

Аналитичен модел на широколентов хендовър в мобилни клетъчни мрежи

Екатерина Оцетова-Дудин, Димитър Радев

Abstract: A handover model of multidimensional traffic system with total priorities is suggested. The model includes two handover queues for voice calls and data transfer. Developed model is presented as two dimensional and three dimensional Markov chain and via balance equations are determined steady states. For this model is developed algorithm, which helps to determine blocking probability in dependence of handover queue's lengths.

Key words: Handover, Traffic system, Queuing systems.

ВЪВЕДЕНИЕ

Динамиката на мобилния трафик на потребителите е въпрос от особена важност за качеството на обслужване (QoS) в мобилните клетъчни мрежи. Решаване на този проблем се постига чрез прехвърляне на връзката от един радио канал към друг, при отдалечаване на мобилната (MS) от базовата станция (BS). Прехвърлянето се иницира от преминаване границите на клетките от хендовъра, чрез което се постига намаляване на трафичните загуби в системата. В работата е създаден аналитичен модел на широколентов хендовър за 3G и 4G мобилни клетъчни мрежи за определяне вероятностните параметри на QoS. Разработен е симулационен алгоритъм на предложения модел.

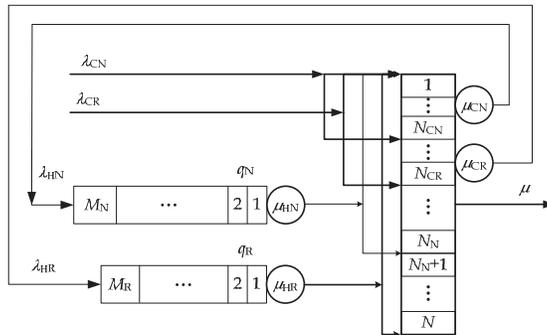
АНАЛИТИЧНО МОДЕЛИРАНЕ НА ШИРОКОЛЕНТОВ ХЕНДОВЪР

Един от основните проблеми при моделирането на широколентов хендовър в мобилните мрежи от 3^{то} поколение е вероятността за блокиране на повиквания след запълване капацитета на мрежата [2, 4]. За отстраняване на този недостатък в хендовърите за 4G мобилните мрежи се използва динамичен безжичен достъп, реализиран чрез приоритетни схеми [3]. При моделиране на IP трафика в мрежите от 4^{то} поколение се запазва мултимедийния характер на хендовъра, това налага използването на две опашки: първата за трафика в реално време (опашка за гласови повиквания), а втората за трафик със закъснение (опашка за пренос на данни).

Вероятността за блокиране на повикванията се изчислява чрез безразмерния трафичен модел на Zeng [4]. Този модел е подходящ за изследване на вероятности по-малки от 10⁻⁶ (редки събития) [3, 5].

На фиг.1 е показана схема с общи приоритети използвана при разработването на трафичния модел на широколентов хендовър.

Приоритетите в каналите на BS са дефинирани чрез максималния брой канали за: нови повиквания от данни N_{CN} ; за нови гласови повиквания N_{CR} ; за повиквания от опашката за данни $q_N - N_{HN}$ и за повикванията в опашката за трафик на говор $q_R - N_{HR}$. По този начин в предложения модел входящия трафик се разделя на реален (гласови повиквания) и трафик със закъснение (пренос на данни). Обслужването на новите повиквания се реализира с две различни средни интензивности - μ_{CN} за пренос от данни и μ_{CR} за гласовите повиквания.



Фиг. 1 - Модел на мултимедийна трафична система с общи приоритети

Новите повиквания имат средна интензивност λ_C , докато заявките чакащи в опашката на хендовъра - λ_H :

$$\lambda_C = \lambda_{CN} + \lambda_{CR}, \quad \lambda_H = \lambda_{HN} + \lambda_{HR}. \quad (1)$$

Новите заявки с данни със средна интензивност λ_{cH} запълват каналите от 1 до N_{CN} . Когато тези канали се заемат, повикванията се пренасочват към опашката q_N със средна интензивност λ_{cN} . Новите гласови повиквания на входа на BS заемат свободните канали от 1 до N_{CR} със средна интензивност λ_{cR} . Останалите гласови повиквания след запълване на каналите постъпват в опашката q_R със средна интензивност λ_{HR} .

