

УДК 621.391

DOI: 10.31673/2412-9070.2019.060307

В. Б. ТОЛУБКО, доктор техн. наук, професор;  
Л. Н. БЕРКМАН, доктор техн. наук, професор;  
В. Ф. ЗАЙКА, доктор техн. наук, доцент;  
О. Г. ВАРФОЛОМЕЄВА, канд. техн. наук, доцент;  
К. О. ДОМРАЧЕВА, канд. техн. наук, доцент,  
Державний університет телекомунікацій, Київ

## Метод аналізу якості функціонування системи керування мережею наступного покоління на основі інформаційно-ентропійних характеристик

**Розглянуто концепції побудови мереж наступного покоління. Визначено основні вимоги до таких мереж і до систем керування ними. Особливу увагу приділено питанням мінімізації часу реагування системи керування на події в мережі, механізм розмежування для виявлення відмов мереж і запобігання їм, мінімізації навантаження, що створюється трафіком керування, забезпечення користувача потрібними послугами із заданою якістю, підвищення ефективності функціонування оператора телекомунікацій як бізнес-суб'єкта. Мережа передавання керуючої інформації аналізується з імовірнісного погляду як система, котра в конкретний момент часу перебуває в певному стані.**

**Запропоновано метод аналізу надійності і живучості системи керування мережею наступного покоління, який базується на оцінюванні ентропії мережі під час зміни її стану. Визначено ентропію системи в працездатному і непрацездатному стані. Використано матрицю умовних імовірностей переходу системи зі стану в стан та визначено алгоритм розрахунку ентропії на прикладі фрагмента мережі.**

**Ключові слова:** мережа; керування; маршрут; імовірність; ентропія.

### Вступ

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій. Глобалізація та інші сучасні тенденції розвитку телекомунікаційних мереж зумовили не лише значний перегляд основних телекомунікаційних концепцій, а й важливі технологічні зрушення, а саме: від мовного трафіку до трафіку даних та мультимедійного трафіку, від спеціалізованих до глобальних інфокомунікаційних мереж, від локальних спеціалізованих послуг до мультимедійних універсальних послуг та додатків із гарантованою якістю в будь-який час у будь-якому місці.

У 90-х роках минулого сторіччя передбачалося, що ідею створення іфокомунікаційної мережі буде втілено за допомогою концепції інтелектуальної мережі. У 1993 році Міжнародний союз електрозв'язку ITU-T (*International Telecommunication Union — Telecommunication standardization sector*) затвердив перші специфікації технології *Intelligent Network* (IN). Основним принципом побудови інтелектуальної мережі стало логічне розділення рівня комутації і надання послуг, завдяки чому з'явилася можливість створювати нові телекомунікаційні послуги відповідно до специфічних для кожного з них вимог стосовно мережі і абонентських пристроїв.

Із розвитком іфокомунікаційних послуг ідея об'єднання телефонних мереж, мобільного зв'язку, мережі Інтернет знайшла свій розвиток у концепції NGN (мережі наступного покоління — *Next Generation Network*), в основу якої було покладено принцип відокремлення однієї від одної функцій перенесення і комутації, функцій керування викликом і функцій керування послугами.

Концепція мережі наступного покоління NGN, яку було введено Міжнародним союзом електрозв'язку ITU-T [1], визначає архітектуру апаратних і програмних засобів, що передбачає обмін викликами спеціальних процедур між комутаційною системою і мережею під час організації зв'язку. Виконання цих процедур може керувати процесами комутації та іншими мережними ресурсами для здійснення функцій «інтелектуальної» маршрутизації, тарифікації, взаємодії з користувачем.

Аналіз науково-технічної літератури показує, що проблемам дослідження побудови ефективних іфокомунікаційних мереж, систем керування мережами, розвитку теорії оптимізації та теорії інформації присвячено велику кількість наукових праць вітчизняних та зарубіжних вчених, таких як Афанасьєв В.В., Лазарєв В.Г., Нейман В.І., Нетес В.А., Зайцев Г.Ф., Беркман Л.Н., Поповський В.В., Daniel A. Menascé та ін. [2–7].

