

ДЕФИНИРАНЕ НА ОБРАТНАТА ЗАДАЧА ЗА ЧОВЕШКИЯ ФАКТОР В ТЕОРИЯТА НА ТЕРМИНАЛНИЯ ТЕЛЕТРАФИК*

Емилия Т. Саранова

Обект на изследване е терминалният трафик в телекомуникационна система с комутация на (виртуални) канали, с хомогенни терминали.

Цел на работата е формулирането на обратните задачи за човешкия фактор в теорията на терминалния телетрафик.

Необходимост от изследването: такива формулировки не са известни в достъпната литература, а те са необходими за правилно насочване на изследванията на качеството на обслужване и ефикасността на разглежданите съобщителни системи.

Получени резултати: Формулирана е и е решена обратната задача за човешкото поведение в предложените за случая девет варианта.

1. Обект на изследване е терминалният трафик в телекомуникационна система с комутация на (виртуални) канали. Такива са GSM системите (на ниво клетка), а принципът на комутация на канали е основен при ISDN и BISDN системите. Параметрите в настоящата работа са избрани на примера на телефонна система, с хомогенни терминали. Терминалният телетрафик се разглежда като функция както на поведението на потребителите, така и на техническите характеристики на съобщителната система. Предполага се, че процесите в системата са стационарни.

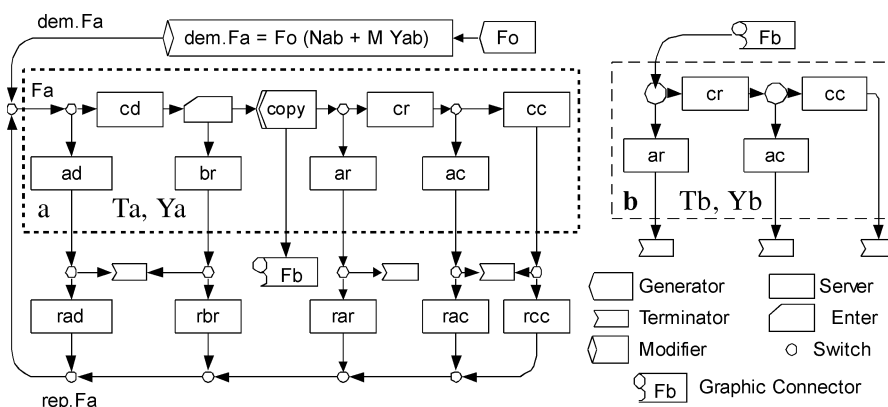
2. Концептуални модели и означения. Използваните означения и концептуален модел са разработени в [1]. На Фиг. 1 са показани нормализираните модели на възможните пътища на заявките, създаващи трафика на А и В терминалите. Означенията на параметрите са следните: P (probability) – вероятност за насочване на потока от заявки към разглежданото устройство; F (flow) – интензивност на постъпващия в устройството поток от заявки (пред буквата F поставяме “dem” (demand) за да означим интензивността на потока от първични заявки (означаваме с F_m) и “rep” (repeated) – за потока от повторни заявки). С F_0 е означена интензивността на потока от един свободен терминал; T (time) – средно време на престой на заявката в устройството; Y (intensity) – интензитет на трафика в устройството; N (number) – брой на обслужващите линии (сървъри) в устройството (капацитет).

* 2000 Mathematics Subject Classification: 60K30, 65H10, 94C99.

Ключови думи: телекомуникационни системи, комутация на канали, терминален телетрафик, човешко поведение, обратна задача.

Ако не е посочено друго, считаме че разглежданото устройство има неограничен капацитет. "М" е константа, модификатор на постъпващия поток. Ако $M = -1$, то потока е Енгсетов, ако $M = 0$ – Поасонов, а ако $M = +1$ – с отрицателно биномиално разпределение [2].

3. Обща формулировка на правата и обратна задача. При изследване на терминалния трафик могат да бъдат формулирани различни задачи, които представляват практически интерес една от които е *правата задача за състоянието на системата* [2, 3]: По дадени стойности на параметрите, описващи поведението на потребителите и техническите характеристики на съобщителната система, да се определят стойностите на параметрите на състоянието на системата (и съответното трафично качество на обслужване). Тук ще формулираме *обратната задача за човешкия фактор*: По дадени стойности на параметрите, описващи състоянието и техническите характеристики на съобщителната система, да се определят стойностите на параметрите описващи поведението на потребителите.