Постъпилите в хендовъра нови заявки от данни имат най-нисък приоритет и се обслужват със средна стойност μ_{CN} . Следващо ниво на приоритет притежават новите гласови повиквания постъпващи на входа на хендовъра със средна интензивност на обслужване μ_{CR} . По-високо ниво на приоритет притежават заявките от данни в опашката q_N и се обслужват със средна интензивност μ_{HN} . Най-висок приоритет притежават гласовите повиквания намиращи се в опашката q_R , със средна интензивност на обслужване μ_{HR} .

В предложения трафичен модел са допуснати следните ограничителни условия:

- D₁ – Времето на задържане на заявките в каналите на BS и продължителността на обслужване на заявките в хендовъра са с експоненциален закон за разпределение. Като T_{CN} е времето на задържане на заявките с данни в BS; T_{CR} - времето на задържане на новите гласовите повиквания; T_{HN} - продължителността на обслужване на заявките в опашката q_N и T_{HR} – на гласовите повиквания в опашката q_R . Средните стойности на тези времена са:
 $E[T_{CN}] = 1/\mu_{CN}$, $E[T_{CR}] = 1/\mu_{CR}$, $E[T_{HN}] = 1/\mu_{HN}$ и $E[T_{HR}] = 1/\mu_{HR}$.

- D₂ - Средния брой на заетите канали се определя съгласно формулата на Литъл, където $E[C_{CN}]$ е средния брой нови заявки с данни; $E[C_{CR}]$ – средния брой на новите гласови повиквания; $E[C_{HN}]$ - средния брой на заявките с данни в опашката q_N и $E[C_{HR}]$ – на гласовите повиквания в опашката q_R .

$$\begin{cases} \lambda_{CN} = E[C_{CN}] \mu_{CN} \\ \lambda_{CR} = E[C_{CR}] \mu_{CR} \\ \lambda_{HR} = \{E[C_{HR}]\} (\mu_{CN} + \mu_{CR}) \\ \lambda_{HN} = \{E[C_{HN}] + L_N\} (\mu_{CN} + \mu_{CR}) \end{cases} \quad (2)$$

- D3 – Параметрите на трафичния модел се определят от уравнения на баланса на състоянията в тримерна Марковска верига, където равновесните състояния са представени чрез три неотрицателни целочислени променливи (i, j, k). По оста i са нанесени възможните заемания от гласови повиквания на каналите и опашката q_R (със стойност от 0 до $N+M_R$). По оста j - каналите в BS със стойност от 0 до N . По оста k са нанесени състоянията на опашката за трафик от данни в хендовъра със стойност от 0 до M_N [4].

Въз основа на направените допускания се определят вероятностните характеристики на системата:

- Вероятност за поява на блокирани повиквания на входа на BS.

$$B_C = B_{CR} + B_{CN} = \sum_{j=0}^{N_N} \sum_{i=N_N-j}^{N+M_R-j} \sum_{k=1}^{M_N} P(i, j, k), \text{ където} \quad (3)$$

$$B_{CN} = \sum_{j=0}^{N_{CN}} \sum_{i=N_N-j}^{N+M_N-j} P(i, j, k) \quad B_{CN} = \sum_{j=0}^{N_{CN}} \sum_{i=N_N-j}^{N+M_N-j} P(i, j, k)$$

- Вероятностите за препълване на опашките на хендовъра.

$$B_{HR} = \sum_{j=0}^{N_N} \sum_{k=0}^{M_N} P(N + M_R - j, j, k), \quad B_{HN} = \sum_{j=0}^{N_N} \sum_{i=N_N-j}^{N+M_R-j} P(i, j, M_N), \quad (4)$$

