

ІНФОРМАТИКА

УДК 621.391

О.С. Бойченко, ст. інж.

В.В. Воротніков, доц., к.т.н.

І.І. Сугоняк, к.т.н., доц.

Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова
Національного авіаційного університетуАНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ ПЕРСПЕКТИВНИХ БЕЗДРОТОВИХ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ КОМАНДНИХ ПУНКТІВ

У статті проведено розробку аналітичної моделі перспективних бездротових інформаційно-комунікаційних мереж командних пунктів для дослідження ймовірнісних характеристик мережі через певні проміжки часу.

Вступ. Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку Збройних Сил України використання бездротових інформаційно-комунікаційних мереж (ІКМ) дає змогу вирішувати завдання управління та зв'язку з потрібною інформаційною ефективністю та мобільністю.

Проведення експертних оцінок під час військових навчань свідчить про те, що застосування бездротових технологій значно зменшило час на роботу командира тактичного рівня, що призвело до підвищення мобільності та швидкості реагування цих підрозділів. Зменшення часу було досягнуто завдяки використанню потужних передатчиків, що призводило до не раціонального використання відповідних ресурсів та більшого завантаження ІКМ.

Велике завантаження мережі призводить до виникнення колізії [6, 7], зменшення ймовірності появи якої, є актуальним завданням.

Огляд останніх досліджень та публікацій. Поява колізії зумовлена великим навантаженням на мережу. Вплив колізії на ІКМ досліджується за допомогою математичного апарату систем масового обслуговування [3]. Представлення бездротових ІКМ у вигляді безперервного Марківського ланцюга надає змогу оцінити основні параметри мережі, як ймовірнісні, так і часові [1, 3]. Дослідженню часових характеристик присвячені роботи таких вчених, як: А.І. Ляхов, В.М. Вишневецький, Б.Н. Терещенко. Ймовірнісні характеристики мереж досліджували Д.В. Лаконцев, К.Д. Ким, Ж.Б'янки, Ф.Калі, Г.Конті.

Аналітичні моделі ІКМ, що використовувались при дослідженні характеристик бездротових мереж описували поведінку мережі Марківським ланцюгом [3]. Визначення ймовірнісних характеристик, тобто ймовірностей, що мережа буде знаходитись у відповідному стані, проводилось лише для певних моментів часу. Це не давало змоги визначити ці характеристики через певний проміжок часу.

Метою статті є розробка аналітичної моделі перспективних бездротових ІКМ командних пунктів для дослідження ймовірнісних характеристик через певний проміжок часу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Аналітична модель перспективних бездротових ІКМ командних пунктів спрямована на дослідження ймовірності появи колізії при певних змінах у структурі мережі. Під зміною мережі необхідно розуміти появу нового стану мережі.

Розглянуто бездротову ІКМ з M станцій, кожна з яких генерує пакети з інтенсивністю λ , та часом обслуговування пакету μ . Опис поведінки мережі проведено за допомогою Марківського ланцюга, зображеного на рисунку 1. Мережа може знаходитись в одному з N станів. Стан мережі, коли канал для передачі вільний – це C_0 . Стан мережі, що характеризує появу колізії – C_{N+1} . Решта проміжних станів системи визначає поведінку системи при передачі пакета та наявності в черзі пакетів для передачі.

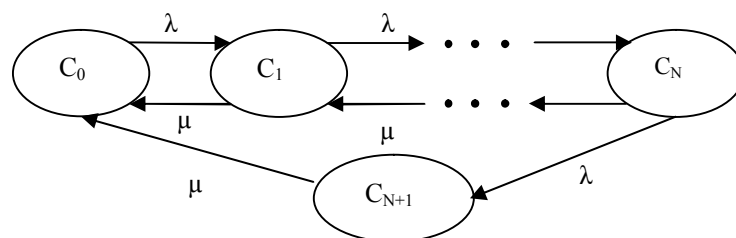


Рис. 1. Ланцюг Маркова, що відображає стани мережі

Оскільки поведінка мережі описана за допомогою теорії Марківських процесів, було використано їх властивості. Це дало змогу описати поведінку мережі диференційними рівняннями Колмогорова:

$$\begin{cases} \frac{dP_0(t)}{dt} = -\lambda P_1(t) + \mu P_2(t) + \mu P_{N+1}(t) \\ \dots \\ \frac{dP_k(t)}{dt} = -\mu P_k(t) - \lambda P_k(t) + \lambda P_{k-1}(t) + \mu P_{k+1}(t), \quad k = 1, 2, \dots, N \\ \dots \\ \frac{dP_{N+1}(t)}{dt} = -\mu P_{N+1}(t) + \lambda P_N(t) \end{cases} \quad (1)$$

