

Sobre o Transiente Inicial da Velocidade Média dos Nós no Modelo Levy-Walk e em *Traces* Humanos

Rogério B. Santos e Renato M. de Moraes

Resumo—É bem conhecido que o movimento humano possui padrões estatísticos comuns com o modelo de mobilidade Levy-Walk. Em simulações experimentais de modelos de mobilidade para estudos de redes sem fio, costuma-se descartar parte do tempo inicial da simulação para remover os efeitos do transiente. Este artigo mostra que o movimento humano possui características de estado transiente da velocidade média dos nós em comum com o Levy-Walk e, portanto, o estado transitório inicial é importante nesses casos e não deve ser descartado.

Palavras-Chave—Levy-Walk, modelos de mobilidade, velocidade média dos nós, transiente de simulação.

Abstract—It is widely known that human movement has common statistical patterns with the Levy-Walk mobility model. In experimental simulations of mobility models, part of the initial time of the simulation is usually discarded to remove the transient effects. This paper shows that human movement has transient state characteristics of node average speed in common with Levy Walk and the transient state should not be discarded.

Keywords—Levy walk, mobility model, node average speed, simulation transient.

I. INTRODUÇÃO

Os modelos de mobilidade são vastamente utilizados para simular o movimento de nós em redes sem fio [1]. Eles devem descrever as características de posição, velocidade e aceleração do movimento dos nós móveis e permitem que sejam feitas simulações para testes de protocolos de redes sem fio.

O modelo Levy-Walk tem sido de interesse de estudo por possuir semelhanças estatísticas com o movimento de animais e de seres humanos [2]. Movimentos aleatórios baseados no Levy-Walk são caracterizados pela maioria de movimentos curtos combinados com raros movimentos longos. Estes movimentos, chamados de voos, são a distância entre dois pontos que é percorrida sem pausas ou mudanças de direção.

Em [2], várias amostras de movimento humano (também denominadas *traces*) são adquiridas a partir de dados de GPS envolvendo voluntários. As amostras, disponíveis em [3] e aqui empregadas, foram analisadas e comparadas com simulações com parâmetros estimados dos *traces*.

Neste artigo foi estudada a velocidade média dos nós, que é uma propriedade de um ambiente de simulação dos modelos de mobilidade. Espera-se que ela se mantenha em torno de um valor constante não nulo após um certo tempo de simulação. Para testes de protocolos de redes sem fio e também em outras simulações, costuma-se eliminar algumas porções iniciais da

simulação do modelo de mobilidade, com a expectativa de descartar os efeitos do transiente [4], [1].

Este trabalho verifica que tanto no modelo de Levy-Walk como nos *traces* obtidos de movimentos reais de seres humanos de fato o transiente inicial existe e se assemelham. Sendo assim, para um correto procedimento de testes de protocolos de comunicação em redes sem fio que empregam tais movimentos, o transiente inicial não deve ser descartado da simulação.

O restante deste trabalho está dividido da seguinte forma. A Seção II descreve o modelo de mobilidade Levy-Walk e apresenta resultados de simulações destacando o transiente inicial na velocidade média dos nós. A Seção III apresenta resultados de *traces* de seres humanos indicando transiente inicial na velocidade média dos nós em função do tempo. Finalmente, a Seção IV conclui o artigo.

II. O MODELO DE MOBILIDADE LEVY-WALK

O movimento aleatório Levy-Walk é definido em [2] como uma seqüência de passos, cada um representado por uma tupla $S = (l, \theta, \Delta t_f, \Delta t_p)$, em que é realizado um voo seguido de uma pausa. θ é a direção do voo, $l > 0$ é o comprimento do voo, $\Delta t_f > 0$ é a duração do voo e $\Delta t_p \geq 0$ é o tempo de pausa. A cada passo, é escolhida uma direção uniformemente entre 0 e 2π , um tempo de voo baseado em alguma distribuição e um comprimento de voo e tempo de pausa a partir das distribuições de probabilidade $p(l)$ e $\psi(\Delta t_p)$, que são distribuições de Levy com coeficientes α e β , respectivamente. Para as simulações deste artigo foi utilizada a seguinte distribuição de Levy com um fator de escala c e expoente α , em termos de sua transformada de Fourier [2],

$$f_X(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-itx - |ct|^\alpha} dt. \quad (1)$$

