garantindo o atraso solicitado e maximizando o número de usuários no sistema. Até o momento foi desenvolvido o modelo analítico para o LTE, aplicado o tráfego de entrada e obtido os parâmetros de saída, para serem testados após a implementação do modelo proposto no simulador.

## 7. REFERÊNCIAS

- [1] Luiz P, Luiz V, Juan Rogriguez, Pedro Capelastegui, Guillem, Hernández-Sola, Lorena Calavia, Antonio Marqués, Borja Iribarne, Amandor Pozo and Antoine De Poorter, "Network Convergence and QoS for future multimedea services in the VISION project", *Computer Networks* 56, 1183-1199, DOI:10.1016/j.comnet.2011.11.018, 2012.
- [2] D.McQueen, "The momentum behind LTE adoption," *IEEE Communication Magazine*, vol. 47, no. 2, pp. 44-45. Feb. 2009.
- [3] Erik Dhlman, Stefan Parkvall and Joahn Sköld, "4G LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband", Copyright © 2011.
- [4] 3GPP, *Tech. Specif. Group Radio Access Network Requirements for Evolved UTRA (E-UTRA) and Evolved UTRAN (E-UTRAN)*, 3GPP TS 25.913.
- [5] R. Basukala, H. M.Ramli, and K. Sandrasegaran, "Performace analysis of EXP/PF and M-LWDF in downlink 3GPP LTE system," in *Proc. Of First Asian Himalayas Int. Conf. on Internet. AH-ICI*, Kathmandu, Nepal, Nov. 2009.
- [6] D. Stiliadis and A. Varma. *Latency-Rate Servers: A General Model for Analysis of Traffic Scheduling Algorithms*. In *IEEE-ACM Transactions on Networlink*, v. 6, pages 611-624, Oct 1998.
- [7] Claude Simon and Geert Leas "Round-Robin scheduling for timeva ying channel with limited feedback", *IEEE 10th workshop on signal processing advances in wireless communication*, 2009, ISBN-978-1-4-4244-3695-8, DOI: 10.1109/SPAWC.2009.5161781, Pp(s): 231-234.
- [8] H. Seo and B. G. Lee, "A proportional-fair power allocation scheme for fair and efficient multiuser OFDM systems," in *Proc. of IEEE GLOBECOM*, Dallas, TX, USA, Dec. 2004.