де $P_0(t)$ - ймовірність того, що канал вільний; $P_k(t)$ - ймовірність передачі пакета та знаходженні у черзі k пакетів; $P_{N+1}(t)$ - ймовірність появи колізії.

Рішення цієї системи диференціальних рівнянь Колмогорова дозволить визначити ймовірність появи колізії через певний проміжок часу.

Для визначення впливу кількості місць у черзі на ймовірність виникнення колізії проведено дослідження шляхом моделювання поведінки мережі для випадків, якщо:

1. Кількість місць в черзі – 0.
2. Кількість місць в черзі – 4.

Початкові дані для проведення досліджень такі:

- інтенсивність надходження пакетів $\lambda = 0,0075 \text{ c}^{-1}$;
- час обслуговування пакета $\mu = 0,001 \text{ c}^{-1}$;
- тривалість дослідження – 10 хвилин [4, 7].

Опис поведінки мережі для першого випадку проведено за допомогою Марківського ланцюга, зображеного на рисунку 2.

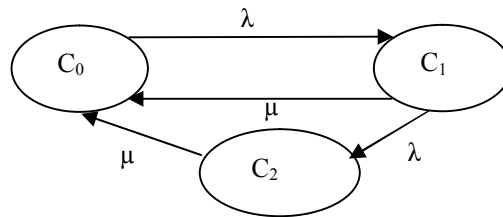


Рис. 2. Ланцюг Маркова, що відображає стани мережі для випадку 1

В даній мережі визначено такі стани:

- C₀ – канал вільний;
- C₁ – йде передача пакета, в черзі немає пакетів для передачі;
- C₂ – колізія.

Для даної мережі отримано систему диференціальних рівнянь Колмогорова:

$$\begin{cases} \frac{dP_0(t)}{dt} = -\lambda P_0(t) + \mu P_1(t) + \mu P_2(t); \\ \frac{dP_1(t)}{dt} = -\mu P_1(t) - \lambda P_1(t) + \lambda P_0(t); \\ \frac{dP_2(t)}{dt} = -\mu P_2(t) + \lambda P_1(t). \end{cases} \quad (2)$$

Вектор початкових станів системи має вигляд: $P = \{1; 0; 0\}$. Результати моделювання зображені на рисунку 3, що відображає зміну ймовірностей перебування мережі у відповідних станах через проміжок часу рівний 10 хвилинам.