Мережа наступного покоління забезпечує передавання всіх видів медіатрафіку та розподілене надання необмеженого спектра іфокомунікаційних послуг із можливістю їх масштабування, керування та розподіленої тарифікації. Мережа підтримує передавання трафіку з різними вимогами до якості обслуговування, а також підтримує вибрані користувачем потреби стосовно надаваних послуг. Поява програмних комутаторів повністю змінила архітектуру, склад обладнання та методи побудови телекомунікаційних мереж. Передавання мовного, аудіосигналу, сигналу зображень мережами з комутацією

© В. Б. Толубко, Л. Н. Беркман, В. Ф. Зайка, О. Г. Варфоломєєва, К. О. Домрачева, 2019

пакетів поставило перед виробниками апаратно-програмних комплексів, специфічні завдання, які можуть бути розв'язані завдяки вдосконаленню алгоритмів та програмного забезпечення. Це передусім оброблення сигналів у реальному часі або з постійною затримкою. Можливості сучасних процесорів цифрового оброблення сигналів дають змогу з високою ефективністю реалізувати оптимальні алгоритми стиснення/відновлення сигналів, сигналізацію, сучасні протоколи.

Відмінна особливість ідеології NGN — використання технології IP (*Internet Protocol*) для передавання та комутації. Ця властивість NGN стимулює розробку принципів побудови інфокомунікаційних мереж, які відповідають таким вимогам:

- можливості поетапного перетворення транспортних і телефонних мереж, які є нині основою системи телекомунікацій в Україні;
- збереженню інвестицій операторів телекомунікацій, які було направлено на розвиток транспортних і телефонних мереж попередніми роками;
- здатність надавати потенційним клієнтам сучасні види інфокомунікаційних послуг для забезпечення високої конкурентоспроможності експлуатаційних компаній;
- мінімізації витрат на побудову мереж NGN та їх поетапний розвиток.

### Основна частина

У контексті NGN, функціональні можливості керування — це набір таких функцій, які дають змогу здійснювати обмін інформацією для керування та її оброблення з метою сприяння операторам телекомунікацій і провайдерам послуг в ефективному веденні бізнесу. Керування NGN забезпечує функції керування ресурсами і послугами NGN та визначає зв'язки між різними типами операційних систем і ресурсів NGN під час обміну інформацією керування з використанням узгодженої архітектури і стандартизованих інтерфейсів, зокрема протоколи і повідомлення.

Керування NGN також надає кінцевим користувачам доступ і відбиття інформації керування, а також доступ і відтворення бізнес-процесів, що ініціюють ці користувачі.

Мережі наступного покоління, зазвичай, призначено для доставляння нових послуг, доступних будь-де місці і будь-коли з використанням будь-якого пристрою за допомогою механізму доступу, обраного споживачем.

Система керування мережами наступного покоління має такі цілі:

- мінімізацію посередницької роботи між різними мережними технологіями через зближення підходів до керування і використання інтелектуальної звітності;
- мінімізацію часу реагування системи керування на події в мережі;
- мінімізацію навантаження, що створюється трафіком керування;
- географічно розосереджений контроль над аспектами експлуатування мережі;
- надання механізмів розмежування для мінімізації ризиків у сфері безпеки;
- надання механізмів розмежування для виявлення і запобігання відмова мережі;
- поліпшення допомоги в обслуговуванні і взаємодії зі споживачами;
- багаторівневе надання послуг, що дає змогу провайдеру формувати структурні блоки для послуг і групувати послуги та оцінювати його вплив на архітектуру керування;
- використання бізнес-процесів у NGN;
- підтримання додатків як на єдиній розподіленій обчислювальній платформі, так і розподілених у мережі.

Одне з найважливіших завдань системи керування — визначення обсягу мережних ресурсів у такий спосіб, щоб, з одного боку, задовольнити користувача щодо потрібних послуг із заданою якістю, а з другого боку, забезпечити ефективність функціонування оператора телекомунікацій як бізнес-суб'єкта. Передавання інформації є головним завданням будь-якої системи зв'язку, а формування і передавання команд керування — однією з основних задач системи керування.

