

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ФУНКЦІЇ ВИЖИВАННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ ПРИ БАГАТОКРАТНІЙ ДІЇ ДЕСТАБІЛІЗУЮЧИХ ФАКТОРІВ

В статті наведена методика розрахунку показників живучості мереж зв'язку при дії дестабілізуючих факторів шляхом знаходження функції виживання телекомунікаційних мереж. Сформовано процедуру відновлення уражених засобів зв'язку та представлено план заходів щодо ліквідації наслідків дії дестабілізуючих чинників.

Ключові слова: програмно-конфігуровані мережі, сталість, живучість, функція виживання мережі, процедура відновлення об'єктів зв'язку

Вступ

В сучасному світі стрімке зростання обсягів трафіку і зміна його структури в бік передачі відео та уніфікованих комунікацій, необхідність підтримки мобільних користувачів та соціальних мереж, віртуалізація для надання хмарних сервісів, швидка обробка даних в великих ДатаЦентрах призвело до зміни в існуючих мережах. Головною проблемою традиційних мереж є те, що вони занадто статичні і тому не відповідають динаміці, властивій сучасному бізнесу, на відміну від серверів з технологіями віртуалізації.

Актуальними тенденціями розвитку телекомунікацій є перехід до мереж майбутнього покоління FGN (Future Generation Network). В документах ITU [1] рекомендується, що проектування, експлуатація та розробка мереж майбутнього потрібно здійснювати таким чином, щоб забезпечити надійність, безпечність, а також живучість для надання можливості системі своєчасно виконувати свою роль – забезпечувати належний рівень обслуговування, навіть якщо нормальна експлуатація мережі ускладнюється різними проблемами.

Одним з напрямків модернізації класичного підходу до організації мережевої архітектури є створення мереж, що програмно конфігуруються (англ. Software Defined Networks - SDN). Концепція таких мереж забезпечить надання користувачам розширеного та зручного набору послуг з додатковими споживчими властивостями. Вважається, що технологія SDN в найближчому майбутньому дозволить впровадити аспекти відкритості програмного коду мережної складової хмарної інфраструктури, яка вважається найбільш сприятливою основою для розробки та впровадження широкого спектра програмних додатків.

В наш час до мереж з новими технологіями, такі як і є SDN, висуваються дуже високі вимоги до сталості функціонування. Однією з важливих цілей розробки SDN є можливість централізованого керування трафіком, та покращення живучості мережі при будь-яких діях зовнішніх дестабілізуючих чинників. Високий рівень сталого функціонування мережі забезпечується за рахунок знаходження пошкоджень та усунення їх наслідків, тобто відновлення зв'язку.

Основна частина

Згідно [2] сталістю вважається властивість телекомунікаційної мережі (далі по тексту ТКМ) зберігати повністю або частково свої функції за умови впливу на неї дестабілізуючих чинників. Загальні вимоги до сталості функціонування мережі є сукупністю вимог надійності та живучості мереж.

Надійність ТКМ визначається надійністю каналів зв'язку, організованих в мережі, яка залежить від надійності устаткування ліній телекомунікацій.

Живучість ТКМ визначається живучістю каналів електрозв'язку, організованих на основних напрямках мережі.

Живучість характеризує сталість системи зв'язку проти дії причин, що лежать поза системою і призводять до руйнувань [3], значних ушкоджень або тимчасової втрати працездатності усієї мережі або деякої частини її елементів, вузлів, пунктів, станцій та ліній

зв'язку. Причини можна поділити на два класи: випадкові або стихійні та умисні. До стихійних (випадкових) чинників відносяться такі, як гроза, землетрус, зсуви, розливи річок, помилки персоналу, користувачів і тому подібне, а до умисних - вогневі, у тому числі і ракетно-ядерні удари супротивника в умовах війни, використання високоточних видів озброєнь, диверсійних і інформаційних руйнівних дій.

Живучість мережі зв'язку включає дві основні властивості, кожна з яких розбивається на дві часткові (рис. 1) [3].

Структурна живучість - живучість системи зв'язку впродовж деякого часу при пасивній протидії ушкодженням (випадковим або цілеспрямованим) елементів мережі.

Пасивна протидія здійснюється при нормальному режимі роботи системи зв'язку за рахунок захищеності елементів, включеного резерву, структурної організації і прийнятого алгоритму управління маршрутизацією.