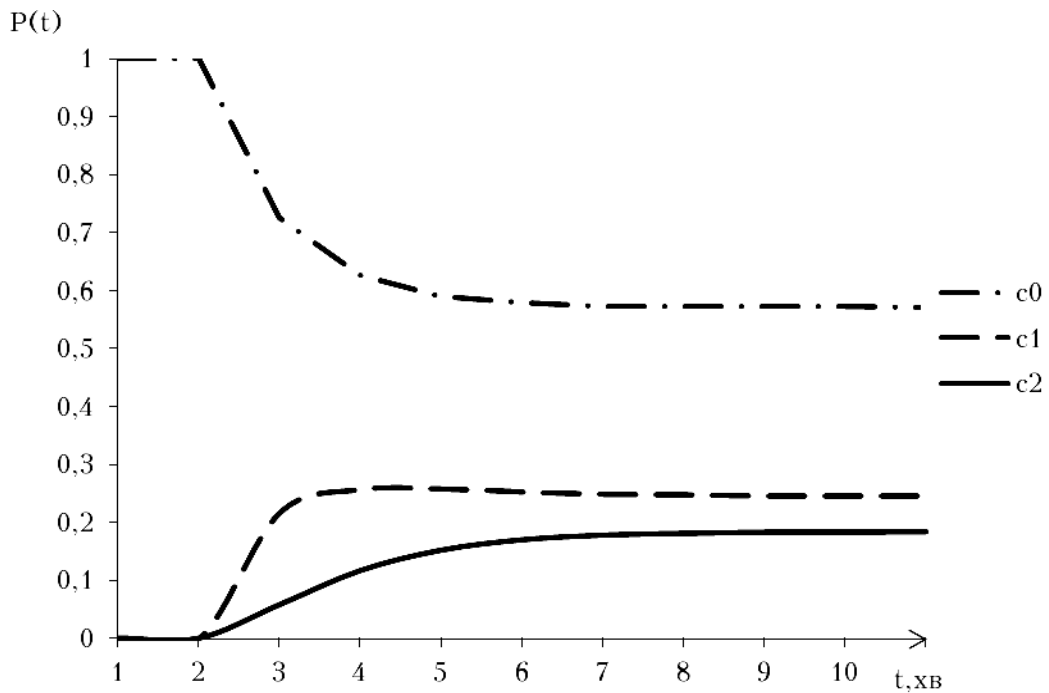


Рис. 3. Результати моделювання для випадку 1

Марківський ланцюг, який описує поведінку мережі з чергою в 4 місця наведено на рисунку 4.

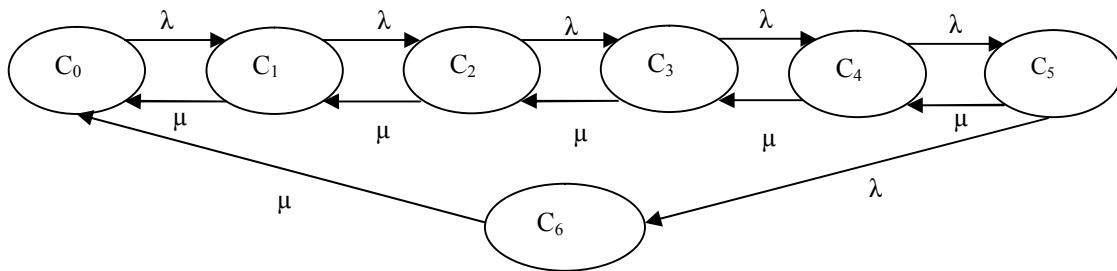


Рис. 4. Ланцюг Маркова, що відображає стани мережі для випадку 2

В даній мережі визначено такі стани:

- C_0 – канал вільний;
- C_1 – йде передача пакета, в черзі немає пакетів для передачі;
- C_2 – йде передача пакета, в черзі 1 пакет для передачі;
- C_3 – йде передача пакета, в черзі 2 пакети для передачі;
- C_4 – йде передача пакета, в черзі 3 пакети для передачі;
- C_5 – йде передача пакета, в черзі 4 пакети для передачі;
- C_6 – колізія.

Для даної мережі отримано наступну систему диференціальних рівнянь Колмогорова:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dP_0(t)}{dt} &= -\lambda P_0(t) + \mu P_1(t) + \mu P_6(t); \\ \frac{dP_1(t)}{dt} &= -\mu P_1(t) - \lambda P_1(t) + \lambda P_0(t) + \mu P_2(t); \\ \frac{dP_2(t)}{dt} &= -\mu P_2(t) - \lambda P_2(t) + \lambda P_1(t) + \mu P_3(t); \\ \frac{dP_3(t)}{dt} &= -\mu P_3(t) - \lambda P_3(t) + \lambda P_2(t) + \mu P_4(t); \\ \frac{dP_4(t)}{dt} &= -\mu P_4(t) - \lambda P_4(t) + \lambda P_3(t) + \mu P_5(t); \\ \frac{dP_5(t)}{dt} &= -\mu P_5(t) - \lambda P_5(t) + \lambda P_4(t); \\ \frac{dP_6(t)}{dt} &= -\mu P_6(t) + \lambda P_5(t). \end{aligned} \right. \quad (3)$$

Вектор початкових станів системи має такий вигляд: $P = \{1;0;0;0;0;0;0\}$. Результати моделювання зображені на рисунку 5.