Фиг. 1. Възможните пътища на заявките, създаващи трафика на А – терминалите (в ляво) и на В – терминалите (нормализиран модел).

Параметрите в моделите на терминалния телетрафик, показани на Фиг. 1 и класифицирани в зависимост от това кои фактори имат преобладаващо значение при определяне на техните стойности са:

- 1) Зависещи от поведението на потребителите – F_o , N_u
- 2) Зависещи от техническото състояние на системата – N_{ab} , T_{cd}
- 3) Зависещи от поведението на потребителите и от техническото състояние на системата – P_{ad} , T_{ad} , P_{ac} , T_{ac}

Забележка: Използваните означения за брой на всички административно регистрирани терминали е N_{ab} и за всички активни терминали в системата, чийто брой е установен – N_u .

Функции на параметрите от изброените три вида са например макросъстоянието на системата – интензивността на трафика във всички виртуални устройства (Y_{ad} , Y_{cd} , Y_{br} , Y_{ar} , Y_{ac} , Y_{cr} , Y_{cc}), включително ефективността Y_{cc} и интензивността на трафика на всички терминали в системата Y_{ab} . От макросъстоянието на системата зависят P_{br} и различните оценки за ефикасността и трафичното качество на обслужване и др.

В настоящата работа се анализират обратните задачи в комуникационна система без загуби от недостиг на съоръжения.

Зависимостите, които отразяват връзките между параметрите на системата са

$$\begin{aligned}
 (1) \quad & Y_{ab} = F_s(S_1 - S_2 P_{br}) \\
 (2) \quad & P_{br} = \begin{cases} 0 & \text{за } Y_{ab} \in [0; 1] \\ \frac{Y_{ab} - 1}{N_u - 1} & \text{за } Y_{ab} \in (0; N_{ab}) \end{cases} \\
 (3) \quad & F_r = F_a(R_1 - R_2 P_{br}) \\
 (4) \quad & F_a = F_m + F_r \\
 (5) \quad & F_m = F_o(N_u + M Y_{ab}) \\
 (6) \quad & S_2 = (1 - P_{ad})(2T_b - T_{br}) \\
 (7) \quad & Z = P_{ar} P_{r ar} + (1 - P_{ar})[P_{ac} P_{r ac} + (1 - P_{ac})P_{r cc}] \\
 (8) \quad & R_1 = P_{ad} P_{r ad} + (1 - P_{ad})Z \\
 (9) \quad & R_2 = (1 - P_{ad})(Z - P_{r br})
 \end{aligned}$$

Необходимост от изследването. В достъпната литература, параметрите характеризиращи човешкото поведение, не се отделят в отделна група, защото обикновено се изследват вътрешни участъци на съобщителната мрежа [3, 4].

5. Формулиране и аналитично решение на обратната задача за човешкия фактор. Стойностите на параметрите, описващи състоянието и техническите характеристики на съобщителната система са известни. Необходимо е да се определят стойностите на параметрите, които описват поведението на потребителите. Видът на разпределение на потока е известен. Този тип задача може да се раздели на следните варианти, посочени в Таблица 1:

Таблица 1

ε	Измервани величини	Изчислявани величини	Брой измервания
1.	Fa, Yab, Pbr, Fm/Fr	Fr/Fm, Fo, Nu, S ₁ , S ₂ , R ₁ , R ₂	2
2.	Fa, Yab, Pbr, Fo	Fr, Fm, Nu, S ₁ , S ₂ , R ₁ , R ₂	2
3.	Fa, Yab, Pbr	Fr, Fm, Fo, Nu, S ₁ , S ₂ , R ₁ , R ₂	3
4.	Fa, Yab, Fo, Fm/Fr	Fr/Fm, Pbr, Nu, S ₁ , S ₂ , R ₁ , R ₂	2
5.	Fa, Fo, Pbr, Fm/Fr	Yab, Fr/Fm, Fo, Nu, S ₁ , S ₂ , R ₁ , R ₂	2
6.	Yab, Pbr, Fo	Fa, Fr, Fm, Nu, S ₁ , S ₂ , R ₁ , R ₂	4
7.	Fa, Yab, Fo	Pbr, Fr, Fm, Nu, S ₁ , S ₂ , R ₁ , R ₂	4
8.	Fa, Pbr, Fo	Yab, Fr, Fm, Nu, S ₁ , S ₂ , R ₁ , R ₂	4
9.	Yab, Pbr, Fm/Fr	Fa, Fr/Fm, Fo, Nu, S ₁ , S ₂ , R ₁ , R ₂	4

