

УДК 621.391.8

В. І. КРАВЧЕНКО, канд. техн. наук;

В. І. ЧЕРЕДНІЧЕНКО, студент;

В. П. ШУЛЬЦ, студент;

О. В. ТАРГАНЧУК, студент;

В. О. ТИТАРЕНКО, студент.

Державний університет телекомунікацій, Київ

УДОСКОНАЛЕННЯ НЕЧІТКОЇ ТЕМПОРАЛЬНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ОПИСУ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА СИСТЕМИ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ

Запропоновано вдосконалення методу подання зовнішніх дестабілізуючих факторів у вигляді агрегованих показників, що впливають на параметри і якісні характеристики сигналів. Додано агрегований показник γ_3 , який відбиває якісні показники обладнання систем передавання даних у режимі on-line. Зазначений опис функціонування радіосистеми дає можливість прогнозувати стан системи і вибирати відповідні управлінські рішення для поліпшення прогнозованої ситуації.

Ключові слова: темпоральна модель; системи мобільного зв'язку; дестабілізуючі фактори; зовнішнє середовище.

Вступ

Стрімкий розвиток технологій стимулює виробників мобільних гаджетів із кожним роком удосконалювати свої технології виробництва, а отже, і модернізувати функціонал готової продукції. Так, кожна наступна міжнародна виставка або конференція ринку мобільних технологій пропонує нові методи захисту інформації, її шифрування, оброблення, а також, що найголовніше, способи вірогідного передавання даних.

Одним із основних напрямків розвитку систем мобільного зв'язку є засоби захисту систем, підсистем та комплексів мобільних технологій, а отже, і інформації, від впливу дестабілізуючих факторів. Питанням проектування та встановлення обладнання зв'язку приділяється чимала увага як з боку мобільного оператора (провайдера), так і з боку самого виробника систем, адже будь-яке спотворення даних або їх втрата безумовно призведуть до матеріальних збитків, які перш за все відчує на собі оператор.

Причини виникнення спотворення інформації в каналах зв'язку можуть бути різні. Інколи неможливо досить точно описати дії тієї чи іншої завади, що впливає на роботу комплексів систем зв'язку. Ці труднощі пов'язані з неможливістю швидко і точно локалізувати підсистему, на яку напряму впливає завада, визначити їх кількість, а деколи навіть і відстежити її джерело.

Отже, має сенс розглядати завади для приймання/передавання інформації в більш загальному масштабі з метою подальшого точного виявлення джерела завад.

Основна частина

Невід'ємною складовою розвитку систем передавання даних є не лише вдосконалення методів оброблення інформації, а й способи захисту та

маніпуляції системи у ситуаціях впливу зовнішніх дестабілізуючих факторів. У роботі [1] запропоновано до розгляду три агрегованих показника, які характеризують вплив зовнішнього середовища на системи зв'язку. Ці показники позначено як γ_1 , γ_2 та E , причому значення кожного залежить від відповідної йому безлічі параметрів:

$$\gamma_1 = H_1(\gamma_1^1, \dots, \gamma_{n_1}^1);$$

$$\gamma_2 = H_2(\gamma_1^2, \dots, \gamma_{n_2}^2);$$

$$E = H_E(e_1, \dots, \gamma_{n_E}^1),$$

де n_1 , n_2 , n_E — потужність множини параметрів агрегованих показників відповідно γ_1 , γ_2 і E ; $H_1(\gamma_1^1, \dots, \gamma_{n_1}^1)$, $H_2(\gamma_1^2, \dots, \gamma_{n_2}^2)$, $H_E(e_1, \dots, \gamma_{n_E}^1)$ — деякі нечіткі функції [1].

