



ФУНКЦИОНАЛНА УСТОЙЧИВОСТ НА КОМУНИКАЦИОННО-ИНФОРМАЦИОННИ СИСТЕМИ

Евгений Стефанов Хубенов
hubenov@gmail.com

**Софийски Университет “Св. Климент Охридски”
София 1164, бул. Джеймс Баучър 5
БЪЛГАРИЯ**

Ключови думи: комуникационно-информационни системи, функционална устойчивост, моделиране, мрежи на Петри

Резюме: В статията се анализират комуникационно-информационните системи като отворени комплексни разпределени йерархични системи, интерактивно взаимодействащи с информационното пространство и като обект на адаптация, развитие и самоорганизи-раност. Дефинирано е понятието функционална устойчивост на комуникационно-информационна система като способността да съхранява или възстановява (пълно или частично) възможността за изпълнение на функциите, които са и възложени, в условията на деструктивни фактори. Обосновани са критериите за качество на обработка на потоците информационни обекти. Описани са стратегиите за адаптация, с цел осигуряване на функционална устойчивост и задачите, които се решават в периодите на функционална пренастройка. Показан е модел във вид на система за масово обслужване. Дефинирани са елементи на повтарящи се структури с техните свойства и взаимодействие с мрежи на Петри.

КОМУНИКАЦИОННО-ИНФОРМАЦИОННИ СИСТЕМИ

Комуникационно-информационната система (КИС) е сложна комплексна разпределена пространствено-временна дискретно-събитийна система, която включва в структурата си две взаимно-свързани подсистеми (комуникационна и информационна), създадена с цел транспорт и обработка на потоци от информационни обекти. Потоците от информационни обекти са с различни тематика и постъпват в КИС от различни източници, което дава основание комуникационната подсистема да се представи като граф, в чиито възли са комуникационните елементи. Елементите на информационната подсистема са също възли на графа [1, 2], защото обработката на информационните обекти в разпределена система е свързана с анализ на информацията на обекта, с преобразуване, агрегиране и форматиране на модифициран обект и транспортирането му в друга област на информационното пространство. Топологията на мрежата на връзките между компонентите на КИС отчита движението на информационните обекти. [3, 4]. При транспорта на информационните обекти цялостността и надеждният транспорт на данни са функция на телекомуникационните

мрежи, които са в основата на информационно-мрежовата структура на комуникационната подсистема [2,4].

Елементите на КИС са част от информационното пространство [3] и задачите, които тя решава са информационни. Затова и показателите за ефективност на КИС, като количествена мяра за свойствата на системата да изпълняват зададените цели, трябва да бъдат информационни. Потоците от информационни обекти осигуряват взаимодействието и взаимната зависимост на КИС с другите елементи на информационното пространство, което предполага в определени етапи на жизнения цикъл на системата адаптация към състоянието на устойчиво равновесие, осигуряващо изпълнение на зададените цели.

СТРУКТУРА, ТОПОЛОГИЯ, АНАЛИТИКО-СИНТЕТИЧЕН ПОДХОД ПРИ РАЗВИТИЕ, АНАЛИЗ И МОДЕЛИРАНЕ НА КИС

При изследване на КИС трябва да се има предвид, че те още при изграждането си са близки до своята оптимална структура [1, 5], синтезирани са от класове повтарящи се (себеподобни, с фрактална структура) подсистеми с оглед на бъдещо нарастване. Структурата на КИС, реализираща функциите и постигането на заложените цели при централизирана обработка на информацията, може да се представи с поточен модел по отношение на информационните обекти [4,6] :

$$(1) \quad C = \begin{pmatrix} C_{11}(t, p_{11}) & C_{12}(t, p_{12}) & \dots & C_{1j}(t, p_{1j}) & \dots & C_{1N}(t, p_{1N}) \\ & C_{22}(t, p_{22}) & \dots & C_{2j}(t, p_{2j}) & \dots & C_{2N}(t, p_{2N}) \\ & & \dots & & & \\ & & & C_{ij}(t, p_{ij}) & & C_{iN}(t, p_{iN}) \\ & & & & \dots & \dots \\ & & & & & C_{NN}(t, p_{NN}) \end{pmatrix},$$

където $C_{ij}(t, p_{ij})$ е количеството информационни обекти, обслужени по направление m_i за време t при изпълнение на вероятностно-временен параметър p_{ij} .