Мережу передавання керуючої інформації можна розглядати як складну інтелектуальну систему, процес функціонування якої подається у вигляді послідовної зміни її станів, причому кількість цих можливих станів визначається кількістю мережних елементів і кількістю станів, яких набуватиме кожний мережний елемент. Таким чином, можна сказати, що мережа функціонує в умовах невизначеності, і саме тому процес функціонування мережі розглядатиметься як випадковий, а його математичну модель можна отримати за допомогою логіко-імовірнісних методів. Поведінка моделі процесу функціонування мережі може досліджуватися в характерних точках цього процесу, а саме в разі відмов і відновлень окремих складових цієї мережі.

Ще одним із завдань даної мережі є своєчасне доставляння керуючої інформації об'єктам керування із заданою вірогідністю. При цьому основні вимоги стосуються надійності і/або живучості мережі [1; 3]. Запропонований метод аналізу якості функціонування мережі керування базується на здатності

системи керування змінювати в певних межах свою ентропію при дії зовнішніх дестабілізуючих чинників (як випадкових, так і навмисних) і, отже, керувати внутрішніми процесами, забезпечуючи досягнення системою мети її функціонування.

Мережу передавання керуючої інформації можна розглядати як систему, яка в конкретний момент часу перебуває в певному стані. Кількість станів може бути чималою, але вона завжди скінченна, оскільки визначається як кількістю елементів, що належать до мережі, так і кількістю станів, яких може набувати кожний елемент. Відомо, що різноманітність керуючої системи має бути не меншою за різноманітність керованого об'єкта. Інакше кажучи, чим більшу кількість допустимих станів має система, тим краща її живучість. Проте, як відомо з теорії інформації, мірою різноманітності системи є її ентропія. Об'єкт, що має мінімальну ентропію, має і мінімальну невизначеність, тобто є уразливим для гіпотетичного противника, наприклад для несприятливих умов середовища, і, навпаки, система, яка має максимальну ентропію, утруднює вибір противника щодо завдання точного удару.

Розглянемо процес функціонування фрагмента мережі у вигляді послідовних змінних станів, що являють собою повну групу несумісних подій, кожна з яких відповідає певному стану фізичної топології фрагмента. Перехід із одного стану в інший здійснюється під впливом дестабілізуючих або відновлювальних чинників. Імовірність відмови або відновлення окремого мережного елемента залежить від його якісних характеристик і визначається методами статистики відповідно до частоти виникнення тієї чи іншої події (відмови або відновлення), оскільки саме частота події є оцінкою її ймовірності.

Для отримання формалізованого опису функціонування фрагмента введемо низку обмежень:

1) процес функціонування мережі можна розглядати як випадковий із дискретним часом і дискретними станами;

2) мережа змінює свої стани послідовно, тобто дві події не можуть відбутися одночасно;

3) кожний елемент фрагмента мережі змінює стан незалежно від інших елементів фрагмента мережі.

Ці обмеження не суперечать режиму функціонування реальної мережі і надають можливість використовувати для формалізованого опису функціонування мережі математичний апарат ланцюгів Маркова.

За відомою кількістю станів, в яких можуть перебувати мережні елементи, визначається повна група подій як  $m^n$ , де  $m$  — кількість станів, яких може набути один мережний елемент;  $n$  — кількість мережних елементів. Якщо мережний елемент може перебувати в двох станах «справний» або «несправний», що відповідає логічній одиниці або логічному нулю, то кількість можливих станів мережі визначається як  $2^n$ , а всі можливі стани досліджуваного фрагмента мережі (рис. 1) можна подати у вигляді повної групи подій [4]:

$$\begin{aligned} S_1 &= A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4 \cdot A_5 \cdot A_6 \cdot A_7 \cdot A_8 \cdot A_9 \cdot A_{10}; \\ S_2 &= \bar{A}_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4 \cdot A_5 \cdot A_6 \cdot A_7 \cdot A_8 \cdot A_9 \cdot A_{10}; \\ S_3 &= A_1 \cdot \bar{A}_2 \cdot A_3 \cdot A_4 \cdot A_5 \cdot A_6 \cdot A_7 \cdot A_8 \cdot A_9 \cdot A_{10}; \\ &\dots\dots\dots \\ &\dots\dots\dots \end{aligned} \tag{1}$$