Для відображення характеристик систем мобільного зв'язку в момент впливу на них безлічі зовнішніх дестабілізуючих факторів запропоновано введення додаткового, четвертого показника γ_3 . Відповідно, значення показника γ_3 буде описано нечіткою функцією:

$$\gamma_3 = H_3((\gamma_1^2 + E_1), \dots, (\gamma_n^x + E_\gamma)).$$

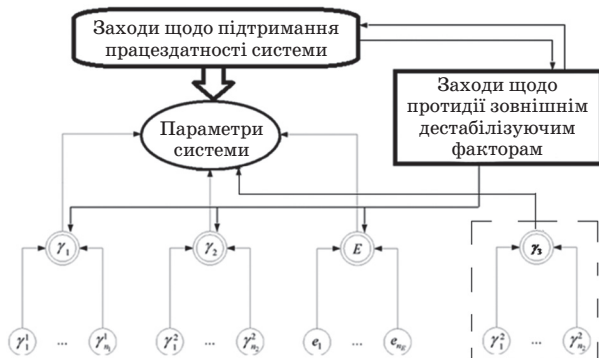
Цей показник відбиває стан функціонування абонентських терміналів у певній зоні дії покриття в момент комплексних змін зовнішнього середовища (природні фактори, стихійні лиха, цілеспрямована РЕБ тощо.) Також не менш важливою метою показника γ_3 є збір статистичних даних абонентів у момент роботи системи передавання даних.

Статистичні дані, з якими буде оперувати показник γ_3 , такі:

- якісні показники сигналу;
- територіальне розміщення абонентського пристрою;
- вид дестабілізуючого фактора;
- визначення способу подальшого функціонування системи (резервні режими роботи);

• можливі шляхи протидії дестабілізуючим факторам.

Загальну структуру ієрархії параметрів зовнішнього середовища із запропонованим блоком (виділено пунктиром) зображено на рисунку.



Узагальнене дерево параметрів зовнішнього середовища

Нечіткою темпоральною ознакою будемо називати тріаду

$$q_i = h_i, \mu_{q_i}, T_{q_i}, \quad (1)$$

де h_i — текстовий опис ознаки; μ_{q_i} — нечітка характеристична функція, що відбиває ступінь вираженості ознаки q_i на заданому часовому інтервалі T_{q_i} .

Нечітка темпоральна ознака дає можливість більш адекватно здійснювати опис досліджуваних подій, «розмиваючи» межі їхнього початку і кінця.

Усі нечіткі темпоральні ознаки, описувані на тимчасовій осі, перебувають у певному відношенні одна з одною. Нечіткі темпоральні відношення можна описати відношеннями Аллена, узагальнюючи їх на випадок нечітких темпоральних ознак. Особливість нечітких темпоральних відношень полягає в тому, що одні й ті самі події можуть перебувати в кількох темпоральних відношеннях одночасно, маючи при цьому різний ступінь належності. Тому даний тип темпорального образу припускає діз'юнктивну форму подання (ДФ-образ):

$$\varphi_{ij} = (q_i rt_{ij}^* q_j), \mu_{\varphi_{ij}}, T_{\varphi_{ij}}, \quad (2)$$

де $\varphi_{ij} = q_i rt_{ij}^* q_j$ — текстовий опис нечіткого відношення між i -ю та j -ю темпорами; $\mu_{\varphi_{ij}}$ — нечітка характеристична функція; $T_{\varphi_{ij}}$ — область визначення функції $\mu_{\varphi_{ij}}$. При цьому маємо:

$$rt_{ij}^* = \{rt_{ij}^k\}, \mu_{\varphi_{ij}} = \bigvee_k \mu_{r_{ij}^k}, \quad (3)$$

$$rt_{ij}^k = q_i, q_j, \mu_{r_{ij}^k}, \quad rt_{ij}^k \in RT,$$

$$T_{\varphi_{ij}} = T_{q_i} \cup T_{q_j},$$

де RT — сімейство співвідношень Аллена.

Більш високий рівень опису подій подано нечіткою темпоральною структурою, що характеризує наявність кількох нечітких темпоральних відношень між кількома різними нечіткими темпоральними ознаками на заданому часовому інтервалі.