Таким чином, це поняття включає як живучість елементів, так і мережі зв'язку в цілому.



Рис 1. Основні властивості і системи забезпечення живучості систем зв'язку

Структурна живучість розглядається як можливість реорганізації або переналаштування при дії несприятливих факторів, які дозволять створити структуру для досягнення мети функціонування системи. При вивченні структурної живучості враховується топологія мережі зв'язку та характеристики надійності.

Аналіз структурної живучості потребує визначення [4]:

структури функціонування мережі в деякий момент часу, коли виникають несприятливі дії на мережу;

вимог до окремих видів ресурсів мережі та їх взаємозв'язок;
вимог до функціональних можливостей окремих компонентів мережі;
особливостей характеру несприятливих впливів або їх наслідків.

Для телекомунікаційних мереж задача аналізу структурної живучості являє собою оцінку величини максимального потоку, який може бути переданим по мережі у випадках відмови її елементів і зниження до допустимого рівня якості функціонування.

Структурну живучість мереж SDN оцінюють за допомогою такого алгоритма:

Розраховують загальний розмір потоку в безвідмовному стані для усіх видів сервісів;

Моделюють різні стани відмови та розраховують вірогідності цих станів;

Для кожного стану відмови розраховується: зниження пропускної здатності, оптимальний потік, максимальний потік та резерви пропускної здатності.

Функціональна живучість – живучість системи зв'язку впродовж деякого часу при активній протидії ушкодженням (випадковим або цілеспрямованим) елементів мережі.

Активна протидія в основному здійснюється під час дії руйнівних чинників та визначається системами відновлення елементів і управління на мережах зв'язку.

При дослідженні функціональної живучості телекомунікаційних мереж особливості топології мережі міжкомпонентних зв'язків враховуються опосередковано.

При аналізі живучості функціонування телекомунікаційна мережа характеризується [4]: метою функціонування (стале або нестале);

множиною задач $Q = \{q_1, \dots, q_n\}$, рішення яких забезпечується з її допомогою;

множиною засобів зв'язку (апаратура чи устаткування) $\{S_1, S_2, \dots, S_p\}$, які є складовими частинами мережі.

В процесі функціонування телекомунікаційної мережі її компоненти можуть знаходитись в одному зі станів: працездатний, не працездатний, частково працездатний (працездатний при зниженні (в допустимих нормах) значення показників якості функціонування).

До основної задачі ТКМ відноситься обслуговування потоків даних різних класів відповідно до заданих показників якості функціонування QoS (Quality of Service) за рахунок підтримки в належному стані показників сталості функціонування мереж, а саме надійності та живучості.

Отже, для сталого функціонування телекомунікаційних мереж важливим кроком є розрахунок оцінки живучості мережі за її станом.

Розглянемо програмно-конфігуровану мережу, яка складається з N числа елементів із випадковими зв'язками між собою і функцією працездатності $R_i = f(X)$, $X = \{X_1, X_2, \dots, X_N\}$. Мережа перебуває під дією потоку незалежних точкових дестабілізуючих факторів:

$$\varphi_{kj} = \frac{1}{N}, \quad (1)$$

де φ_{kj} – вірогідність того, що k -й елемент потрапить в область дії j -го дестабілізуючого фактора. Припускаємо, що вразливість кожного елементу при дії дестабілізуючих факторів рівновірогідна.

Таким чином можна оцінити живучість такої мережі. Функцію виживання мережі $F(n)$ після n -кратної дії дестабілізуючих факторів можна представити у вигляді:

$$F(n) = \sum_{x \in X'} P\left(\frac{x}{A_n}\right) = P\left(F = \frac{1}{A_n}\right), \quad (2)$$

де X' – множина векторів X , які відповідають працездатним станам мережі.

Виживанням мережі називається час, при якому телекомунікаційна мережа залишається працездатною з початку її руйнування заданими способами або кількісна міра певних засобів руйнування, які не порушують працездатність мережі.