де  $A_n (n = 1, \dots)$  — подія, яка полягає в тому, що  $n$ -й елемент перебуває в справному стані;  $\bar{A}_n$  — подія, протилежна  $A_n$ , коли  $n$ -й елемент перебуває в несправному стані.

Фрагмент мережі можна схарактеризувати як об'єкт, який має деяку ентропію. Загальна ентропія цього об'єкта в контексті теорії інформації визначається так:

$$H(S) = - \sum_{i=1}^n p(s_i) \cdot \log p(s_i),$$

де  $p(s_i)$  — імовірність того, що об'єкт (мережа) перебуває в стані  $s_i$ , а  $n$  — відповідає кількості можливих станів об'єкта.

Частина цих станів характеризує розміщення досліджуваного фрагмента мережі в працездатному стані, інша частина є характеристикою непрацездатного стану, тобто можна сказати, що:

$$H(S) = H_{\Pi}(S) + H_{\text{н}}(S) = - \left[ \sum_l p(s_l) \cdot \log p(s_l) + \sum_k p(s_k) \cdot \log p(s_k) \right], \tag{2}$$

де  $H_{\Pi}(S)$ ,  $H_{\text{н}}(S)$  — ентропія системи, що перебуває відповідно в працездатному і непрацездатному стані; діапазон станів  $l$  і станів  $k$  — відповідно працездатні та непрацездатні стани.

Невизначеність, що припадає на частку групи подій  $S' \in s_j$ , встановлюється за ймовірністю можливих переходів зі стану  $S_i$  у стани  $s_j$  і розраховується як частинна умовна ентропія  $H(S'/s_i)$ :

$$H(S'/s_i) = - \sum_j p(s_j/s_i) \cdot \log p(s_j/s_i). \tag{3}$$

Для визначення повної умовної ентропії групи  $S' \in s_j$  необхідно врахувати апріорну ймовірність переходу системи в  $i$ -й стан:

$$H(S'/S_i) = -p(s_i) \cdot \sum_j p(s_j/s_i) \cdot \log p(s_j/s_i).$$

Досліджуваний фрагмент мережі можна подати графом станів і виокремити кілька груп цих станів, які відповідають одній, двом, трьом і більше помилкам. Якщо досліджуваний об'єкт є стаціонарною системою, то матриця умовних ймовірностей переходу зі стану в стан набирає вигляду

$$\|p_{ij}\| = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} \cdots p_{1j} \cdots p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} \cdots p_{2j} \cdots p_{2n} \\ \dots & \dots & \dots \\ p_{i1} & p_{i2} & p_{i3} \cdots p_{ij} \cdots p_{in} \\ \dots & \dots & \dots \\ p_{n1} & p_{n2} & p_{n3} \cdots p_{nj} \cdots p_{nn} \end{pmatrix}.$$

Матрицю умовної ймовірності можна визначити, здійснивши аналіз статистичних даних за результатами експлуатації мереж. При цьому умовна ймовірність  $p(b_j/a_i)$  обчислюватиметься як межа відносних частот під час проведення складеного експерименту:

$$p(b_j/a_i) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{N_{ij}}{N_i},$$

де  $N_i$  — кількість випробувань із серії випробувань  $N$ , в яких спостерігався результат  $a_i$ ,  $N_{ij}$  — кількість випробувань із групи випробувань  $N$ , в яких на наступному етапі складеного експерименту спостерігався результат  $b_j$ .