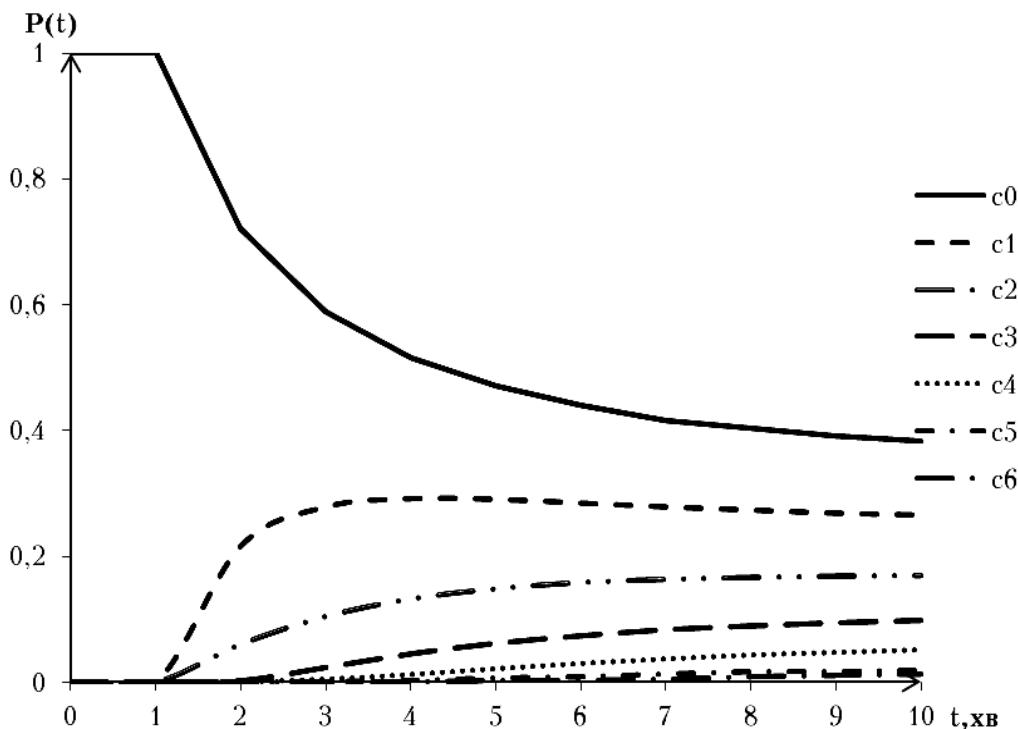


Рис. 5. Результати моделювання для випадку 2

З двох наведених графіків, що відображають зміну ймовірності перебування мережі у відповідних станах, випливає:

1. Збільшення часу роботи мережі призводить до зменшення ймовірності того, що канал вільний.
2. Збільшення часу роботи мережі збільшує ймовірність появи колізії.
3. Збільшення місць в черзі зменшує ймовірність появи колізії.

Залежність ймовірності появи колізії від кількості місць в черзі має нелінійний характер. Результати проведених досліджень зміни ймовірності виникнення колізії за час 10 хвилин наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Залежність ймовірності появи колізії від кількості місць в черзі

Час, хв.	Ймовірність появи колізії P(t)				
	k = 0	k = 1	k = 2	k = 3	k = 4
1	0	0	0	0	0
2	0,058	0,00327	0,001709	0	0
3	0,117	0,027	0,00602	0,000839	0,000194
4	0,152	0,051	0,015	0,00384	0,000754
5	0,17	0,069	0,024	0,00734	0,00196
6	0,178	0,079	0,033	0,012	0,003763
7	0,181	0,086	0,039	0,016	0,005919
8	0,183	0,089	0,044	0,02	0,008164
9	0,183	0,09	0,047	0,023	0,01
10	0,184	0,091	0,049	0,025	0,012

Аналіз отриманих результатів щодо зміни ймовірності появи колізії у перспективних бездротових ІКМ командних пунктів свідчить, що:

1. При збільшенні кількості місць у черзі нелінійно зменшується ймовірність появи колізії, але й зменшується ймовірність того, що канал вільний.
2. Зменшення ймовірності появи колізії дає вигравш у достовірності переданої інформації, але збільшення ймовірності того, що канал вільний, призводить до втрат у часі.
3. Задача вибору кількості місць в черзі є оптимізаційною.

