

Л. Н. Беркман¹, О. В. Барабаш², О. М. Ткаченко¹, А. П. Мусієнко², О. А. Лаптев³, О. В. Свинчук²

¹ Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна

² Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

³ Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ДЛЯ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

Анотація. У статті досліджено концептуальну модель інтелектуальної мережі, яку пропонується використовувати при синтезі мережі передачі керуючої інформації в інтелектуальних системах управління інфокомунікаційними мережами. При цьому користувач цифрового майбутнього повинен мати можливість не тільки отримувати різноманітні послуги високої якості, але і створювати необхідні послуги. Показано, що під час синтезу інтелектуальних систем управління необхідно враховувати такі особливості: швидкість обробки на верхніх рівнях концептуальної моделі зменшується з ростом «інтелектуальності», яка, в свою чергу, зменшується в міру просування вниз по транспортному рівню запропонованої моделі. Запропоновано принципи побудови та архітектура інтелектуальних систем управління з урахуванням поточних показань вимірювально-інформаційних засобів. Запропоновано модель обслуговування вимоги, в якій застосовано використання визначників керуючого впливу і централізованої логіки. Це дозволяє прискорити і спростити процес введення нових і корекції існуючих керуючих впливів, що позначається на економічності всієї мережі. Модель розділяє аспекти, які стосуються послуг, і аспекти, пов'язані з мережею. Це дозволяє описувати послуги та можливості інтелектуальних систем управління незалежно від базової мережі, над якою створюється інтелектуальна надбудова. Показано, що одним з ефективних способів підвищення використання ресурсів мережі в надзвичайних умовах є динамічний розподіл потоків інформації. Для забезпечення динамічного розподілу потоків в мережі передачі керуючої інформації пропонується використовувати систему динамічного управління розподілом потоків, яка є підсистемою інтелектуальної системи управління. Проаналізовано залежності ймовірності вибору обхідного шляху від коефіцієнта використання каналів. Проаналізовано середній час затримки повідомлення в мережі. Показано, що динамічна маршрутизація ефективна тільки при середньому використанні каналів. Проведено порівняння динамічного і статичного розподілу потоків пакетів для рівномірного розподілу навантаження по абсолютно надійній мережі. При перекосах навантаження та / або виникненні будь-яких пошкоджень на мережі, динамічний розподіл потоків пакетів приводить до істотно більшого ефекту.

Ключові слова: мережа, інтелектуалізація, система управління, синтез, модель, вимога, вплив, розподіл, потік.

Вступ та постановка задачі

Управління сучасними інфокомунікаційними мережами має бути незалежним від послуг, які надаються споживачеві. Для взаємодії розподілених компонентів управління в єдиній системі, а також для реалізації функцій управління, необхідна мережа, якій передається інформація управління.

Розвиток концепції інтелектуальних систем управління (ІСУ) зумовлює низку важливих питань. Одне з них пов'язане з формою подання інформації в організацію механізмів управління. При цьому важливим аспектом є аналіз можливостей та особливостей застосування тих чи інших інформаційних технологій для обробки інформації у задачах інтелектуального управління. Для параметричного й структурного налаштування управляючих алгоритмів, модифікації програми для досягнення цілей управління, а при необхідності і їх корекції з урахуванням поточних показань вимірювально-інформаційних засобів, пропонуються принципи побудови ІСУ.

Необхідність ефективного виявлення аварійних ситуацій, забезпечення суттєвих можливостей з аналізу та розпізнавання величини відхилення параметрів об'єктів управління від норми, зумовлюють застосування ієрархічної організації ІСУ. Формування стратегії цільової поведінки, планування послідовності дій, синтезу виконавчих законів, що задовольняють заданим показникам якості між рівнями мережі. При

цьому забезпечується вибір унікальної сукупності власних моделей подання інформації, механізмів їх обробки, засобів інформаційної підтримки та очікування об'єктів керування.

Головним критерієм вибору має бути необхідна якість функціонування систем управління в умовах невизначеності при випадковому характері зовнішніх збурень, до яких можна віднести непередбачувану зміну цілей, власних експлуатаційних характеристик, параметрів середовища тощо.