Броят на измерванията в таблицата е достатъчният за еднозначно решение на съответната система уравнения. Той е определен въз основа на броя на неизвестните и на уравненията, в които те участват, при предположение, че стойностите на параметрите са различни при различните измервания. Това е показано по-долу при анализ на решенията на типични случаи от съответния вид.

Във всички случаи се налагат повече от едно измервания, защото при аналитичното решение наличните зависимости, които са в сила за разглежданите варианти, са по-малко от броя на неизвестните. Ако броят на измерванията са по-малко от посочените в разглежданите варианти, то системата е неопределена, а ако са повече – системата е преопределена.

При две измервания: Решенията на пример 1 от табл.1 са (аналогично се решават примерите 2, 4 и 5):

1) Нека S_1, S_2, R_1, R_2 са константи. Тогава при две измервания ($i = 1, 2$) и $Fa(i) \neq 0$ получаваме следната система и аналитичните изрази за изчисляваните величини:

$$Nu(i) = \begin{cases} 2 & \text{при } Yab(i) \in [0; 1] \\ 1 + \frac{Yab(i)}{Pbr(i)} & \text{при } Yab(i) \in (1; Nab] \end{cases} \quad Fo(i) = \frac{Fm(i)}{Nu(i) + MYab(i)}$$

$$Fm(i) = Fa(i) - Fr(i)$$

$$\left| \begin{array}{l} S_1 - S_2 Pbr(1) = \frac{Yab(1)}{Fa(1)} \\ S_1 - S_2 Pbr(2) = \frac{Yab(2)}{Fa(2)} \end{array} \right| \quad \left| \begin{array}{l} R_1 - R_2 Pbr(1) = \frac{Fr(1)}{Fa(1)} \\ R_1 - R_2 Pbr(2) = \frac{Fr(2)}{Fa(2)} \end{array} \right|$$

А) Когато $Pbr(1) = Pbr(2)$ и

• при $Yab(1)Fa(2) = Yab(2)Fa(1)$ или $Fr(1)Fa(2) = Fr(2)Fa(1)$ системата е съвместима и неопределена. Решенията ѝ са от вида

$$S_1 = \frac{Yab(1)}{Fa(1)} + Pbr(1)S_2 \quad \text{за всяко } S_2 \quad R_1 = \frac{Fr(1)}{Fa(1)} + Pbr(1)R_2 \quad \text{за всяко } R_2;$$

• при $Yab(1)Fa(2) \neq Yab(2)Fa(1)$ или $Fr(1)Fa(2) \neq Fr(2)Fa(1)$ системата е несъвместима;

Б) Когато $Pbr(1) \neq Pbr(2)$ системата е съвместима и еднозначно определена с решения

$$S_1 = \frac{Fa(2)Pbr(2)Yab(1) - Fa(1)Pbr(1)Yab(2)}{Fa(1)Fa(2)[Pbr(2) - Pbr(1)]} \quad R_1 = \frac{Fa(2)Pbr(2)Fr(1) - Fa(1)Pbr(1)Fr(2)}{Fa(1)Fa(2)[Pbr(2) - Pbr(1)]}$$

$$S_2 = \frac{Fa(2)Yab(1) - Fa(1)Yab(2)}{Fa(1)Fa(2)[Pbr(2) - Pbr(1)]} \quad R_2 = \frac{Fa(2)Fr(1) - Fa(1)Fr(2)}{Fa(1)Fa(2)[Pbr(2) - Pbr(1)]}$$

2) Когато S_1, S_2, R_1, R_2 не са константи, системата е неопределена, тъй като системата съдържа 10 уравнения и 14 неизвестни.

