

**РАЗРАБОТКА ВЕРОЯТНОСТНОЙ МОДЕЛИ
ОЦЕНИВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОТОКОЛОВ РАДИОСЕТИ
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ИНТЕГРИРОВАННОЙ
СИСТЕМЫ СВЯЗИ, НАВИГАЦИИ И ОПОЗНАВАНИЯ**

Ю.И. Левочкин, А.С. Афанасьев

*Тамбовское высшее военное
авиационное инженерное училище радиоэлектроники
(Военный институт) ТВВАИУРЭ (ВИ)*

Представлена членом редколлегии профессором Ю.Л. Муромцевым

Ключевые слова и фразы: дисперсия; корреляционная функция; марковский процесс; математическое ожидание.

Аннотация: Представлена модель оценивания параметров протоколов радиосети многофункциональной интегрированной системы связи, навигации и опознавания, получены выражения для математического ожидания, дисперсии и корреляционной функции процесса. Также получены выражения для интенсивности поступления и обслуживания заявок на узле.

Цель работы – оценить параметры протоколов радиосети многофункциональной интегрированной системы связи, навигации и опознавания.

Обеспечить требуемую достоверность передачи сообщения при предельных информационных потоках только за счет изменения корректирующей способности кода невозможно. В этих условиях предлагается вводить в систему канал обратной связи и использовать наиболее эффективные протоколы обмена информацией, которые могут поддерживать предельные информационные потоки, например, конфликтные протоколы.

Возникает проблема реализации эффективных протоколов доступа корреспондентов при предельных информационных нагрузках, обеспечивающих требуемое качество. Их использование обеспечивает возможность организации обмена информацией по принципу «каждый с каждым». Именно применительно к конфликтным протоколам разработана вероятностная модель оценивания параметров протоколов радиосети многофункциональной интегрированной системы связи, навигации и опознавания (**МИС СНО**).

Применение данной модели основано на физических допущениях того, что количество заявок, поступающих на узел $a(x)$ и обслуженных на узле заявок $\delta(x)$, можно рассматривать как процесс размножения и гибели, а разность между ними дает среднее число заявок $x(t)$, находящихся на узле (рис. 1) [1, 4–6].

При этих допущениях процесс поступления и обслуживания заявок можно представить в виде дискретного марковского процесса (рис. 2) в непрерывном времени, где $\lambda(N)$ – интенсивность поступления заявок, $\mu(N)$ – интенсивность обслуживания заявок.

На рис. 3 показаны четыре состояния процесса:

1) a – в момент времени t узел пакетной радиосети находился в состоянии x и за промежуток времени Δt не произошло никаких изменений;

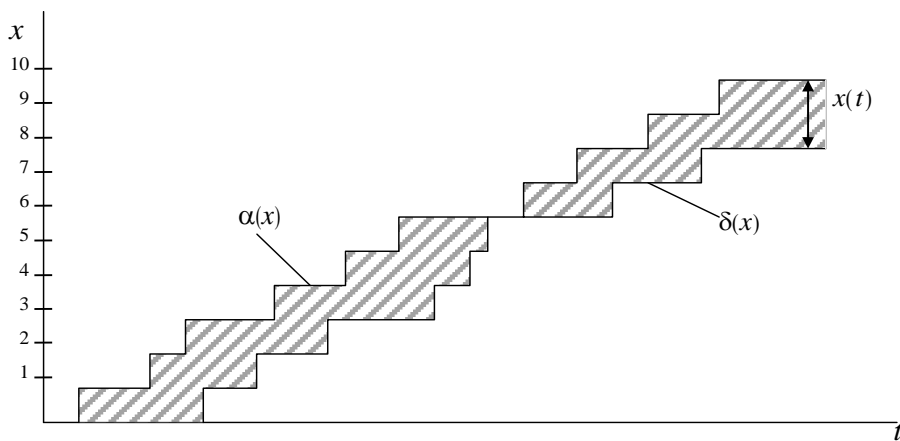


Рис. 1. Процесс размножения и гибели заявок, поступающих на узел

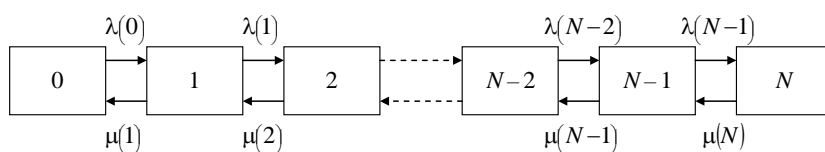


Рис. 2. Процесс поступления и обслуживания заявок в виде дискретного марковского процесса в непрерывном времени

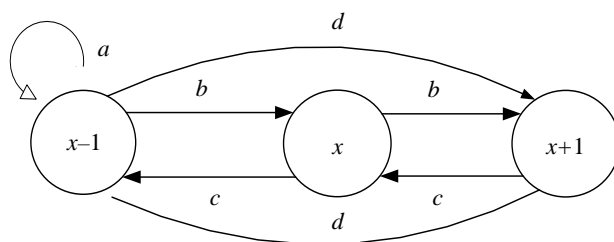


Рис. 3. Граф состояний процесса

2) b – в момент времени t узел пакетной радиосети находился в состоянии $x - 1$ и за промежуток времени Δt произошел переход в состояние x ;

3) c – в момент времени t узел пакетной радиосети находился в состоянии $x + 1$ и за время Δt произошел переход в состояние x ;

4) d – в течение времени Δt узел пакетной радиосети из некоторого состояния путем двух или более переходов перешел в состояние x .