Аналіз останніх досліджень. Останніми роками розробникам дедалі частіше доводиться вирішувати завдання проектування систем управління об'єктами досить складної природи [1–5]. Об'єкти, для яких виникає потреба в розробці нової концепції побудови систем управління, називаються «великими системами». На жаль, немає чіткого визначення великих систем, яке влаштувало б усіх фахівців. Досить часто у літературі можна зустріти ті характерні особливості, які дозволяють дотримуватися традиційних методів, що розвиваються в теорії ідентифікації. Підтвердженням цього є статті [6–7].

У роботі [8] розглянуто основні методи теорії оптимального управління: динамічне програмування, принцип мінімуму Понтрягіна, чисельні методи оптимізації. Дані методи є основою побудови систем управління. Проте, у роботі не показано можливість застосування розглянутих методів для побудови інтелектуальних систем управління.

У роботі [9] представлено порівняльну характеристику інформаційних структур у завданнях групового рішення та їх вплив на гнучкість групової оптимізації. Це є важливим питанням на етапі синтезу складних технічних систем. При цьому в роботі не висвітлені результати дослідження для надзвичайних ситуацій.

У статті [10] сформувався термін «інтелектуальна система», що наголошує на основній відмінності таких систем – можливості системної обробки інформації. Однак питання автономності, адаптивності та надійності систем управління за наявності різного роду невизначеностей розкриті не повністю.

У статті [11] представлені особливості синтезу системи управління мережею зв'язку другого рівня TMN з комбінованим принципом управління, детально розглянуті принципи управління з обурення та відхилення. При цьому результатів дослідження для випадку інтелектуальних систем не висвітлено.

У статті [12] показано, що мережеві системи управління – це просторово розподілені системи, де зв'язок між контролерами і виконавчими пристроями підтримується загальною мережею зв'язку. Однак питання вибору основних показників якості каналу управління розкрито не повністю.

Стаття [13] присвячена дослідженню архітектури інтелектуальної мережі, розробці методик розрахунку основних параметрів мережі, взаємозв'язків між ними та векторного синтезу мережі. Проте не показано, які саме методи векторного синтезу доцільно застосовувати при оптимізації інтелектуальної мережі.

Автори статті [14] демонструють новий технологічний підхід для архітектури мереж Інтернету речей. Він передбачає багаторівневу реалізацію з використанням хмарних серверів, оптимізовану потокову передачу даних та завантаження. Це дозволить значно скоротити час передачі, витрати та обсяги пам'яті основного сервера хмар.

У статті [15] запропоновано алгоритм оптимального прийому з використанням когерентного методу прийому, який доцільно використовувати в каналах управління інфокомунікаційних мереж. При цьому результатів досліджень для випадку інтелектуальних мереж не висвітлено.

Автор статті [16] досліджує напрями розвитку інфокомунікацій як розширення телекомунікацій з обробкою інформації та контенту функції управління. Інформаційні та комунікаційні технології вважаються розширеним синонімом для інформаційних технологій, щоб наголосити на інтеграції телекомунікацій. Проте питання управління інфокомунікаційними мережами розкрито не повністю.

У статті [17] досліджуються основні тези теорії автоматичного управління. Наведено етапи її формування як науки. Розглянуто термінологію та концептуальні ідеї будівництва замкнутих систем, а також теорії збурень, стійкості та синтезу систем, які самостійно налаштовуються, як частини загальної теорії автоматичного управління. Проте, питання синтезу та управління інтелектуальних систем у роботі не розглядаються.

У статті [18] досліджуються технології побудови мобільних мереж 5G, які мають забезпечити умови створення ультрашвидких мереж для отримання високоякісних послуг. Розроблено метод оптимізації параметрів сигналу за рівномірним критерієм, що може бути використаний для побудови інтелектуальної системи управління інфокомунікаційною мережею.