У роботі [1] описано агреговані показники γ_1, γ_2 та E . Слід зазначити, що як і для інших показників, показник γ_3 буде мати терм-множини значень,

а саме: «Сильно збільшує» (СЗб), «Не впливає» (НВ) та «Сильно зменшує» (СЗм).

Дані терм-множини відбиватимуть стан роботи модернізованої системи (або підсистеми) відповідно у таких ситуаціях: у разі сильного (стрімкого) збільшення впливу дестабілізуючих факторів на роботу комплексу, у разі нормального режиму роботи комплексу (показники можуть відхилитися від своїх номінальних значень у межах норми), та в разі стрімкого зменшення впливу дестабілізуючих факторів на роботу мережі. Основним завданням систем моніторингу (які відповідатимуть за значення показника γ_3) буде також постійна фіксація змін в якісних показниках мережі. Потужність сигналу, відстані від базової станції до абонента, режими роботи мобільних терміналів будуть зберігатися в центрі оброблення даних до моменту дії зовнішніх факторів на мережу і після усунення всіх негативних наслідків впливу на роботу систем. Це дасть змогу оператору та технічному персоналу постійно відслідковувати, в якому стані на даний момент перебуває та чи інша підсистема мережі, а також зробити прогнози для упередження подальшого негативного впливу на мережу.

Характерною рисою показника γ_3 буде подання результатів/даних у режимі on-line. Тобто, для швидкого реагування та результативних дій щодо заходів з протидії тих чи інших дестабілізуючих факторів, які впливають на коректну роботу системи, необхідне комп'ютерне моделювання мережі на основі зазначених основних параметрів.

Таким чином, за допомогою нечітких темпоральних структур можна описувати окремі факти, які стосуються набору знань щодо поведінки мережі. Кожний факт відбиває деяку подієву обстановку в навколишньому середовищі на даному проміжку часу з можливістю обліку попередніх і наступних подій.

Параметри навколишнього середовища і стану системи можуть описувати деяку нечітку ситуацію або не цікавити оператора з погляду подання нечітких ситуацій. Тому з набору факторів, зібраних на деякому інтервалі спостереження за одним або кількома часовими рядами, можна визначити ситуації, що зустрічаються найбільш часто, і ввести набір еталонних ситуацій. Окрім того, під час розгляду питань, які характеризують демографічний і територіальний стан регіону, потрібен облік планованих темпоральних подій, які можуть статися на розглядуваному прогнозованому часовому інтервалі.

Слід зазначити, що недоліком уведення додаткового показника γ_3 на функціонування телекомунікаційної мережі є ускладнення реалізації системи моніторингу та контролю якості послуг у мережі. Тобто постає необхідність розміщення додаткового обладнання та центрів збору даних

для швидкого реагування на зміни в роботі комплексів і систем зв'язку. Дана модернізація мережі вимагає затрат значної кількості ресурсів, проте зібрані дані допоможуть у процесі проектування, розгортання і/або оптимізації мереж передавання даних у майбутньому.

Висновки

Запропоновано формалізований опис неієрархічної структури системи. Кожну систему на кожному рівні даної ієрархії подано як деяку підсистему зі своїм набором чітких і нечітких характеристик. При цьому в зазначеній ієрархічній структурі систем мобільного зв'язку математично описано зв'язок між системами різних рівнів ієрархії і вплив характеристик систем нижнього рівня на характеристики системи більш високого рівня ієрархії. Такий опис дає можливість розрахувати значення характеристик системи мобільного зв'язку на будь-якому рівні узагальнення її структури з урахуванням характеристик систем нижчих рівнів ієрархії.

На основі прикладу нечіткої темпоральної логіки запропоновано модель опису впливу зовнішнього середовища на параметри системи. Побудована модель підвищує точність загальної моделі опису характеристик системи і може бути використана при моделюванні систем на різних рівнях ієрархії.