Топологията на системата, разглеждана като граф, е комбинация от радиални топологии (тип звезда), в центъра на които стои възел за обработка на обектите, като елемент от информационната подсистема. Морфологичното описание на свързаност тип N -елементна елементарна структура от радиален тип [4] наддиагонална матрица на свързаност $|A|$, с $N-1$ елемента, равни на 1. Елементът, за който всички елементи в неговия ред и стълб са единици е възел на информационната подсистема:

$$(2) \quad A = \begin{pmatrix} a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1N} \\ & a_{21} & \dots & a_{2j} & \dots & a_{2N} \\ & & \dots & & & \\ & & & a_{ij} & & a_{iN} \\ & & & \dots & \dots & \\ & & & & & a_{NN} \end{pmatrix}$$

От гледна точка на теорията на потенциалната ефективност [5] за анализ на системи със структура близка до оптималната се прилага синтетичен подход, като се разработват, проектират и моделират подсистемите за отделни класове информационни

обекти, които се интегрират в цялостната система. Това позволява да се разпредели правилно по оста на времето проектирането, създаването, развитието, тиражирането и мащабирането на КИС. При аналитичния подход принципите и изискванията към системата като цяло се разпространяват към подсистемите, от друга страна типови решения, приложени към входно-изходни информационни потоци създават трудности при адаптацията на КИС към външните условия. За аналитико-синтетичен подход концептуалният модел на КИС интегрира отделните подсистеми с целеви направления за анализ и последващи обобщения. При такъв подход трябва да се избере елементарна радиална структура за моделиране на информационните процеси в КИС, да се скалира за да разрастне системата и да се обобщят и приложат резултатите към постигането на целите на системата.

ФУНКЦИОНАЛНА УСТОЙЧИВОСТ НА КИС, СТРУКТУРНА АДАПТАЦИЯ И ФУНКЦИОНАЛНА ПРЕНАСТРОЙКА

Функционирането на КИС може да се разглежда като обмен на информационни ресурси при доставката и обработката на информационните обекти (ИО). КИС като отворена комплексна разпределена йерархична система, интерактивно взаимодействаща с информационното пространство, трябва да бъде обект на адаптация, развитие и самоорганизираност [4]. Потоците от информационни обекти се изменят във времето и в пространството (място на възникване), което създава нееднородности в телекомуникационната подсистема и изменя структурно-функционалните връзки вътре в системата. Функционална устойчивост е способността на КИС да съхранява или възстановява (пълно или частично) възможността за изпълнение на функциите, които са и възложени в условията на деструктивни фактори. Ресурсите, които могат да бъдат обект на управление са въздействието на външното информационно пространство по отношение на постъпващия към КИС поток от ИО (филтрация на потоци или част от тях), управление на маршрута за потоците от ИО, пространственото разположение на множеството от програмно-апаратни средства на елементите на системата (топологията на мрежата, подсистеми за обработка) .

За множеството от структури на комуникационната подсистема и множеството от елементи за обработка на потоците, за всяка тематика (част от информационния поток) съществуват минимално допустими нива на качества, които осигуряват целите на функциониране на КИС за тази тематика.

$$(3) \quad \{Q\}_{ij} = \begin{vmatrix} Q_1^1 & \dots & Q_k^1 \\ \vdots & & \vdots \\ Q_1^N & \dots & Q_k^N \end{vmatrix}, \quad \begin{matrix} i = 1, N \\ j = 1, k \end{matrix}$$

където $\{Q\}_{ij}$ е вектор на допустимото ниво на качеството на функциониране на КИС, N – брой на тематиките, K- брой на качествата на обслужване на потока от обекти с фиксирана тематика.