Определени са фиксираните дължини на опашките:

$$L_N = \sum_{k=1}^{M_N} k \sum_{j=0}^{N_N} \sum_{i=N_N-j}^{N+M_R-j} P(i, j, k), \quad L_R = \sum_{i=N+1}^{N+M_R} (i-N) \sum_{j=0}^{N_N} \sum_{k=0}^{M_N} P(i-j, j, k). \quad (5)$$

СИМУЛАЦИЯ НА ПРЕДЛОЖЕНИЯ МОДЕЛ

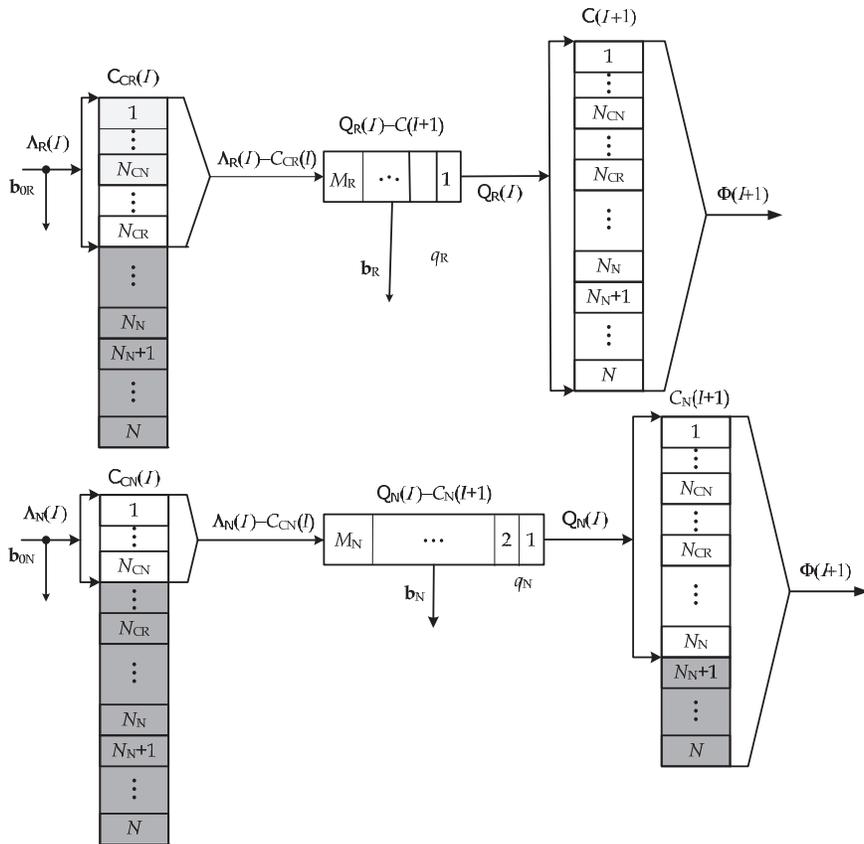
На Фиг. 2 е представена схема за симулационно изследване на ширококолентов хендовър, реализиран със схема с общи приоритети с две опашки.

В тази схема се предвижда изследване на четири вида вероятностни грешки: грешки от блокиране на нови гласови повиквания, от блокиране на трафик от данни на входа на каналите на BS, грешки от препълване на опашките в хендовъра (q_R и q_N). Тези грешки могат да бъдат анализират по методиката описана в [1].

Методиката на симулационните изследвания се реализира чрез алгоритъм за определяне на блокировките в каналите на BS и определяне на препълванията в опашките на хендовъра, реализиран чрез схема с общи приоритети, представен на фиг.3.