Ці вихідні дані дають змогу визначити фінальну ймовірність перебування системи в кожному з можливих станів у такий спосіб. Зважатимемо на те, що для марковських ланцюгів сума потоків ймовірності, які переводять систему в деякий стан, завжди дорівнює сумі потоків ймовірності, що виводять її з цього стану [4], тобто виконується балансова умова

$$p_j \sum_{i=1}^n p_{ji} = \sum_{i=1}^n p_i \cdot p_{ji},$$

де  $p_j \sum_{i=1}^n p_{ji}$  — потік ймовірностей, що характеризує вихід із стану  $S_j$ , а  $\sum_{i=1}^n p_i \cdot p_{ji}$  — потік ймовірностей, що характеризує перехід у стан  $S_j$ .

Тоді загальну ентропію системи можна дістати з виразу

$$H(S) = H(S_1) + H(S_2) + \dots + H(S_n) = -\sum_{i=1}^n p(s_i) \cdot \log p(s_i), \quad (4)$$

де  $p(s_i)$  — фінальна ймовірність, що приводить систему в  $i$ -й стан, а  $n$  — кількість можливих станів системи [4].

Граф станів враховує як можливість переходу в деякий стан, так і можливість повернення в нього, тобто він є двонаправленим. Якщо розглядати граф із погляду зміни стану в один бік, наприклад від працездатних станів до непрацездатних, то його можна подати у вигляді ієрархічної структури послідовних переходів системи із стану в стан. Тоді під час визначення ентропії системи застосовуватиметься принцип ієрархічної адитивності [4], що дасть можливість подати повну ентропію системи у вигляді

$$H(S) = H(L_1, L_2, L_3, \dots, L_m) = H(L_1) + H(L_2/L_1) + H(L_3/L_2L_1) + \dots + H(L_m/L_{m-1} \dots L_2L_1),$$

де  $L_i$  —  $i$ -й рівень подій (станів) графа станів.

З огляду на це ентропія  $k$ -го рівня станів визначатиметься так:

$$H_k = -\sum_{i \subset k} p(s_i) \sum_{j \subset k} p(s_j/s_i) \cdot \log p(s_j/s_i). \quad (5)$$

Такий підхід дозволяє проаналізувати як саме змінюється ентропія під час поетапного переходу системи від повністю працездатного стану до появи одної, двох і більше аварій.

Проте працездатність або непрацездатність системи в даний момент часу визначається логічним критерієм працездатності, тому не завжди кількість аварій характеризує міру працездатності, важливо, які саме це були аварії, тобто потрібно знати, яка саме послідовність подій призвела до даного стану. Розглянемо «найгірший» варіант поведінки системи, припустивши навмисне пошкодження мережі. Тобто це такі умови, за яких відмови надходять із набагато більшою інтенсивністю порівняно з можливістю відновлення системи. Можна передбачити відсутність відновлення протягом певного



інтервалу часу. Для аналізу цієї ситуації будується ієрархічне дерево однонапрямлених переходів системи з працездатного стану в непрацездатний (або просто дерево станів).

Кожна «гілка» такого дерева відбиває певний «маршрут» послідовної зміни станів, який можна проаналізувати й оцінити з імовірнісно-ентропійного погляду. Це дає можливість здобути значення частинної умовної ентропії переходу в даний стан для кожного з таких «маршрутів», на підставі чого може бути ухвалено рішення щодо необхідності тих або інших дій (наприклад, рішення стосовно потреби введення в дію резервного каналу).

Частинну умовну ентропію покрового переходу в  $k$ -й стан можна подати у вигляді

$$H_k = -p(i) \cdot p(k/i) \cdot \log_2 p(k/i) - p(i) \cdot p(k/i) \cdot [p(l/k) \cdot \log_2 p(l/k) + p(m/k) \cdot \log_2 p(m/k)]$$

або

$$H_k = -[p(i) \cdot p(k/i) \cdot p(l/k) \cdot \log_2 p(i) \cdot p(k/i) \cdot p(l/k) + p(i) \cdot p(k/i) \cdot p(m/k) \cdot \log_2 p(i) \cdot p(k/i) \cdot p(m/k)],$$

де  $p(i)$  — безумовна ймовірність того, що система перебуває в  $i$ -му стані;  $p(k/i)$  — умовна ймовірність того, що система перейде з  $i$ -го стану в  $k$ -й;

$p(l/k)$  і  $p(m/k)$  — умовна ймовірності того, що система перейде з  $k$ -го стану відповідно в  $l$ -й або  $m$ -й.