За проведеним аналізом можна зробити висновок, що при дослідженні, аналізі та синтезі інфокомунікаційних мереж ефективним є апарат складних систем. Створення систем, апріорно орієнтованих для роботи в умовах неповноти або нечіткості вихідної інформації, невизначеності зовнішніх збурень та середовища функціонування, потребує залучення нетрадиційних підходів до управління із застосуванням методів та технологій штучного інтелекту. Такі системи називаються інтелектуальними системами управління та фактично створюють новий клас, для якого принципи побудови, методи аналізу та синтезу повинні враховувати всі характерні риси різноманітних телекомунікаційних мереж зв'язку майбутнього.

Метою роботи є розробка концепції побудови інтелектуальних систем управління для забезпечення ефективного, гнучкого та надійного функціонування інфокомунікаційних мереж. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- формалізація задачі синтезу мережі передачі керуючої інформації за концептуальною моделлю інтелектуальної мережі;
- побудова та дослідження моделі обслуговування вимоги в інтелектуальній системі управління;
- застосування динамічного розподілу потоків інформації в інтелектуальній системі управління.

Виклад основного матеріалу

Проблема управління інфокомунікаційними мережами є однією з найважливіших у практиці експлуатації мереж. До сучасної системи управління інфокомунікаційної мережі пред'являються нові вимоги. Користувач цифрового майбутнього повинен мати можливість не лише отримувати різноманітні послуги високої якості, а й створювати необхідні послуги. Для надання цієї можливості необхідно здійснити синтез інтелектуальної системи керування.

Концептуальна модель інтелектуальної мережі. Основною властивістю ІСУ є те, що мережа передачі керуючої інформації побудована за концептуальною моделлю інтелектуальної мережі (рис. 1).



Рис. 1. Концептуальна модель інтелектуальної мережі

Для даної моделі швидкість обробки зменшується із зростанням «інтелектуальності», яка, у свою чергу, зменшується в міру просування вниз транспортним рівнем запропонованої моделі. Цим обумовлені проблеми, які потребують оптимального вирішення під час використання концепції інтелектуальної мережі.

Таким чином, враховуючи сучасні вимоги, пропонується будувати системи управління інфокомунікаційними мережами із застосуванням методів і технологій інтелектуальних мереж, для яких мережа передачі керуючої інформації побудована за концептуальною моделлю. При такому підході до синтезу мережі передачі керуючої інформації швидкість обробки на верхніх рівнях зменшується зі зростанням «інтелектуальності».

Модель обслуговування вимоги в інтелектуальній системі управління. Модель обслуговування вимоги в ІСУ передбачає створення визначників керуючого впливу – це додаткові програмні та/або апаратні засоби, що полегшують подальше розширення функцій та внесення змін до будь-якої системи (рис. 2). Дана модель включає три основні компоненти:

- блок опрацювання основних вимог;
- визначник керуючого впливу, який розпізнає заявки, що надсилаються до ІСУ, та тимчасово призупиняють процес обслуговування вимоги на період обміну інформацією з логічним блоком управління ІСУ;
- логічний блок управління ІСУ, що містить апаратні засоби та програмне забезпечення, які призначені для створення додаткових керуючих впливів та передачі інформації, що керує стандартними процесами обробки вимог.



Рис. 2. Модель обслуговування вимоги в ІСУ

Такий поділ функцій обслуговування вимог в інтелектуальній системі має низку переваг. Для виконання функцій визначника керуючого впливу потрібна лише невелика корекція існуючих комутаційних систем, що реалізується відповідним програмним забезпеченням. Центральний логічний блок управління дозволяє прискорити та спростити процес введення нових та корекції існуючих керуючих впливів, що позначається на економічності всієї мережі.

Концептуальна модель ІСУ розділяє команди керування та аспекти, пов'язані з мережею, що дозволяє описувати можливості інтелектуальної мережі незалежно від базової мережі, над якою створюється

інтелектуальна надбудова. Дана модель розглядається як структура із трьох рівнів (рис. 3):

- рівень команд управління;
- рівень функціонування – визначає можливості мережі, які необхідні застосування послуг, та визначає функції, реалізовані вузлами мережі. Мережа розглядається як єдине ціле, даються моделі обробки вимоги та незалежних від команд управління конструктивних блоків;
- фізичний рівень – визначає вузли мережі, їхні функціональні елементи та протоколи взаємодії. На цьому рівні визначаються фізичні елементи, способи відображення функціональних елементів на фізичні та описуються способи реалізації мережевих елементів інтелектуальної мережі.