Полная вероятность состояний процесса описана выражением [1, 2]:

$$p(x, t + \Delta t) = p(x, t)(1 - \lambda(x)\Delta t - \mu(x)\Delta t) + p(x - 1, t)\lambda(x - 1)\Delta t + p(x + 1, t)\mu(x + 1)\Delta t + o(\Delta t). \quad (1)$$

Для описания процесса в непрерывном времени необходимо найти решение выражения (1)

$$\frac{dt(x, t)}{dt} = -[\lambda(x) + \mu(x)]p(x, t) + \lambda(x - 1)p(x - 1, t) + \mu(x + 1)p(x + 1, t); \quad x \geq 1. \quad (2)$$

Таким образом, процесс поступления и обслуживания заявок сводится к нахождению параметров дискретного марковского процесса. В качестве параметров

протоколов радиосети МИС СНО выступают среднее число заявок на узле \bar{N} и время задержки заявки на узле \bar{T} , связанные между собой уравнением Литтла [2, 4]:

$$\bar{N} = \langle p(x, t) \rangle = \bar{T}\lambda(x). \quad (3)$$

Решение уравнения (2) в стационарном и переходном состояниях описывается следующим образом [2–4]:

$$p(x) = \left[1 + \frac{\alpha_1 x - \alpha_1 - \alpha_0}{x(\beta_2 x + \beta_1)} \right] p(x-1), \quad x \geq 1, \quad (4)$$

где $\alpha_0, \alpha_1, \beta_1, \beta_2$ – параметры распределения: $\alpha_0 = \beta_1 + \beta_2 - m_1(3 - 2K_2)$; $\alpha_1 = 4K_2 - 5$; $\beta_2 = 1 - K_2$; $\beta_1 = \mu_2(2 - K_2)/m_1 - (1 - K_2)m_1$; $K_2 = 1 - \frac{\mu_3/\mu_2 + 1 - 2\mu_2/m_1}{2(m_1 - 1 + \mu_2/m_1)}$.

$$p(x, t) = p(x) \sum_{n=0}^M A_n C_n Q_n(x) e^{-\gamma_n t}, \quad (5)$$

где $A_n = \sum_{x=0}^M p_0(x) Q_n(x)$; $C_n = \frac{1}{h_n}$; $p_0(x)$ – начальные вероятности состояний;

если

$$p_0(x) = \begin{cases} 1 & \text{при } x = x_0, \\ 0 & \text{при } x \neq x_0, \end{cases}$$

то

$$A_n = Q_n(x_0);$$

$Q_n(x)$ – ортогональный дискретный полином; h_n – некоторый постоянный коэффициент, зависящий от вида ортогонального полинома; M – число состояний; γ_n – коэффициент, определяемый исходя из граничных и начальных условий.

Через параметры распределения (4) получены выражения для интенсивности поступления $\lambda(x)$ и обслуживания заявок на узле $\mu(x)$, а также математическое ожидание $m_1(t)$, дисперсия $D(t)$ и корреляционная функция процесса $R(\tau)$:

$$\mu(x) = \Omega(\beta_2 x^2 + \beta_1 x); \quad (6)$$

$$\lambda(x) = \Omega[\beta_2(x+1)^2 + \beta_1(x+1) + \alpha_1 x - \alpha_0], \quad (7)$$

где Ω – постоянная величина;

$$m_1(t) = C_1 \exp(-\Omega t) + m_1, \quad (8)$$

где $C_1 = x_0 - m_1$; $x_0 = m_1(0)$;

$$D(t) = C_2 \exp\left[-\frac{2\Omega t}{2 - K_2}\right] + \mu_2 + K_1 C_1 \exp(-\Omega t) - C_1^2 \exp(-2\Omega t), \quad (9)$$