Порівнюючи значення ентропії для різних маршрутів зміни станів, можна визначити найбільш сприятливі варіанти з погляду розвитку подій, які відповідають мінімальному значенню ентропії маршруту.

### Висновки

♦ З огляду на проведений аналіз можна виробити рекомендації щодо побудови оптимальної топологічної структури мережі, яка відповідає заданому критерію працездатності.

♦ Запропонований метод дає змогу оцінити характер зміни станів системи з погляду їх навмисності. Якщо події розвиваються за гіршим для мережі сценарієм, то з досить великою частиною ймовірності можна передбачити навмисний вплив на мережу. Також цей метод може використовуватись у процесі аналізу атак на ресурси мережі Інтернет.

♦ Аналіз імовірності та ентропії дерева станів показав, що чим менша ентропія «маршруту» зміни станів, тим меншої руйнівної дії зазнає система (у нашому разі мережа передавання керуючої інформації) і тим менш відчутно в цілому змінюється загальна ентропія мережі.

### Список використаної літератури

1. ITU-T Recommendation M.3060/Y.2401. Principles for the Management of Next Generation Networks.
2. Толубко В. Б., Беркман Л. Н. Методи оптимізації. Київ: ДУТ, 2016. 442 с.
3. Гнеденко Б. В., Беляев Ю. К., Коваленко И. Н. Математические вопросы теории надежности. — Москва: Наука, 1965. 524 с.
4. Венцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. Москва: Наука, 1991. 383 с.
5. Daniel A. Menascé, Virgilio A. F. Almeida. Capacity Planning for Web Services: Metrics, Models, and Methods. 2001. Published Sep 11, 2001 by Prentice Hall. 608 p.
6. Математичні основи теорії телекомунікаційних систем / В. В. Поповський, В. Ф. Олійник [та ін.]. Харків: СМІТ, 2006. 564 с.
7. Стеклов В. К., Беркман Л. Н. Проектирование телекоммуникационных сетей. Київ: Техніка, 2002. 792 с.
8. Методи підвищення показників якості системи керування телекомунікаційними мережами: монографія / В. В. Хиленко, Л. Н. Беркман, Г. Ф. Колченко, О. Г. Варфоломеева. Київ: Норіта-плюс, 2007. 236 с.
9. Варфоломеева О. Г. Метод дослідження якості функціонування системи керування мережею NGN з застосуванням теорії інформації // Наукові записки УНДІЗ. 2013. №4 (28). С. 31–36.

В. Б. Толубко, Л. Н. Беркман, В. Ф. Заика, О. Г. Варфоломеева, К. О. Домрачева

### МЕТОД АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СЕТЬЮ СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННО-ЭНТРОПИЙНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Рассмотрены концепции построения сетей следующего поколения. Определены основные требования к таким сетям и к системам управления ими. Особое внимание уделено вопросам минимизации времени реагирования системы управления на события в сети, механизмам разграничения для выявления и предотвращения отказов сетей, минимизации нагрузки, создаваемой трафиком управления, обеспечения пользователя нужными услугами с заданным качеством, повышение эффективности функционирования оператора телекоммуникаций как бизнес-субъекта. Сеть передачи управляющей информации анализируется с вероятностной точки зрения как система, которая в конкретный момент времени находится в определенном состоянии. Предлагается метод анализа надежности и живучести системы управления сетью следующего поколения, основанный на оценке энтропии сети при изменении ее состояния. Определяется энтропия системы в работоспособном и неработоспособном состоянии. Используется матрица условных

вероятностей перехода системы из состояния в состояние и определяется алгоритм расчета энтропии на примере фрагмента сети. Анализ вероятности и энтропии дерева состояний показал, что чем меньше энтропия «маршрута» изменения состояний, тем меньшему разрушительному действию подвергается система (в нашем случае сеть передачи управляющей информации) и тем меньше в целом меняется общая энтропия сети.