Решенията на пример 2, 4 и 5 са: когато S_1, S_2, R_1, R_2 са константи и i е броят на измерванията, то при $i < 2$ системата е неопределена тъй като броя на неизвестните са повече от броя на линейно независимите уравнения, а при $i > 2$ – преопределена понеже броят на изчисляемите параметри е по-малък от броя на зависимостите. Когато $i = 2$, разглежданията са аналогични като на изложените по-горе за пример 1. Ако S_1, S_2, R_1, R_2 не са константи, тогава независимо от броя на измерванията системата е неопределена.

При три измервания: Пример 3 от таблица 1. 1) Нека S_1, S_2, R_1, R_2 са кон-

танги. Чрез три измервания ($i = 3$), получаваме

$$\text{Nu}(i) = \begin{cases} 2 & \text{при } Yab(i) \in [0; 1] \\ 1 + \frac{Yab(i)}{Pbr(i)} & \text{при } Yab(i) \in (1; Nab] \end{cases}$$

$$\left| \begin{array}{l} S_1 - S_2 Pbr(1) = \frac{Yab(1)}{Fa(1)} \\ S_1 - S_2 Pbr(2) = \frac{Yab(2)}{Fa(2)} \\ S_1 - S_2 Pbr(3) = \frac{Yab(3)}{Fa(3)} \end{array} \right. \Rightarrow \begin{array}{l} S_1 = \frac{Fa(2)Pbr(2)Yab(1) - Fa(1)Pbr(1)Yab(2)}{Fa(1)Fa(2)[Pbr(2) - Pbr(1)]} \\ S_2 = \frac{Fa(2)Yab(1) - Fa(1)Yab(2)}{Fa(1)Fa(2)[Pbr(2) - Pbr(1)]} \end{array}$$

Следователно при три измервания системата за S_1 и S_2 е преопределена, ако S_1 и S_2 не удовлетворяват третото уравнение и еднозначно решима, ако го удовлетворяват. За останалите неизвестни $Fm(i)$, $Fo(i)$, $Fr(i)$, R_1 и R_2 получаваме система от девет независими уравнения с единадесет неизвестни, ако Fo не е константа.

$$Fm(i) = Fo(i)[N(i) + MYab(i)]$$

$$Fr(i) = Fa(i) - Fm(i), \text{ където } i = 1, 2, 3.$$

$$\left| \begin{array}{l} |R_1 - R_2 Pbr(1) + C_1 Fo(1) = \frac{Fr(1)}{Fa(1)} \\ |R_1 - R_2 Pbr(2) + C_2 Fo(2) = \frac{Fr(2)}{Fa(2)} \\ |R_1 - R_2 Pbr(3) + C_3 Fo(3) = \frac{Fr(3)}{Fa(3)} \end{array} \right.$$

където $C_i = \frac{Nu(i) + MYab(i)}{Fa(i)}$, $i = 1, 2, 3$ Ако Fo е константа, тогава получената система ще съдържа девет уравнения и девет неизвестни. Въз основа на аналитичното решаване на системата, получаваме:

- При $[Pbr(2) - Pbr(1)](C_3 - C_1) \neq [Pbr(3) - Pbr(1)](C_2 - C_1)$ системата има единствено решение.

- При $[Pbr(2) - Pbr(1)](C_3 - C_1) = [Pbr(3) - Pbr(1)](C_2 - C_1)$ и $Fr(3) \neq 0$ системата няма решение, а ако $Fr(3) = 0$ има безброй решения.

2) Ако някои от S_1, S_2, R_1, R_2 и Fo не са константи, то разглежданата система е неопределена, тъй като броят на неизвестните ще е по-малък от броя на уравненията.

При четири измервания: Пример 6 от Таблица 1 (аналогично се решават примери 7, 8, 9)

1) Ако S_1, S_2, R_1, R_2 са константи решенията за търсените параметри са

$$\text{Nu}(i) = \begin{cases} 2 & \text{при } Yab(i) \in [0; 1] \\ 1 + \frac{Yab(i)}{Pbr(i)} & \text{при } Yab(i) \in (1; Nab] \end{cases}$$

$$Fm(i) = Fo(i)[Nu(i) + MYab(i)]$$

$$Yab(i) = Fa(i)[S_1 - S_2 Pbr(i)]$$

$$Fm(i) = Fa(i)[1 - R_1 + R_2 Pbr(i)], \text{ където } i = 1, 2, 3, 4$$

2) Ако S_1, S_2, R_1, R_2 не са константи, то системата е неопределена, тъй като броя на неизвестните е по-голям от броя на разглежданите уравнения.