Едновременно трябва да бъдат осигурени както нивата за специфичната характеристика на качеството за всички тематиките (колониите в матрицата на качеството), така и всички качества за отделната тематика (редовете в матрицата). КИС е функционално устойчива, ако след деструктивни въздействия съществува поне една структура на ресурси (апаратно-програмни, комуникационни и информационни), осигуряващи функциите във вектора от цели с качество, не по ниско от допустимото. Допустимото ниво на качество може да се разглежда като граница на устойчивост на

КИС по отношение на деструктивни въздействия, а разстоянието между текущия вектор на качество и допустимото ниво запас на функционалната устойчивост:

$$(4) \quad \{r\}_i^j = \{q\}_i^j - \{Q\}_i^j$$

Реализацията на всяка от функциите на КИС за определен интервал от време може да се изпълни с ниво на качество, свързано и в зависимост от отделените ресурси на системата за изпълнение на зададените функции [7], тяхното позициониране в структурата на КИС и въздействието на външните условия на информационното пространство. Съществуват различни подходи за постигане на функционална устойчивост на КИС - анализ на риска, анализ на структурата. При адаптация на структурата на КИС елементи от системата, които могат да се променят са структурата на комуникационната подсистема (маршрути за доставка на потоците от ИО към подсистемите за обработка) и броят и позициите на подсистемите за обработка.

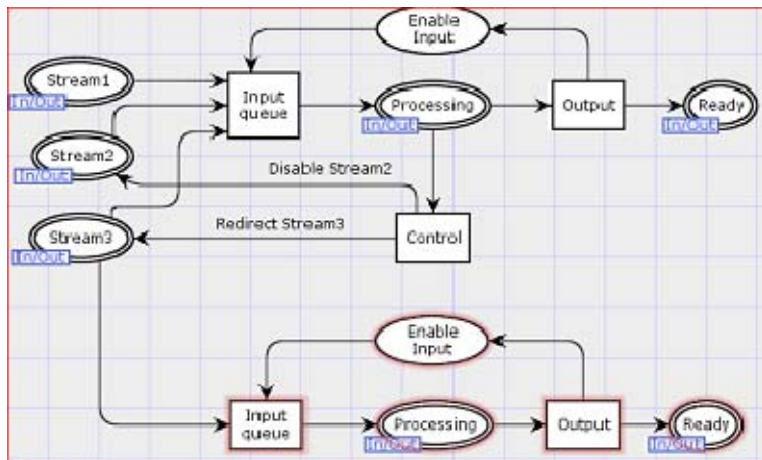
Функционалната устойчивост на КИС при наличие на деструктивни въздействия се осъществява с адаптация и включва идентификация на деструктивно въздействие по промяната на състоянията на векторите на качество в посока на намаляване на запаса от функционална устойчивост, търсене на структура с наличните ресурси, приемливо качество на реализация на зададения набор от функции, функционална пренастройка и преконфигуриране, с цел осигуряване на функционалната устойчивост на КИС с подходящата за увеличаване на запаса от функционална устойчивост структура, избрана по определена стратегия.

В хода на процеса на адаптация се различават периоди на деградация, намаляване на запаса на функционална устойчивост и влошаване на характеристиките на качество, адаптация и структурно-функционални промени в КИС и възстановяване на качеството в допустимите граници [3]. Съществуват различни стратегии за адаптация на КИС в посока на осигуряване на функционалната устойчивост: минимизация на допълнителните ресурси (програмно-апаратни), минимизация на времето на възстановяване, максимална адаптация към потока с деструктивно въздействие. При представяне като система за масово обслужване (СМО) [7] КИС може да се разглежда като повтарящи се структури от устройство за обединяване и маршрутизация на ИО, елементи на комуникационната подсистема и устройство за обработка, които разглеждаме като адресируеми точки в структурата. В устройствата за обработка, представени като СМО, моделът трябва да осигурява агрегиране на различни потоци към входната опашка е възможност за пренасочване към различни сървъри за последваща обработка на обектите. Идентификацията на деструктивните въздействия с цел промяна на структурата трябва да се извършва и на ниво информационни потоци и като оценка на състоянието на опашките в сървърите за обработка. Съществена особеност на КИС за разлика от телекомуникационните мрежи и мрежите за предаване на данни е, че устройствата за обработка могат динамично да променят мястото си в структурата на системата или при фиксирана позиция да се извършва пренасочване на потоците към различни сървъри за обработка. Няма практически ограничения за такъв тип адаптация с развитие на “облачните” технологии или с динамична “anycast” маршрутизация в мрежовия слой на комуникационния модел.

МОДЕЛИРАНЕ НА ФУНКЦИОНАЛНО УСТОЙЧИВИ КИС С МРЕЖИ НА ПЕТРИ .