A. Simulação do Modelo de Mobilidade Levy-Walk

No intuito de verificar o transiente inicial na velocidade média dos nós no modelo Levy-Walk, o seguinte cenário de simulação foi realizado [5]. A área de simulação é de 2000m x 2000m. O fator do tempo de pausa (β) foi definido como 0,5 e o fator do comprimento de voo (α) para variar entre 0,5 e 1,5. O comprimento máximo por voo (τ_l) e tempo máximo de pausa (τ_p) foram 1 km e 1000 s, respectivamente, correspondentes ao ponto de truncamento. O fator de escala (c) das distribuições do comprimento de voo e tempo de pausa foram 10 e 1, respectivamente. A velocidade do voo foi verificada como correlacionada com o comprimento do voo e foi modelada a partir dos dados dos experimentos pela relação

Rogério B. Santos e Renato M. de Moraes, Centro de Informática, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife-PE, Brasil, E-mails: rbs7@cin.ufpe.br, renatomdm@cin.ufpe.br. Este trabalho foi financiado pelo Programa Pibic/UFPE/CNPq.

$\Delta t_f = kl^{1-\rho}$, em que k e ρ são constantes definidas pelos experimentos citados neste artigo como $k = 18.72$ e $\rho = 0.79$ quando $l < 500m$, e $k = 1.37$ e $\rho = 0.36$ quando $l \geq 500m$. As tuplas que representam os passos foram descartadas caso ultrapassassem as bordas da área de simulação.

A Fig. 1 mostra a evolução da velocidade média de 100 nós em 50 simulações do Levy-Walk truncado para α com valores 0.5, 1.0 e 1.5. O valor de α influencia na difusividade do movimento, atuando também na velocidade média dos nós. No primeiro momento da simulação a velocidade atinge um valor máximo, começando depois a diminuir até um valor em que se mantém estável. Fica claro que nos três casos simulados é possível perceber o transiente inicial presente até aproximadamente os 750 segundos iniciais da simulação.

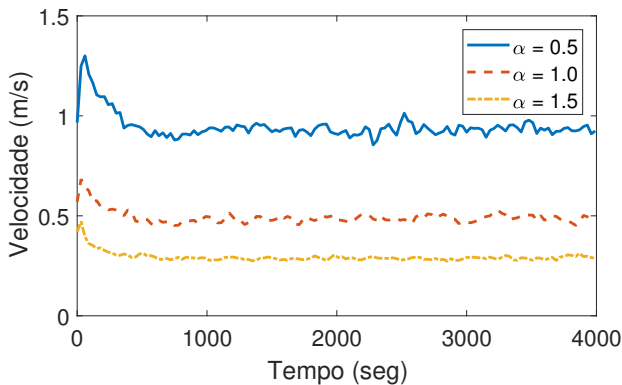


Fig. 1. Velocidade média dos nós na simulação do Levy Walk truncado para três valores de α .

III. Traces HUMANOS

Esta seção analisa dados de mobilidade (*traces*) humanos que foram adquiridos por GPS em dois campi de universidades (NCSU e KAIST), uma área metropolitana (New York), um parque temático (Disney) e uma feira estadual [3].

Os pontos dos *traces* possuíam intervalos de trinta segundos, correspondendo à média das leituras realizadas a cada dez segundos da posição XY em relação a um referencial. A partir dos *traces* foi aqui computado o gráfico da velocidade média dos nós. O tempo foi truncado ao menor tempo entre todos os voluntários para cada local para que se mantivesse o número de pessoas por local durante o tempo.