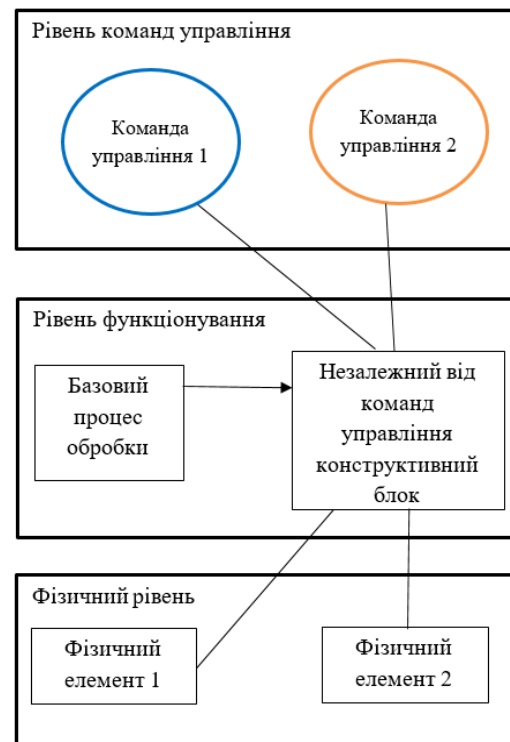


Рис. 3. Концептуальна модель ІСУ

Незалежні від команд управління блоки забезпечують виконання стандартних функцій, що використовуються багаторазово. Базовий процес обробки вимоги здійснюється спеціалізованим блоком, який взаємодіє з іншими блоками, у вигляді точок ініціалізації та завершення. Основними вимогами до структури інтелектуальної мережі є:

- мережеві функції виконуються у вузлах інтелектуальної мережі;
- вузол може виконувати одну або кілька функцій;
- виконання загальної мережевої функції не може здійснюватися кількома вузлами одночасно;
- два різні вузли можуть виконувати однакові мережеві функції;
- вузли повинні мати стандартні інтерфейси;
- розподіл мережевих функцій на вузлах і стандартні інтерфейси не повинні залежати від мережі.

Таким чином, запропоновано модель обслуговування вимоги до ІСУ, яка передбачає введення визначників керуючого впливу та централізованої логіки,

дозволяє прискорити та спростити процес введення нових та корекції існуючих керуючих впливів. Це дає змогу підвищити економічність усієї мережі.

Динамічне розподілення потоків інформації в ІСУ. Одним із ефективних способів підвищення використання ресурсів мережі в надзвичайних умовах є динамічний розподіл потоків інформації [19]. Для забезпечення динамічного розподілу потоків мережі передачі керуючої інформації пропонується використовувати систему динамічного управління розподілом потоків, яка є підсистемою ІСУ. Передача пакетів при динамічному управлінні потоків пакетів забезпечується не тільки по прямому шляху, але й по будь-якому з обхідних шляхів, що є в залежності від ситуації в мережі [18].

Ймовірність зайнятості ресурсів цього шляху обумовлена ймовірністю зайнятості ресурсів пам'яті вузлів мережі, через які проходить цей шлях, і ймовірністю зайнятості віртуальних каналів, яка характеризується коефіцієнтом використання ρ , де $0 \leq \rho \leq 1$. При рівномірному навантаженні по всій мережі ймовірність наявності зайнятого основного, але вільного одного обхідного шляху, тобто можливість вибору обхідного шляху передачі пакетів можна обчислити так: $P \approx \rho(1-\rho)$. Ймовірність вибору $N-1$ обхідних шляхів становить $P \approx \rho(1-\rho^{N-1})$.