Висновки. В даній статті розроблено аналітичний метод визначення ймовірнісних характеристик перспективних бездротових ІКМ командних пунктів. Цей метод, заснований на Марківських моделях та рівняннях Колмогорова. Використання даного методу дозволить ефективно проводити оптимізацію структури мережі з метою зменшення ймовірності появи колізії та збільшення ймовірності того, що канал вільний.

Проведене імітаційне моделювання свідчить про працездатність розробленої аналітичної моделі перспективних бездротових ІКМ командних пунктів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Бойченко О.С. Аналіз технічної ефективності перспективних бездротових інформаційно-комунікаційних мереж командних пунктів/ О.С. Бойченко, В.В. Вороніков, П.В. Поздняков // Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації інформаційних систем : зб. наук. праць. – Житомир : ЖВІ НАУ, 2010. – Вип. 3. – С. 30–34.
2. Паршин С. Совершенствование сети “Тактический Интернет” Сухопутных войск США/ С.Паршин // Зарубежное военное обозрение. – 2008. – Вып. 6. – С. 38–45.
3. Широкополосные беспроводные сети передачи информации / В.М. Вишневецький, А.И. Ляхов, С.Л. Портной, И.В. Шахнович. – М. : Техносфера, 2005. – 592 с.
4. Міночкін А.І. Архітектура перспективної мобільної компоненти тактичних мереж зв'язку Збройних сил України / А.І. Міночкін, В.А. Романюк // Збірник наукових праць. – К. : ВІТІ НТУУ “КПІ”. – 2004. – № 5. – С. 107–115.
5. Марущенко М.П. Перспективи впровадження бездротової локально-обчислювальної мережі в структурі управління окремої механізованої бригади / М.П. Марущенко, В.Л. Живчук, Г.Я. Криховецький // Збірник наукових праць. – К. : ВІТІ НТУУ “КПІ”. – 2008. – № 3. – С. 100–106.
6. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы : учебн. / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – 3-е изд. – СПб. : Питер, 2006. – 958 с.
7. Антонов В.М. Комп'ютерні мережі військового призначення / В.М. Антонов, О.Ю. Пермяков. – К. : “МК-Прес”, 2005. – 320 с.

БОЙЧЕНКО Олег Сергійович – старший інженер навчально-лабораторного комплексу кафедри автоматизованих систем управління Житомирського військового інституту ім. С.П. Корольова Національного авіаційного університету.

Наукові інтереси:

- моделювання інформаційних систем;
- системи передачі даних.

Тел.: (068)170-25-02.

E-mail: Bos_2006@ukr.net

ВОРОТНИКОВ Володимир Володимирович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автоматизованих систем управління Житомирського військового інституту ім. С.П. Корольова Національного авіаційного університету.

Наукові інтереси:

– моделювання інформаційних систем;

– системи передачі даних.

Тел.: (093)634-10-36.

СУГОНЯК Інна Іванівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизованих систем управління Житомирського військового інституту ім. С.П. Корольова Національного авіаційного університету.

Наукові інтереси:

– проектування складних комп'ютерних систем;

– системний аналіз об'єктів та процесів комп'ютеризації.

Подано 18.11.2010

Бойченко О.С., Воротніков В.В., Сугоняк І.І. Аналітична модель перспективних бездротових інформаційно-комунікаційних мереж командних пунктів

Бойченко О.С., Воротников В.В., Сугоняк И.И. Аналитическая модель перспективных беспроводных информационно-коммуникационных сетей командных пунктов

Boychenko O.S., Vorotnikov V.V., Sugonak I.I. Analytical model of perspective wireless informatively-communication networks of command posts

УДК 621.391

Аналитическая модель перспективных беспроводных информационно-коммуникационных сетей командных пунктов / О.С. Бойченко, В.В. Воротников, И.И. Сугоняк

В статье проводится разработка аналитической модели перспективных беспроводных информационно-коммуникационных сетей командных пунктов для исследования вероятностных характеристик сети через определенные промежутки времени.

УДК 621.391

Analytical model of perspective wireless informatively-communication networks of command posts / O.S.Boychenko, V.V. Vorotnikov, Sugonak I.I.

In the article development of analytical model of perspective wireless informatively-communication networks of command posts is conducted for research of probabilistic descriptions of network at stated intervals.