Решенията в случай 7 и 8 се свеждат до решаването на следната система от 12 уравнения с 12 неизвестни

$$Y_{ab}(i) = F_a(i)[S_1 - S_2 P_{br}(i)]$$

$$F_o(i)[N_u(i) + M Y_{ab}(i)] = F_a(i)[1 - R_1 + R_2 P_{br}(i)], \quad \text{където } i = 1, 2, 3, 4$$

$$P_{br}(i) = \begin{cases} 0 & \text{при } Y_{ab}(i) \in [0; 1] \\ \frac{Y_{ab}(i) - 1}{N_u(i) - 1} & \text{при } Y_{ab}(i) \in (1; N_{ab}] \end{cases} \quad \text{за } i = 1, 2, 3, 4.$$

Ако $Y_{ab}(i) \in [0; 1]$ се получава система, която е преопределена при четири измервания. Когато измерванията са две, $P_{br} = 0$ и R_1 е константа, а S_1 – не е, тогава системата е съвместима. Ако $Y_{ab}(i) \in (1; N_{ab}]$ то от горепосочената система се получава и еднозначно решение, когато S_1, S_2, R_1, R_2 са константи. Ако S_1, S_2, R_1, R_2 не са константи, системата е неопределена.

С намирането на стойностите на параметрите, отразяващи човешкото поведение, се улеснява управлението и проектирането на телекомуникационните системи. Например когато е намерен броят на активните терминали, използвани в определен интервал от време от групи потребители, би могло с цел подпомагане на проектирането, тези групи да бъдат разглеждани като различни категории от абонати. А чрез анализ на получените стойности за параметрите S_1, S_2, R_1, R_2 за поведението на отделните категории абонати могат да се детайлизират конкретните стойности на трудни за измерване параметри и по този начин да бъде подпомогнато проектирането и управлението на разглежданите системи.

6. Заключение.

1. Разгледана е телекомуникационна система с комутация на (виртуални) канали, на примера на телефонна система, с хомогенни терминали. Предложена е обща формулировка на обратната задача за човешкия фактор и е посочена нейната важност;

2. Дефинирана е обратната задача за човешкото поведение, която е сведена до девет конкретни случая. За всички случаи са определени условията, при които има аналитично решение.

3. Получените резултати могат да бъдат полезни при анализиране, проектиране и управлението на телекомуникационни системи от разглеждания вид.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ст. Порязов. Върху основните структури на телетрафичните модели. „ТЕЛЕКОМ’2001“ – Варна, 10–12 октомври 2001, 443–450. (On the Two Basic Structures of the Teletraffic Models. Conference “Telecom’2001” – Varna, 10–12 October 2001, 435–450)
- [2] А. Эллдин, Г. Линд. Основы теории телетрафика. „Связь“, Москва, 1972, 199 с.
- [3] Б. С. Лифшиц, А. П. Пшеничников, А. Д. Харкевич. Теория телетрафика. „Связь“, Москва, 1979, 224 с.
- [4] Ю. Н. Корнишев, Г. Л. Фань. Теория распределения информации. Москва, Радио и связь, 1985, 184 с.

Emiliya T. Saranova
College of Telecommunications and Post
Studentski grad, 1, Acad. Stefan Mladenov
1700 Sofia, Bulgaria
e-mail: saranova@hctp.acad.bg

DEFINITION OF THE HUMAN FACTOR INVERSE TASK IN THE THEORY OF TERMINAL TELETRAFFIC

Emiliya T. Saranova

Investigation object: A terminal traffic in telecommunication system with (virtual) channel switching, on the example of telephone system, with homogeneous terminals. It is assumed that unsuccessful calling attempts are results from abandoned dialing, busy B – terminal, absent B– users and abandoned conversation.

Aim of the research: A formulation of the direct and inverse tasks in terminal traffic theory.

Necessity of research: Formulations are necessary for the correct definition of the purposes of the research of the efficiency in the observed telecommunication system.

Results: Inverse task of human behavior (in 9 different cases) is formulated and solved.

2000 Mathematics Subject Classification: 60K30, 65H10, 94C99.

Key words: telecommunication systems, channel switching, terminal teletraffic, human behavior, inverse task.