

УДК 621.396.96

В.І. БОЖКО, О.Г. ОХРІМЕНКО

Полтавський військовий інститут зв'язку, Україна

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ СТРУКТУРИ РОЗПОДІЛЕНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ КРИТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ

Проведено аналіз обмежень основних методологій системотехніки щодо вибору структури розподілених інформаційних систем критичного застосування. Запропонована методика оцінки функціональної стабільності структури складної системи за критерієм цілісності.

проекування систем, цілісність, розподілена інформаційна система критичного застосування

Вступ

Постановка проблеми та її зв'язок з науково-практичними задачами.

Сучасні телекомунікаційні та інформаційні технології дозволяють створювати складні інформаційні системи (ІС). Окремий підклас таких ІС складають розподілені інформаційні системи критичного застосування, що функціонують на значних територіях у реальному вимірі часу: військові мобільні мережі, багатопозиційні радіолокаційні системи протиповітряної оборони, космічні навігаційні системи. Особливостями розподілених ІС критичного застосування є просторова розосередженість і рухливість елементів системи, нестационарність і функціональна залежність потоків інформації, імовірнісний та агресивний вплив середовища функціонування [1]. Руйнація процесів функціонування розподілених ІС критичного застосування, як правило, призводить до незворотних наслідків. Структура ІС є її основним параметром. Тому дослідження напрямків підвищення стабільності структури розподілених ІС критичного застосування досить актуальні.

Визначення та вибір стабільної структури системи з урахуванням особливостей розподілених ІС критичного застосування може бути здійсненими методами аналізу та синтезу складних систем. Проведений у [2, 3] розгорнутий аналіз методів

дослідження складних систем, що ґрунтуються на застосуванні математичного апарату теорій множин, масового обслуговування, детермінованих і випадкових графових структур, просторів з нечіткою мірою показує їх суттєву обмеженість при синтезі ІС критичного застосування. Застосування методів експертних оцінок ускладнюється необхідністю постійного навчання групи експертів, що обумовлено динамічним розвитком інформаційних та телекомунікаційних технологій розподілених ІС. Експертиза вимагає постійного поновлення інформації в кожному проектному рішенні, що значно ускладнює процедуру її проведення в умовах часової обмеженості та інформаційної невизначеності. Застосування методів динамічного імітаційного та ситуаційного моделювання ускладнюється особливостями критичних систем та потребує створення надзвичайно широкого спектру об'єктів імітації.

Певні обмеження виникають при застосуванні тільки одного з критеріїв, що дозволяє дослідити ІС з певного боку, а врахування декількох критеріїв вимагає рішення багатопараметричних задач. Для розв'язання цього протиріччя пропонується аналіз та синтез розподілених ІС критичного застосування здійснювати за інтегральним критерієм – цілісністю структури [2, 4]. При цьому під структурою

розподілених ІС будемо розуміти упорядкованість елементів, компонентів і підсистем, стабільну до певних її змін, при яких система має бути цілісним об'єктом.

Постановка задачі дослідження. У загальному випадку вибір структури нової розподіленої інформаційної системи починається із визначенням замовником мети створення системи при обмеженнях наявних на ринку телекомунікаційні засоби. Замовник системи визначає бажані варіанти її використання, що є початковими даними для синтезу варіантів структур розподіленої інформаційної системи.

Задачу вибору структури ІС можна представити як задачу вибору наявного на ринку телекомунікаційного та обчислювального обладнання (ТОО) та встановлення способу їх взаємодії. Початковими даними є L варіантів структури ІС, де $l = \overline{1, L}$ – порядковий номер варіанту. Кожен l -й варіант структури ІС містить Q_{li} класів ТОО, де через $i = \overline{1, Q_l}$ позначимо номер класу в l -му варіанті. Припустимо, що кожен i -й клас ТОО містить N_i засобів ТОО, а реально використовується лише $N_{ci} = \overline{0, N_i}$. Загальна кількість режимів роботи телекомунікаційного та обчислювального обладнання i -го класу складає M_i , в той час коли реально використовується лише $m_i = \overline{1, M_i}$. Номер режиму роботи ТОО i -го класу позначимо через $k = \overline{1, m_i}$. Кількість засобів ТОО i -го класу, що працюють у k -му режимі складає $n_{ik} = \overline{0, N_i}$. Треба серед запропонованих варіантів $V = (v_i)$, $i = \overline{1, n}$ структур обрати найоптимальніший варіант структури інформаційної системи за критерієм цілісності.