Запропоновано модернізацію нечіткої темпоральної моделі завдяки введенню додаткового показника з метою організації роботи з моніторингу та усунення несправностей у режимі реального часу. Установлення додаткового обладнання, зокрема складних систем моніторингу радіомережі, призведе до збільшення затрат на планування, розгортання та модернізацію мережі, проте збитки, яких може зазнати провайдер, можуть бути значно більшими.

Список використаної літератури

1. **Розробка** нечіткої темпоральної моделі для опису впливу параметрів зовнішнього середовища на системи зв'язку стандарту LTE / С. І. Отрох, В. І. Кравченко, Л. В. Дакова [та ін.] // Зв'язок. 2018. № 5. С. 6–11.
2. **Стеглов В. К., Беркман Л. Н.** Теорія електричного зв'язку: підручник. Київ: Техніка, 2006. 548 с.
3. **Лапий В. Ю., Калюжний Л. Г., Красний Л. Г.** Устройство ранговой обработки информации. Київ: Техніка, 1986. 120 с.
4. **Стеглов В. К., Беркман Л. Н., Карпенко Н. Ф.** Многокритериальная оптимизация системы управления телекоммуникационными сетями // Зв'язок. 1999. № 6. С. 13–16.
5. **Дослідження** надійності функціонування системи зв'язку / В. В. Григорович, О. Л. Недашківський, С. І. Мешков [та ін.] // Сучасні інформаційно-комунікаційні технології COMINFO'2012, 01–05 жовтня. Livadia, 2012. С. 88.

Рецензент: доктор техн. наук, ст. наук. співробітник **Ю. В. Мельник**, Державний університет телекомунікацій, Київ.

В. І. Кравченко, В. І. Чередниченко, В. П. Шульц, О. В. Тарганчук, В. О. Титаренко

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НЕЧЕТКОЙ ТЕМПОРАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА СИСТЕМЫ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

Предложено совершенствование метода представления внешних дестабилизирующих факторов в виде агрегированных показателей, влияющих на параметры и качественные характеристики сигналов. Добавлен агрегированный показатель γ_3 , отражающий качественные показатели оборудования систем передачи данных в режиме on-line. Подобное описание функционирования радиосистемы позволяет прогнозировать состояние системы и выбирать соответствующие управленческие решения для улучшения прогнозируемой ситуации.

Ключевые слова: темпоральная модель; системы мобильной связи; дестабилизирующие факторы; внешняя среда.

V. I. Kravchenko, V. I. Cherednichenko, V. P. Schults, O. V. Targanchuk, V. O. Tytarenko

IMPROVEMENT OF THE FUZZY TEMPORAL MODEL FOR DESCRIPTION OF THE INFLUENCE OF EXTERNAL ENVIRONMENTAL PARAMETERS ON MOBILE COMMUNICATION SYSTEMS

The mobile communication system is represented as a hierarchy in terms of system detail. The described interdependence of the parameters of systems at different levels allows us to consider the effect on the system as a whole of certain changes that occur in any of the subsystems. In general, it can be said that changes in this subsystem occur due to certain factors that affect the values of the subsystem parameters, and these actions can affect any system at any level, which usually leads to changes throughout the system. The presentation of external destabilizing factors in the form of aggregate indicators that affect the parameters and quality characteristics of signals is proposed. The main external influences were demographic parameters, territorial parameters and a generic metric that includes many events affecting the system. The system with these indicators was upgraded with the help of an additional, third indicator, which is responsible for displaying the quality indicators of the equipment of the network systems. Changes that cause external factors to affect the subsystem may be some action to upgrade that subnet, or vice versa — failure of any element of the subsystem. A fuzzy temporal model is presented that describes the influence of basic environmental parameters on the performance of mobile communications systems and systems. Such a description of the operation of the radio system allows us to predict the status of the system and to select the appropriate control solutions to improve the forecast situation. Environmental settings and system status may describe some unclear situation, so based on a set of factors collected over a single or multiple time series, you can determine the most common situations and create a reference situation.

Keywords: temporal model; mobile communication systems; destabilizing factors; external environment.