Вірогідність $P\left(\frac{x}{A_n}\right)$ знаходиться за формулою:

$$P\left(\frac{x}{A_n}\right) = \sum_{\vec{n} \in M_n} P(\vec{n})P\left(\frac{X}{\vec{n}}\right), \quad (3)$$

де $\vec{n} = (n_1, n_2, \dots, n_k)$ – вектор кількості дестабілізуючих факторів, які припадають на k підсистем;

M_n – множина векторів, які задовільняють умову $n_1 + n_2 + \dots + n_k = n$. Вірогідність $P(\vec{n})$ розраховується за формулою:

$$P(\vec{n}) = \frac{n!}{n_1!n_2!\dots n_k!} \gamma_1^{n_1} \gamma_2^{n_2} \dots \gamma_k^{n_k}, \quad (4)$$

де γ_i – вірогідність того, що i -та підсистема входить в область дії дестабілізуючих факторів.

Отже, в якості критерія оцінки живучості доцільно використовувати відношення кількості функцій, які виконує мережа під час дії зовнішніх дестабілізуючих факторів, до загальної кількості функцій ТКМ.

Задача аналізу живучості може формулюватися як оцінка величини максимального потоку, який може передаватися в мережі в разі відмов її елементів і зниження до допустимого рівня якості функціонування. Кількісним показником живучості ТКМ є ймовірність наявності хоча б одного шляху встановлення з'єднання для передачі по ньому повідомлень після впливу на мережу зовнішніх непрогнозованих чинників.

Таким чином, при розрахунках функції виживання телекомунікаційної мережі після дії дестабілізуючих факторів оператори зв'язку мають передбачити процедуру відновлення уражених об'єктів зв'язку [5]. При вирішенні завдання відновлення об'єктів ТКМ змінюється не тільки масштаб, але і характер відновлювальних заходів, тому доцільно розглядати задачі по забезпеченню живучості та безвідмовності спільно не тільки на етапах аналізу та синтезу мережі при проектуванні, а й при плануванні використання загальних ресурсів в процесі експлуатації.

Під час проектування ТКМ необхідно враховувати ряд показників живучості. Це дозволить виявити "слабкі місця" мережі, спрогнозувати можливий збиток до початку можливих руйнувань та надалі при необхідності здійснити реконструкцію, реорганізацію або реконфігурацію мережі. Це актуально тому, що досить значні ресурси, призначені для забезпечення живучості, використовуються для боротьби з більш рідкісними подіями, ніж відмови елементів системи. З цією метою потрібно розробити план заходів для негайного відновлення ТКМ, де необхідно врахувати наступне:

об'єм необхідного додаткового ресурсу устаткування (у тому числі і устаткування з іншим середовищем поширення) з урахуванням зменшення вимог до пропускної спроможності напрямку зв'язку та надійності відновлюваних каналів зв'язку;

забезпеченість персоналу транспортними засобами для доставки і розгортання устаткування на відновлюваних об'єктах основних напрямів зв'язку за нормативний час (від 6 до 24 год) [5];

забезпечення розгортання устаткування на відновлюваних об'єктах для відновлення послуг зв'язку іншим користувачам за час не більше 48 год [5];

взаємодію з іншими операторами ТКМ по перерозподілу каналів зв'язку;

забезпечення середньострокового і довгострокового повного відновлення мережі зв'язку.

Висновки

Таким чином досліджено дві основні властивості показника живучості мереж зв'язку, а саме структурна і функціональна живучість. Наведено методику розрахунку функції виживання телекомунікаційних мереж після багатократної дії дестабілізуючих факторів та методику процедури відновлення уражених об'єктів зв'язку.

Використання методики дозволить перейти до розробки обґрунтованих рекомендацій щодо впровадження програмно-конфігурованих мереж. Досягнення достатнього рівня живучості дозволить вважати технологію мереж SDN найбільш перспективною в найближчі десятиріччя.

Література

1. Глобальна інформаційна інфраструктура, аспекти протокола інтернет та мережі наступних поколінь // Рекомендація ІТУ-Т Y.3001. – 2012.;
2. Закон України “Про телекомунікації” № 1280-IV, 2003 // Відомості Верховної Ради. – 2010. – №12. – 155с.;
3. Попков Г.В. О проблеме живучести телекоммуникационных сетей // Вестник Бурятского государственного университета. – 2014. – С. 39-49.;
4. Додонов А.Г., Ландэ Д.В. Живучесть информационных систем. – К.: Наук. думка, 2011. – 256с.;
5. Сталість функціонування мережі зв'язку загального користування // ГОСТ Р 53111-2008.

Надійшла 14.07.2016 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Єрохін В. Ф.