Вирішення задачі оцінки структури розподіленої інформаційної системи

Розподіл множини v_i варіантів структури системи на K класи однотипних елементів і

визначення ймовірностей використання p_{ks} структур станів S_{ks} елементів проведемо згідно [2], де прийняті наступні позначення: k – номер класу, s – номер стану.

Кількість особистої інформації k -го класу елементів поза системою міститься у розподілі станів класу елементів та визначається виразом (1):

$$H_k = \sum_{s=1}^{M_k} p_{ks} \log p_{ks}, \quad (1)$$

де M_k – кількість потенційних станів S_{ks} елементу k -го класу.

При вводі елементу до ІС розподіл станів S_{ks} зміниться, що приведе до зміни системної інформації H_{ck} . Взаємна інформація $H_{ek} = H_{ck} - H_k$ залежить від ступеня взаємозв'язків елементів у розподіленій ІС і характеризує цілісності її структури. Структуру з найбільшою H_{ek} будемо вважати функціонально стабільною.

Для нормованих величин взаємної інформації цілісність розподіленої ІС визначається виразом (2):

$$\alpha_{\Sigma} = \left[\sum_{k=1}^{M_k} H_k \right]^{-1} \cdot \sum_{k=1}^{M_k} H_{ek}. \quad (2)$$

Аналіз виразу (2) показує, що цілісність системи прямо пропорційна системним якість її елементів, які у свою чергу визначаються структурними станами елементів.

Структурні стани елементів розподіленої ІС критичного застосування визначаються виходячи з:

- інваріантності функціонування та технічних характеристик елементу;
- змін при включенні елементу до системи.

Загальним для структурних станів елементів є зв'язок з іншими елементами, розрізняються вони функціональними особливостями. Наприклад, для точки радіодоступу (табл. 1) структурними станами є протоколи обміну інформацією на відміну від

технічних (пропускної здатності, технологій передачі тощо).

Для елементів розподіленої ІС критичного застосування системними характеристиками (структурними станами) є зв'язки з іншими системами. Широкий вибір структурних станів дозволяє розподілений ІС у більш різноманітних умовах досягати внутрішніх цілей і змінювати свою структуру.

Таблиця 1

Структурні стани точки радіодоступу

Характеристика	Зміни при введенні у систему
Технологія передачі: <ul style="list-style-type: none"> • Wi-Fi • WiMAX 	-
Кількість портів: <ul style="list-style-type: none"> • 10/100 BASE-T • USB • RS-232 	-
Тип інтерфейсу: <ul style="list-style-type: none"> • 10/100 BASE-T • USB • ADSL 	+
Функція маршрутизатора	+
Функція моста	+
Мережна безпека	+
Черги пріоритетів (QoS)	+
Класифікація трафіка (CoS)	+
Підтримка віртуальних мереж VLAN	+
Функції управління (локального/мережного)	+
Передача голосового трафіка VoIP	+
Тип антен	-
Електроживлення	-
Споживана потужність	-
Робоча температура	-
Температура збереження	-
Вологість	-
Габарити	-
Вага	-

Функціональні режими призначені для виконання функціонального призначення – зовнішніх цілей. Наприклад, функція мережної безпеки забезпечується комутатором за допомогою технічних чи системних характеристик, що реалізують різні структурні стани елемента:

- функція Port security;
- аутентифікація користувача 802.1x на основі портів і MAC-адрес;

- RADIUS клієнт;
- багаторівневі Access Control List на основі номеру порту, TOS, MAC-адреси, Diffserv, IP-адреси;
- TCP/UDP payload, мітки потоку IPv6;
- підтримка протоколів аутентифікації SSH, TACACS(+), SSL.

Визначення всієї множини структурних станів телекомунікаційних елементів (маршрутизаторів, комутаторів, концентраторів, мультиплексорів доступу, точок радіодоступу тощо) доволі складна задача.

Полегшення її вирішення полягає у правильному визначенні необхідного рівня деталізації системних характеристик.

Таким чином, методика оцінки функціональної стабільності структури розподіленої ІС критичного застосування за критерієм цілісності включає наступні етапи:

- визначення множини основних класів елементів у варіантах структури системи та структурних станів елементів при визначеному рівні деталізації;
- оцінка кількості взаємної інформації при введенні елемента до системи;
- розрахунок цілісності класів елементів і варіантів системи;
- вибір функціонально стабільної структури за критерієм максимуму цілісності.