где $C_2 = D_0 - \mu_2 - K_1 C_1 + C_1^2$; $D_0 = D(0)$;

$$R(\tau) = \mu_2 \exp(-\Omega|\tau|). \quad (10)$$

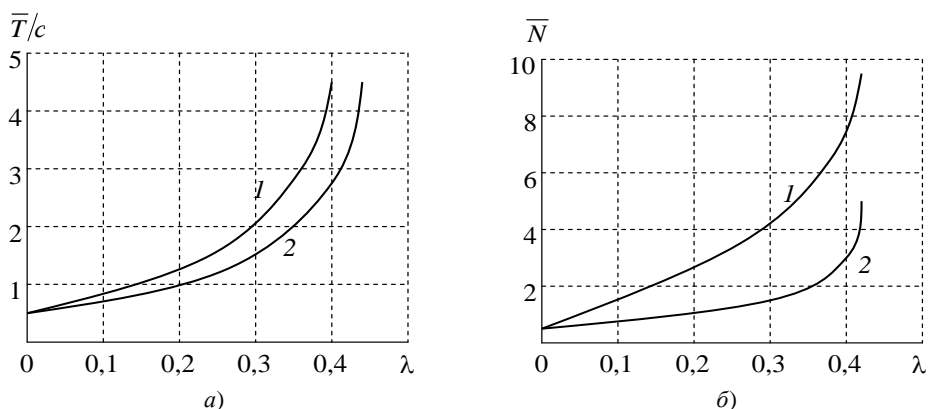


Рис. 4. Графики зависимости среднего времени обслуживания \bar{T} (а) и среднего числа заявок на узле \bar{N} (б) от интенсивности поступления заявок λ

Выражения (3), (6) и (7) использованы для оценивания параметров протоколов радиосети МИС СНО (рис. 4). Кривые 1 получены без разрешения конфликтов, кривые 2 – с учетом разрешения конфликтов. Под разрешением конфликтов понимается процесс повышения достоверности передаваемой информации за счет устранения «столкнувшихся» при передаче сообщений от корреспондентов.

Таким образом, в результате разработки модели оценивания параметров протоколов радиосети МИС СНО получены выражения для математического ожидания, дисперсии и корреляционной функции процесса. Также получены выражения для интенсивности поступления и обслуживания заявок на узле. В качестве параметров протоколов радиосети МИС СНО выступают среднее число заявок на узле \bar{N} и среднее время обслуживания заявки на узле \bar{T} , связанные между собой уравнением Литтла (3).

Список литературы

1. Карпов, И.Г. Вероятностное описание дискретных марковских процессов размножения и гибели / И.Г. Карпов // Радиотехника. – 2003. – № 5. – С. 48–55.
2. Карпов, И.Г. Обобщенный дискретный закон распределения флуктуаций оптических сигналов / И.Г. Карпов // Радиотехника. – 2002. – № 4. – С. 70–75.
3. Никифоров, А.Ф. Классические ортогональные полиномы дискретной переменной / А.Ф. Никифоров, С.К. Суслов, В.Б. Уваров. – М. : Наука, 1985. – 216 с.
4. Тихонов, В.И. Марковские процессы / В.И. Тихонов, М.А. Миронов. – М. : Советское радио, 1977. – 488 с.
5. Тихонов, В.И. Статистическая радиотехника / В.И. Тихонов. – М. : Радио и связь, 1982. – 624 с.
6. Шахтарин, Б.И. Случайные процессы в радиотехнике / Б.И. Шахтарин. – М. : Радио и связь, 2000. – 584 с.

Designing of Stochastic Model of Estimation of Parameters of Radio Network Protocols for Multifunctional Integrated System of Communication, Navigation and Detection

Yu.I. Levochkin, A.S. Afanasyev

Tambov Higher Military Aviation Engineering College of Radio Electronics
(Military Institute)

Key words and phrases: correlation function; dispersion; expectation; Markov's process.

Abstract: The model of estimation of parameters of radio network protocols for multifunctional integrated system of communication, navigation and detection is presented. Expressions for expectation, dispersion and correlation function of the process are produced. The expressions for intensity of incoming enquiries and their processing in communication center are produced too.

Erarbeitung des wahrscheinlichen Modells der Einschätzung der Parameter der Protokolle des Funknetzes des multifunktionalen integrierten Systems der Verbindung, der Navigation und der Identifizierung

Zusammenfassung: Es ist das Modell der Einschätzung der Parameter der Protokolle des Funknetzes des multifunktionalen integrierten Systems der Verbindung, der Navigation und der Identifizierung dargestellt. Es sind die Ausdrücke für die mathematische Erwartung, der Dispersion und der Korrelationsfunktion des Prozesses erhalten. Es sind auch die Ausdrücke für die Intensität des Eingangs und der Bedienung der Forderungen auf dem Knoten erhalten.

Elaboration du modèle probable de l'estimation des paramètres des protocoles du réseau de radio du système de liaison intégral multifonctionnel de l'identification de navigation

Résumé: Est présenté le modèle de l'estimation des paramètres des protocoles du réseau de radio du système de liaison, de navigation et d'identification; sont reçues les expressions pour l'expectation mathématique, la dispersion et la fonction de corrélation du processus. Sont aussi obtenues les expressions pour la réception intensive et le service des applications sur l'unité.