На рис. 4 наведені графіки залежності ймовірності вибору обхідного шляху P від коефіцієнта використання каналів за наявності двох, трьох і чотирьох допустимих шляхів передачі інформації.

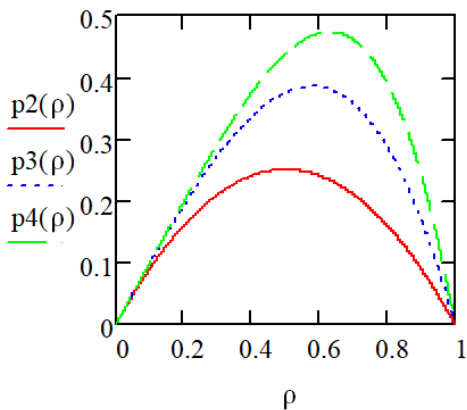


Рис. 4. Графіки залежності ймовірності вибору обхідного шляху від коефіцієнта використання каналів при наявності двох, трьох і чотирьох допустимих шляхів передачі пакетів

Ймовірність вибору одного з $N-1$ обхідних шляхів є невеликою як при малих, так і при великих значеннях ρ , оскільки обхідний шлях зазвичай є довшим шляхом, то і вибір його передачі призводить до підвищення загального коефіцієнта використання каналів.

Нехай коефіцієнт використання рівномірно збільшується по мережі на величину α , тоді

$$P \approx \rho(1+\alpha)\left(1-\left[\rho(1+\alpha)\right]^{N-1}\right). \quad (1)$$

Слід зазначити, що ця залежність виконується при $\rho < 1/(1+\alpha)$.

На рис. 5 представлені графіки залежності P від ρ при використанні обхідних шляхів для $\alpha = 20\%$.

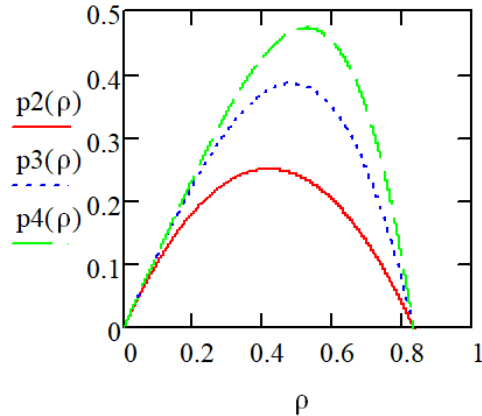


Рис. 5. Графіки залежності ймовірності вибору одного з обхідних шляхів від коефіцієнта використання ρ для $\alpha = 20\%$

Таким чином, одним із ефективних способів підвищення використання ресурсів мережі у надзвичайних умовах є динамічний розподіл потоків інформації. Для забезпечення динамічного розподілу потоків у мережі передачі керуючої інформації пропонується використовувати систему динамічного управління розподілом потоків, яка є підсистемою ІСУ. Для підтвердження ефективності динамічної маршрутизації проведено дослідження залежності ймовірності вибору обхідних маршрутів передачі від коефіцієнта використання каналів. Показано, що динамічна маршрутизація ефективна лише за середнього використання каналів.

Результати досліджень середнього часу затримки в мережі передачі керуючої інформації. Середній час затримки повідомлення в мережі, включаючи час очікування на передачу каналами, при статичному розподілі шляхів передачі пакетів розраховується за формулою:

$$\tau_{cm} = \frac{HL}{1-\rho}, \quad (2)$$

де H – середня кількість транзитних ділянок у вибраному шляху передачі.

Розрахунок величини (2) передбачає такі обмеження: пуассонівські потоки повідомлень у мережі, експоненційний розподіл довжин повідомлень із середнім числом пакетів L та нормалізований одиничний час передачі пакета каналом. При динамічному розподілі потоків пакетів можливі два варіанти: або пакети одного повідомлення очікують звільнення каналу по обраному шляху для даного повідомлення (мережа віртуальних каналів), або передаються по кожному з обхідних шляхів (дейтаграмний режим).