Uma análise visual dos gráficos da Fig. 2 permite perceber que a velocidade média dos humanos durante o experimento não inicia no regime estacionário. Na figura correspondente ao parque temático da Disney em Orlando nota-se que o transiente inicial atinge velocidades médias mais altas seguido de um decaimento até atingir o regime estacionário após aproximadamente 4000 segundos. Os *traces* correspondentes a NCSU e New York também possuem um claro transiente inicial seguido de um decaimento médio até um valor menor. Nas figuras que correspondem a KAIST e à quermesse estadual (ou *State fair*) percebe-se bastante flutuação, mas também fica claro que os maiores valores da velocidade média foram observados no início dos gráficos e apresentam, portanto, um transiente inicial.

Desta forma, fica claro que o movimento de seres humanos de fato apresenta transiente inicial a partir de dados obtidos de

traces ou de um modelo de mobilidade como o Levy-Walk, e portanto, não devem ser descartados para análise de protocolos de comunicação em redes sem fio que consideram mobilidade.

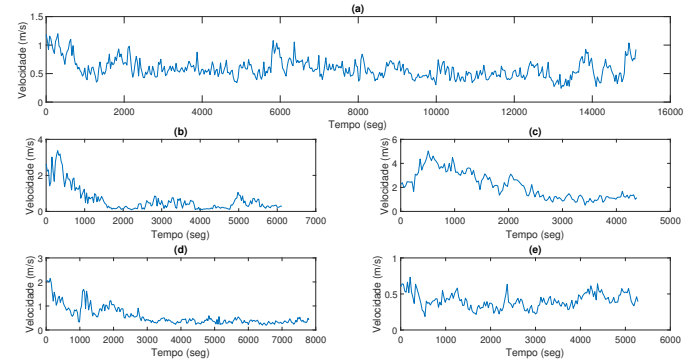


Fig. 2. Velocidade média dos nós em (a) KAIST, (b) NCSU, (c) New York, (d) Orlando, (e) State fair.

IV. CONCLUSÕES

Os resultados encontrados mostram a existência de um estado transitório tanto nos *traces* de humanos quanto na simulação de nós móveis executando o modelo de mobilidade Levy-Walk truncado. Isto é contrário ao costume observado na literatura em que se havia estabelecido com outros modelos de remover o transiente inicial de uma simulação. É possível conjecturar que este efeito é causado pela interferência das bordas da área onde foram feitos os testes. O Levy Walk truncado se diferencia do movimento humano por não refletir aspectos culturais, humanos e da própria área de teste, mas mesmo assim nossos resultados reforçam a semelhança entre ele e o movimento humano.

Fica em aberto para pesquisas futuras comparar protocolos de comunicação de redes sem fio empregando o Levy-Walk truncado com e sem a remoção do transiente para entender como isto afetaria o desempenho da rede.

REFERÊNCIAS

- [1] T. Camp, J. Boleng e V. Davies, “A survey of mobility models for ad hoc network research”, *Wireless comm. and mobile computing*, vol. 2, n° 5, pp. 483–502, 2002.
- [2] I. Rhee, M. Shin, S. Hong, K. Lee, S. J. Kim e S. Chong, “On the levy-walk nature of human mobility”, *IEEE Trans. on Net.*, vol. 19, n° 3, pp. 630–643, 2011.
- [3] —, *CRAWDAD dataset ncsu/mobilitymodels (v. 2009-07-23)*, Downloaded from <http://crawdad.org/ncsu/mobilitymodels/20090723>.
- [4] B. N. J. Yoon M. Liu, “A general framework to construct stationary mobility models for the simulation of mobile networks”, *IEEE Trans. Mob. Comput.*, vol. 5, n° 7, pp. 860–871, 2006.
- [5] I. Rhee, M. Shin, S. Hong, K. Lee, S. J. Kim e S. Chong, “On the levy-walk nature of human mobility”, em *Proc. of INFOCOM 2008*, Phoenix, AZ, USA, April, 2008.