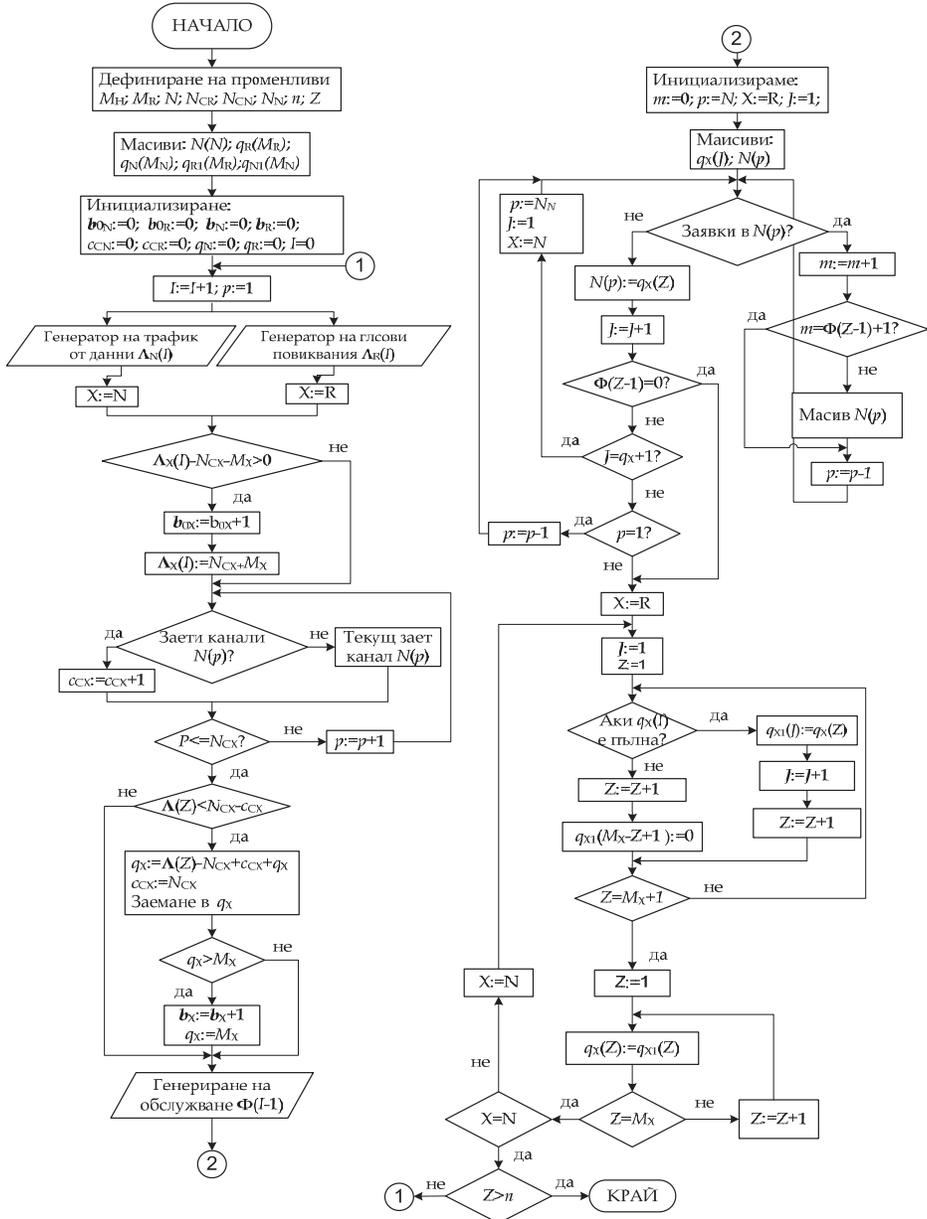
В симулационния алгоритъм са използвани три генератора на случайни числа, чрез които се генерират статични трафични гласови повиквания и трафик на данни, както и тяхното обслужване в каналите на BS.

Алгоритъмът дефинира променливи, масиви и иницира броячи. Входните параметри за симулационния модел са M_R – големина на опашката за гласови повиквания, M_N – големина на опашката за трафик от данни, N_C – брой канали в базовата станция, N_N – канали в хендовъра, N – общ брой канали и l – брой итерации за симулационния експеримент. Като променливи са дефинирани параметрите на симулационната процедура: C_{CN} – брой нови заявки с данни, C_{CR} – брой заети канали от нови гласови повиквания, C_{HN} – заявки с данни в опашката q_N . Като броячи са представени: b_{ON} и b_{OR} – брой блокирани повиквания в каналите на базовата станция, b_N и b_R – брой препълвания в опашките на хендовъра, p , m – текущи стойности на заети и свободни канали в каналите в BS и z – запълване на опашките на хендовъра, n – генерирани извадки.