Новизна методики полягає у поширенні методології цілісних систем на клас розподілених ІС критичного застосування із визначенням структурних станів сучасного телекомунікаційного обладнання.

Ілюстрацію застосування запропонованої методики здійснимо на прикладі розрахунку цілісності угруповання РЕТ, що є складною інформаційною системою реального часу. Прийнято, що угруповання РЕТ поділяється на класи активних, активно-пасивних і пасивних РЛС, а також багатопозиційних РЛС (БПРЛС), що

утворені шляхом об'єднання активних РЛС і додаткових приймальних пунктів. Параметри угруповання РЕТ наведені у табл. 2.

Таблиця 2

Параметри угруповання РЕТ

Номер і параметри варіанту	Класи РЕТ				
	Активні РЛС	Активно-пасивні РЛС	Пасивні РЛС	БПРЛС	
I	N_i / N_{ci}	7/1	12/8	5/0	10/2
	M_i / m_i	2/1	5/1	4/0	7/2
II	N_i / N_{ci}	7/2	12/6	5/3	10/5
	M_i / m_i	2/2	5/3	4/2	7/4
III	N_i / N_{ci}	7/3	12/11	5/4	10/9
	M_i / m_i	2/2	5/3	4/3	7/7

Варіант I характеризується застосуванням РЛС без завод і роботою БПРЛС по випромінюванням бортових повітряних засобів. При варіанті II в зоні відповідальності угруповання РЕТ діють одиноки постановники активних завод. Варіант III відображає умови масованого застосування супротивником комбінованих завод.

Результати розрахунку показника цілісності угруповання РЕТ $\alpha_{РЕТ}$ для зазначених умов наведені на рис. 1.

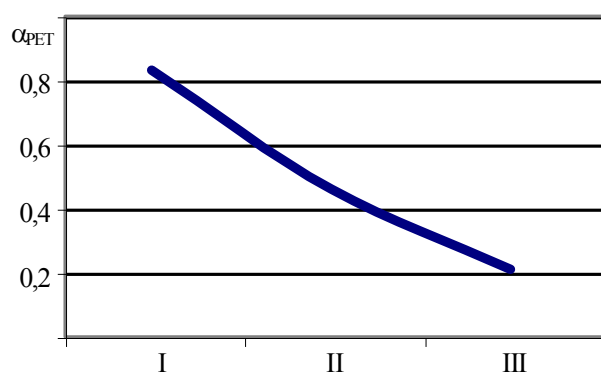


Рис. 1. Залежність цілісності угруповання РЕТ від варіантів її використання

Аналіз наведених даних свідчить про поступове зменшення цілісності угруповання РЕТ при погіршенні умов виявлення повітряних цілей і необхідністю включення додаткових режимів роботи РЕТ. Подальша обробка наведених результатів направлена на оптимізацію типів і ємності класів РЕТ, а також їх режимів роботи.

В результаті можна визначити функціонально стабільну структуру угруповання РЕТ для заданих умов зовнішніх впливів.

Висновки і перспективи подальших досліджень

Запропонована методика дозволяє вирішити задачу оцінки функціональної стабільності структури розподіленої ІС критичного застосування за критерієм цілісності.

Перспективним бачиться: по-перше, модернізація методики за рахунок вводу вагових коефіцієнтів для класів елементів з метою врахування стандартизованих системних станів елементів; по-друге, розробка бібліотеки типових елементів розподілених ІС критичного застосування та створення інтерактивного програмного комплексу на основі об'єктно-орієнтованого підходу.

Література

1. Талалаєв В.О. Методологія наукового супроводу впровадження сучасних цифрових технологій в польових телекомунікаційних мережах критичного застосування // Зб.тез доповідей II науково-практичної конференції "Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем спеціального призначення". – К.: ВІПІ НТУУ "КПІ", 2005. – С. 45-51.
2. Мавродієв А.М. Системологія. Методи и приложения к исследованию военных систем связи. – С.-Пб.: ВАС, 1992. – 120 с.
3. Николаєв В.И., Брук В.М. Системотехника: методы и приложения. – Л.: Машиностроение, 1985. – 199 с.
4. Дружинин В.В. Конторов Д.С. Системотехника. – М.: Радио и связь, 1985. – 200 с.

Надійшла до редакції 10.03.2006

Рецензент: канд. техн. наук, доцент В.О. Талалаєв, Полтавський військовий інститут зв'язку, Полтава.