Для першого випадку:

$$\tau_{d1} = \frac{HL}{1-\rho(1+\alpha)}, \quad (3)$$

де $(1 + \alpha)$ враховує той факт, що частина навантаження при динамічному управлінні розподілом потоків пакетів буде передана більш довгими шляхами.

У другому випадку, для умови відсутності очікування передачі каналами, час затримки повідомлення в мережі складається з часу, необхідного для передачі L пакетів з першого (вихідного) вузла, і часу передачі кожного пакета з $(H(1 + \alpha) - 1)$ інших (транзитних) вузлів. Вважаючи, що час, який витрачається на передачу одного пакета, дорівнює одиниці, то загальний час, необхідний передачі з вихідного вузла L пакетів, дорівнює L одиниць.

Оскільки при дейтаграмному режимі всі пакети одного повідомлення передаються по мережі паралельно різними шляхами, можна прийняти, що час передачі всіх пакетів через транзитні вузли мережі чисельно дорівнює часу передачі мережею одного пакета. Таким чином, при дейтаграмному режимі час передачі пакетів через транзитні вузли займає $(H(1 + \alpha) - 1)$ одиниць часу. Таким чином,

$$\tau_{02} = L + H(1 + \alpha) - 1. \quad (4)$$

Враховуючи вираз (2) для основного шляху та вираз (4) для обхідних шляхів, знаходимо сумарний середній час затримки повідомлень у мережі при динамічному розподілі потоків пакетів:

$$\tau_{\partial} = \frac{(1 - P)H}{1 - \rho} + P(L - 1 + H(1 + \alpha)). \quad (5)$$

На рис. 6 зображено графіки залежності середнього часу затримки в мережі від коефіцієнта використання каналів для статистичного (постійних маршрутів) та динамічного (динамічної маршрутизації) розподілів пакетів при $\alpha = 20\%$ та наявності двох і чотирьох допустимих шляхів передачі пакетів.

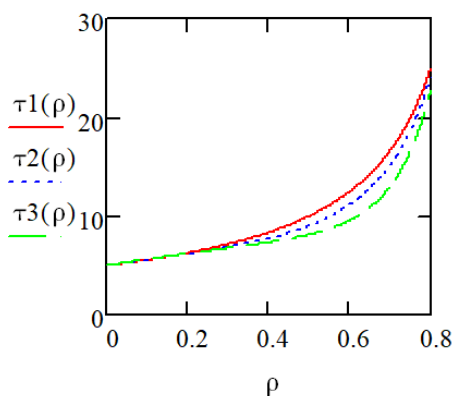


Рис. 6. Графіки залежності середнього часу затримки мережі від коефіцієнта використання каналів: крива $\tau_1(\rho)$ – статистичний розподіл пакетів; крива $\tau_2(\rho)$ – динамічний розподіл пакетів при $\alpha = 20\%$ і $N = 2$; крива $\tau_3(\rho)$ – динамічний розподіл пакетів при $\alpha = 20\%$ і $N = 4$

Аналіз графіків на рис. 6 показує, що динамічна маршрутизація ефективна лише за середнього вико-

ристання каналів. Однак варто зауважити, що дане порівняння динамічного та статистичного розподілів потоків пакетів проведено для рівномірного розподілу навантаження абсолютно надійною мережею. При перекосах навантажень та/або виникнення будь-яких пошкоджень на мережі динамічний розподіл потоків пакетів призводить до значно більшого ефекту.

Таким чином, динамічне управління розподілом потоків інформації найбільше ефективно в умовах надзвичайних ситуацій на мережі. При цьому, в умовах значного перевантаження мережі, застосування лише одного динамічного управління розподілом потоків інформації може не тільки не покращити, але навіть погіршити показники якості передачі повідомлень (затримка передачі повідомлень). Тому динамічне керування розподілом потоків інформації необхідно застосовувати у поєднанні з іншими методами і, в першу чергу, з методом керування обсягом потоку інформації, що надходить до мережі.