Фиг. 2 - Симуляционен модел

Използвани са следните едномерни масиви от цели числа: $N(p)$ - свободни канали в буфера (от 1 до N), заети канали с нови заявки от данни - $C_{CN}(I)$, нови гласови повиквания - $C_{CR}(I)$, заявки от опашката за трафик на данни - C_N , заявки от опашката за гласови повиквания - $C_R(I)$, заемания в опашката за гласови повиквания - $Q_R(I)$ - (1 до M_R), в опашката за трафик на данни - $Q_N(I)$ (от 1 до M_N), и $\Phi(I)$ - обслужени повиквания.



Фиг. 3 - Симулационен алгоритъм

Чрез симулационния алгоритъм се определят броя блокирани повиквания в каналите на базовата станция – b_{OR} и b_{ON} (при запълнени канали N_{CR} и N_{CN}), броя препълвания в опашката за гласови повиквания - b_R (за случаите когато $L_R > M_R$ и запълнен капацитет на каналите в BS) и препълванията в опашката за трафик от

данни - b_N (при $L_N > M_N$ и запълнен капацитет на каналите).

Представеният алгоритъм е реализиран програмно на PHP. Проведени са симулационни изследвания за определяне на вероятностните параметри на QoS.

ИЗВОДИ

С помощта на тримерна Марковска верига при допуснатите ограничения – D_1 , D_2 и D_3 е анализиран предложени аналитичен модел на широколентов хендовър. Изведени са зависимости за вероятностите за: блокиране на повиквания в каналите на BS (3), препълване на каналите на опашките за гласови повиквания и трафика от данни в хендовъра (4).

За определяне на ефективните параметри на системат и параметрите на QoS е разработен симулационен модел на хендовър, реализиран по схема с общи приоритети. Предложена е симулационна процедура, описана чрез алгоритъм показан на фиг.3. Тази процедура дава възможност да се определят вероятностните параметри на QoS, като вероятност за настъпване на загуби от блокиране на повиквания в каналите на базовата станция и от препълване на опашките в хендовъра.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Otsetova-Dudin, E., Radeva, S., Radev, D. Modeling and Simulation of Handover Priority Schemes for Broadband Wireless Networks, 34-th International Conference on Information Technology Interfaces, IEEE Zagreb, Croatia, 2012, pp.449-454.

[2] Otsetova-Dudin, E., Radeva, S., Radev, D. Modelling and Simulation of Wireless Cellular Networks, 20th Telecommunications Forum Telfor'12, Belgrad, Serbia, pp.107-110.

[3] Radeva, S. Radev, D. Modeling of Handover Priority Schemes for Broadband Wireless Networks", International Journal of Applied Research on Information Technology and Computing (IJARITAC), 2010, Vol.1, No 3, pp.322-335.

[4] Abed, B. Handoff Technique Improved the Mobility in Cellular Phone Communications //Canadian Journal on Electrical and Electronics Engineering Vol.4, No.2, April 2013.

[5] Y. Zhang „Handoff Performance in Wireless Mobile Networks with Unreliable Fading Channel”, IEEE Transactions on Mobile Computing vol.9, No.2, 2010, pp. 188-200.

За контакти:

ас. инж. Екатерина Оцетова-Дудин - Катедра “Безжични комуникации и разпръскване”, Висше Училище Колеж по Телекомуникации и Поци - София, тел.:02/86 22 234, e-mail: eotsetova@abv.bg

проф. дтн инж. Димитър Радев - Катедра “Телекомуникации”, Русенски университет „Ангел Кънчев“, тел.: 359/82-888843, e-mail: dradev@abv.bg

Докладът е рецензиран.