**Ключевые слова:** сеть; управление; маршрут; вероятность; энтропия.

V. B. Tolubko, L. N. Berkman, V. F. Zaika, O. G. Varfolomeyeva, K. O. Domracheva

### QUALITY ANALYSIS METHOD OF MANAGEMENT SYSTEM THE NEXT GENERATION NETWORK FUNCTIONALITY BASED ON INFORMATION-ENTROPICAL CHARACTERISTICS

In this article, the concepts of construction of the next generation networks are considered. The basic requirements for such networks and their management systems are defined. Particular attention is paid to minimizing the response time of the management system to network events, delimitation mechanisms for detecting and preventing network failures, minimizing the load generated by traffic management, providing the user with the required services with a given quality, improving the efficiency of the telecommunications operator as a business sub-object. The control information transmission network is analyzed from a probabilistic point of view as a system that is in a certain state at a specific point in time. A method for analyzing the reliability and survivability of a next-generation network management system is proposed, which is based on estimating the entropy of a network as its state changes. The entropy of the system determines in a working and inoperable state. The conditional probability transition matrix of the system from state to state is used and the entropy calculation algorithm is determined using the example of a network fragment. The proposed method allows us to evaluate the nature of the change in the state of the system from the point of view of their intentionality. If events develop according to the worst-case scenario for the network, then with a fairly large part of the probability, a deliberate effect on the network can be assumed. Also, this method can be used to analyze attacks on Internet resources. Analysis of the probability and entropy of the state tree showed that the less entropy of the «path» of state change, the less destructive the system (in our case, the network of control information transmission) is subjected to, and the less the overall entropy of the network changes.

**Keywords:** network; control; route; probability; entropy.

УДК 004.414.2

DOI: 10.31673/2412-9070.2019.060811

К. П. СТОРЧАК, доктор техн. наук, доцент;

А. М. ТУШИЧ;

О. М. ТКАЛЕНКО, канд. техн. наук, доцент;

В. М. ЧОРНА;

Т. М. ЖИЛА,

Державний університет телекомунікацій, Київ

## АНАЛІЗ ВИМОГ ДО ПРОЕКТУВАННЯ ХМАРНОЇ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

**Розглянуто визначення та основні положення Інтернету речей. Актуальність теми зумовлено перспективністю напрямку, що виражається значним збільшенням кількості під'єднаних пристроїв. Серверне рішення, яке забезпечить роботу Інтернету речей, має бути готовим виконувати низку завдань, а саме: прийняття, зберігання та оброблення даних, автентифікація та безпека, передавання адміністративних даних, моніторинг тощо. На основі цього було зроблено аналіз, у процесі якого сформовано типову архітектуру системи у сфері Інтернету речей та досліджено функціональні можливості серверних рішень, що забезпечують їх роботу. У результаті було виокремлено низку вимог, які має задовольняти хмарна платформа для Інтернету речей.**

**Ключові слова:** IoT; Інтернет речей; хмарна платформа; серверна система.

### Вступ

Інтернет речей — один із найперспективніших напрямків розвитку інформаційно-комунікаційних технологій. Кількість пристроїв, під'єднаних до Інтернету, швидко зростає і для цього потрібні сучасні підходи до створення високонавантажених серверних систем. Платформи Інтернету речей мають надавати можливість аналізувати різні аспекти даних, необхідних для оптимізації виробництва та інших процесів.

Проблеми і завдання в області побудови серверних систем для Інтернету речей можна розділити на загальні, властиві для багатьох інших систем оброблення великих даних, та специфічні, які виникають тільки в цій області. Поширеними завданнями є побудова і використання ефективних, стійких до відмов, масштабованих і розподілених систем для роботи з даними, специфічними — забезпечення надійного керування і контроль пристроїв.

© К. П. Сторчак, А. М. Тушич, О. М. Ткаленко, В. М. Чорна, Т. М. Жила, 2019