Висновки

Враховуючи вимоги сучасності та особливо того, що користувач цифрового майбутнього повинен мати можливість не лише отримувати різноманітні послуги високої якості, а й створювати необхідні йому послуги, пропонується будувати системи управління інфокомунікаційними мережами із застосуванням методів та технологій інтелектуальних мереж. Основною властивістю інтелектуальних систем управління є та обставина, що мережа передачі керуючої інформації побудована за концептуальною моделлю інтелектуальної мережі. При такому підході до синтезу мережі передачі інформації, що управляє, швидкість обробки на верхніх рівнях знижується зі зростанням «інтелектуальності», яка, у свою чергу, зменшується в міру просування вниз по транспортному рівню запропонованої моделі.

Запропоновано модель обслуговування вимоги до ІСУ, яка передбачає запровадження визначників керуючого впливу та централізованої логіки, дозволяє прискорити та спростити процес введення нових та корекції існуючих керуючих впливів, що позначається на економічності всієї мережі.

Одним із ефективних способів підвищення використання ресурсів мережі у надзвичайних умовах є динамічний розподіл потоків інформації. Для забезпечення динамічного розподілу потоків у мережі передачі інформації, що управляє, пропонується використовувати систему динамічного управління розподілом потоків, яка є підсистемою ІСУ. Визначено, що динамічна маршрутизація ефективна лише за середнього використання каналів. При перекосах навантажень та/або виникнення будь-яких пошкоджень на мережі динамічний розподіл потоків пакетів призводить до значно більшого ефекту.

Подальший розвиток запропонованого принципу динамічного управління розподілом потоків інформації полягає у необхідності застосовувати його у поєднанні з іншими методами і, в першу чергу, з методом управління обсягом потоку інформації, що надходить до мережі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Tolubko V., Berkman L., Gavrillo E., Barabash O., Kilmeninov O. Development of methods to improve noise immunity in the fifth-generation mobile networks based on multiposition signals. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 6, No. 9(96). P. 6–16. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.152713>.
2. Laptiev O., Shuklin G., Savchenko V., Barabash O., Musienko A., Haidur H. The method of hidden transmitters detection based on the differential transformation model. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering (IJATCSE)*. 2019. Vol. 8, No 6. P. 2840–2846. DOI: <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2019/26862019>.
3. Laptev A.A. Barabash O.V., Savchenko V.V., Savchenko V.A., Sobchuk V.V. The method of searching for digital means of illegal reception of information in information systems in the working range of Wi-Fi. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*. 2019. Vol. 6, No. 7. P. 10101 – 10105.
4. Барабаш О. В., Лаптев О.А., Свинчук О.В., Соловійов Є.В., Бушков В. Г. Оцінка завадостійкості тракту виявлення радіосигналів. *Сучасний захист інформації*. 2020. № 1. С 18–24. DOI: <https://doi.org/10.31673/2409-7292.2020.011824>.
5. Бреславський В.О., Лаптев О.А., Правдивий А.М., Зозуля С.А. Розробка алгоритму маршрутизації самоорганізованих радіомереж. *Зв'язок*. 2020. № 6. С. 54 – 57.
6. Sezer S., Scott-Hayward S., Chouhan P.K., Fraser B., Lake D., Finnegan J., Viljoen N., Miller M., Rao N. Are we ready for SDN? Implementation challenges for software-defined networks *IEEE Communications Magazine*. 2013. Vol. 51, No. 7. P. 36–43.
7. Gupta R.A., Chow M.-Y. Networked control system: overview and research trends. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. 2010. Vol. 57, No. 7. P. 2527–2535.
8. Kirk D.E. Optimal control theory: An introduction. Mineola. New York: Dover, 2004. 452 p.
9. Mahajan A., Martins N.C., Rotkowitz M.C., Yuksel S. Information structures in optimal decentralized control. *2012 IEEE 51st IEEE Conference on Decision and Control (CDC)*. 2012. P. 1291–1306.
10. Lukova-Chuiko, N., Herasymenko, O., Toliupa, S., Laptieva, T., Laptiev, O. The method detection of radio signals by estimating the parameters signals of eversible Gaussian propagation. *2021 IEEE 3rd International Conference on Advanced Trends in Information Theory, ATIT 2021 – Proceedings*. 2021. P. 67–70.
11. Kulin M., Fortuna C., De Poorter E., Deschrijver D., Moerman I. Data-Driven Design of Intelligent Wireless Networks: An Overview and Tutorial. *Sensors*. 2016. Vol. 16, No. 6. P. 790–796.
12. Стеклов В. К., Беркман Л. Н., Рудык Л. В., Стец А. С. Система управления сетью связи второго уровня TMN с комбинированным принципом управления. *Зв'язок*. 2005. № 5. С. 66–69.
13. Hespanha J. P., Nighshtabrizi P., Xu Y. A Survey of Recent Results in Networked Control Systems. *Proceedings of the IEEE*. 2007. Vol. 95, No. 1. P. 138–162.
14. Kibria M. G. et al. Big Data Analytics, Machine Learning, and Artificial Intelligence in Next-Generation Wireless Networks. *IEEE Access*. 2018. Vol. 6. P. 1284–1291.
15. Лаптев О.А., Собчук В.В., Собчук А.В., Лаптев С.О., Лаптева Т.О. Удосконалена модель оцінювання економічних витрат на систему захисту інформації в соціальних мережах. *Кибербезпека: освіта, наука, техніка*. 2021. Т. 4, № 12. С. 19–28.
16. Memos V. A. Efficient Multimedia Transmission over Scalable IoT Architecture. *International Journal of Computer Network and Information Security (IJCNIS)*. 2018. Vol. 10, No. 6. P. 27–39.
17. Dolinskiy R. Analysis of system with variable parameters, invariant to additive interference. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2015. Vol. 4, No. 4(76). P. 20–24.
18. Sallai Gy. Defining Infocommunications and Related Terms. *Acta Polytechnica Hungarica*. 2012. Vol. 9, No. 6. P. 5–15.
19. Климухин И. А. Основные понятия анализа и синтеза систем автоматического управления. *Альманах современной науки и образования*. 2012. № 11. С. 82–87.