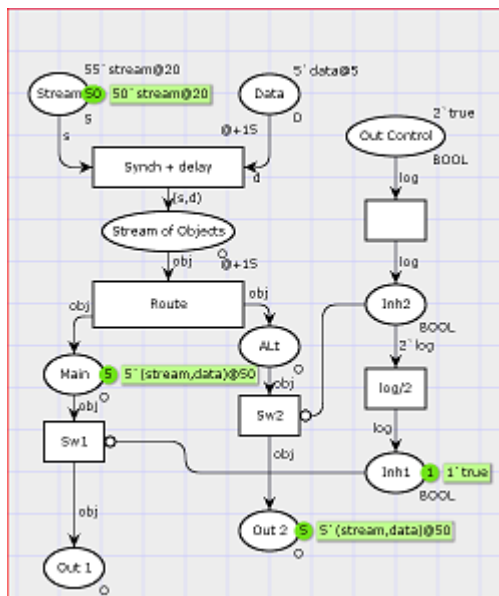
Предлаганият модел на КИС е реализиран на база на цветни мрежи на Петри с временни мултимножества с инструментите на CPN Tools [8]. Обработката на потоците от ИО е представена като СМО в центъра на елементарна структура от радиален тип.

Заявките за обслужване на ИО в примерната структура са по три канала с обща опашка и възможност за различни дисциплини на обслужване. За два от каналите е показана възможност за управление на потока ИО – спиране или пренасочване към друга СМО (сървър). Управлението на потоците ИО е база на състоянието на опашката в СМО.



Фиг. 1. Йерархичен модел на СМО за обработка на потоци ИО

Моделът за един поток включва обединяване и синхронизиране по време на данните и метаданни за ИО, които в общия случай се генерират в различни моменти на времето, включване на разпределението по време и управление на крайната дестинация.



Фиг.2. Модел на поток ИО с възможност за управление

Заклучение: Дефинирани са критериите за функционална устойчивост на КИС за транспорт и обработка на потоци ИО, както и средствата за нейното постигане. На база на аналитико-синтетичен подход е предложен концептуален модел на КИС, интегриращ елементарни радиални структури за обработката на потоци от ИО. В модела е предвидено управление на структурата на КИС с пренасочване на потоците ИО за осигуряване на функционалната устойчивост

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. Thilo Gross, Hiroki Sayama (Editors), Adaptive Networks Theory, Models and Applications, pringer, 2009
- [2]. Miguel A. Labrador • Pedro M. Wightman, Topology Control in Wireless Sensor Networks, Springer, 2009
- [3]. Додонов А. Г., Д.В. Ландэ. Живучесть информационных систем, К.: Наук. думка, 2011
- [4] Романов А.И. Основы теории телекоммуникационных сетей, Киев, 2002
- [5]. Флейшман Б.С., Элементы теории потенциальной эффективности сложных систем, М. Советское радио, 1971
- [6]. Королев А.Н., А.А. Тарасов, О функциональной устойчивости навигационно-информационных систем, Научный журнал Серия “Информатика. Защита информации. Математика”, Москва ,2012, РГГУ
- [7]. Цанков Б., В.Тричков, С. Овчаров, Разпределени изчислителни системи, София, ДИ “Техника”, 1976
- [8]. Kurt Jensen, Lars M. Kristensen Coloured Petri Nets Modelling and Validation of Concurrent Systems, Springer 2009

OPERATIONAL SUSTAINABILITY OF COMMUNICATIONS AND INFORMATION SYSTEMS

Evgeniy Stefanov Hubenov
hubenov@gmail.com

*Sofia University 'St. Kliment Ohridski' 1164 Sofia, 5 James Bourchier Blvd.,
BULGARIA*

Key words: *communications and information systems, operational sustainability, modeling, Petri nets*

Abstract: *The article analyze the communications and information systems as open hierarchical distributed complex systems, interacting with information space and as an object of adaptation, self-organization and development. The concept of operational sustainability of communications and information system as the ability to store or restore (full or partial) ability to perform the functions that are assigned in terms of destructive factors is defined. Quality criteria for treatment of flows data objects are justified. Adaptation strategies are described , in order to ensure operational sustainability and the tasks to be solved in periods of functional readjustment are described. Model as a queueing system is shown. Elements of repetitive structures with their properties and interaction with Petri nets are described .*