Received (Надійшла) 16.05.2022

Accepted for publication (Прийнята до друку) 23.08.2022

Intelligent control system for infocommunication networks

Lubov Berkman, Oleh Barabash, Andrii Musienko, Olga Tkachenko, Oleksandr Laptiev, Olha Svyinchuk

Abstract. The paper studies the conceptual model of an intelligent network, which is proposed to be used in the synthesis of a network for the transmission of control information in intelligent control systems for info communication networks. At the same time, the user of the digital future should be able not only to receive a variety of high-quality services but also to create the necessary services. It is shown that when synthesizing intelligent control systems, the following features should be taken into account: the processing speed at the upper levels of the conceptual model decreases with the growth of "intelligence", which, in turn, decreases as we move down the transport level of the proposed model. The principles of construction and architecture of the intelligent control systems are proposed, taking into account the current readings of measuring and information means. A model for servicing a requirement is proposed, which implies the introduction of determinants of control action and centralized logic. This allows you to speed up and simplify the process of introducing new and correcting existing control actions, which affects the efficiency of the entire network. The model separates service-related aspects from network-related aspects. This allows you to describe the services and capabilities of the intelligent control systems, regardless of the core network over which the intelligent add-on is created. It is shown that one of the effective ways to increase the use of network resources in emergency conditions is the dynamic distribution of information flows. To ensure dynamic flow distribution in the control information transmission network, it is proposed to use a dynamic flow distribution control system, which is a subsystem of the intelligent control systems. The dependences of the probability of choosing a bypass path on the channel utilization factor are analyzed. The average message delay time in the network is analyzed. It is shown that dynamic routing is effective only with average channel utilization. The comparison of dynamic and static distributions of packet streams for uniform load distribution over an absolutely reliable network is carried out. In case of load distortions and/or any damage to the network, the dynamic distribution of packet flows leads to a significantly greater effect.

Keywords: network, intellectualization, control system, synthesis, model, requirement, impact, distribution, flow.