

УДК 681.321

В.С. Харченко<sup>1</sup>, Ю.Л. Поночовний<sup>1,2</sup>, К.С. Вшивцева<sup>2</sup>, К.Д. Безугла<sup>2</sup><sup>1</sup> Національний аерокосмічний університет імені М.С. Жуковського "ХАІ", Харків<sup>2</sup> Полтавський національний технічний університет імені Ю. Кондратюка, Полтава

## РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ БЕЗВІДМОВНОСТІ ДЛЯ ІТ-СИСТЕМ З ХМАРНОЮ ПОСЛУГОЮ NAAS

У статті проаналізовано сучасний стан галузі хмарних послуг і, зокрема, послуги Network as a Service (NaaS). Визначено загальні вимоги, що висуваються до ІТ-систем з послугами NaaS. Висвітлено задачі, пов'язані з визначенням показників готовності і безвідмовності хмарних інфраструктур та розробкою пропозицій щодо їх покращення. Розглянуто особливості та різновиди домовленостей між користувачами і провайдером хмарних послуг. Розроблено модель оцінювання безвідмовності віртуальної NaaS-мережі, на основі якої розраховано показники хмарної ІТ-системи з віртуальною топологією.

**Ключові слова:** хмарні послуги, NaaS, надійність, показники безвідмовності, SLA.

### Вступ

**Мотивація.** Хмарні обчислення (Cloud computing) - це програмно-апаратне забезпечення, доступне користувачеві через Інтернет у вигляді сервісу, що дозволяє використовувати зручний веб-інтерфейс для віддаленого доступу до замовлених і виділених ресурсів. Основою для створення і швидкого розвитку хмарних обчислювальних систем є великі Інтернет сервіси, такі як Google [1], Amazon [2] та інші.

На певному етапі успішного розвитку будь-якого ІТ-проекту перед тими, хто приймає рішення, виникає дилема: як підтримувати його працездатність. SLA (Service Level Agreement) – це різновид контракту, який регламентує відносини між сервіс-провайдером і його клієнтом. Незважаючи на важливість цього документа, при його розробленні не завжди враховуються побажання або вимоги про включення певних показників якості. Наприклад, серед показників надійності та гарантоздатності, в SLA частіше гарантується рівень доступності (яка перетинається з класичною готовністю) 99,5% [2].

Швидкий розвиток технологій віртуалізації і створення середовищ хмарних обчислень обумовлює появу нових варіантів архітектури ІТ-систем, яку необхідно враховувати при оцінюванні і забезпеченні якості сучасних комп'ютерних систем і сервісів. При цьому динамічний характер процесів інформаційної взаємодії істотно ускладнює можливості оперативної оцінки надійності і доступності програмних і інфраструктурних ресурсів, що надаються в режимі віддаленого доступу.

**Еволюція хмарних технологій.** Головними початальниками хмарної інфраструктури вважають Amazon [2], Google [1], Microsoft [4], ORACLE та IBM SmartCloud [5].

Причини зростаючої популярності хмарних технологій зрозумілі: можливість їх застосування ду-

же різноманітна і дозволяє економити як на обслуговуванні і персоналі, так і на інфраструктурі. Апаратне забезпечення (АЗ) може бути сильно спрощено при обробці і зберіганні інформації у віддалених центрах даних. Всі проблеми АЗ майже повністю перекладаються на провайдера послуг.

Базова концепція хмарних обчислень передбачає надання багатьох типів послуг своїм користувачам (рис. 1).

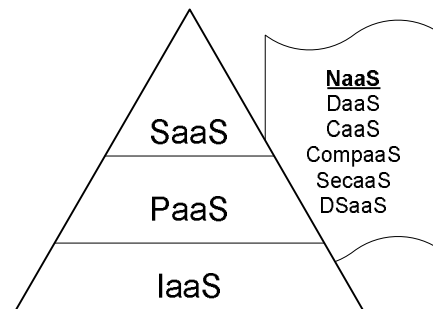


Рис. 1. Види послуг: SaaS, PaaS, IaaS та ін.

SaaS (software as a service) – модель, в якій споживачеві надається можливість використання прикладного програмного забезпечення провайдера, доступного з різних клієнтських пристроїв або інтерфейс програми. Контроль і управління основною фізичною і віртуальною інфраструктурою хмари здійснюється хмарним провайдером.

PaaS (platform as a Service) – надання хмарної платформи для розгортання програмного забезпечення, створеного на базі мов програмування і інструментів, які підтримуються хмарним провайдером. Контроль і управління основною фізичною і віртуальною інфраструктурою хмари, в тому числі мережі, серверів, операційних систем, зберігання здійснюється хмарним провайдером, за винятком розроблених або встановлених додатків, а також, по можливості, параметрів конфігурації середовища.

IaaS (infrastructure as a service) надається як можливість використання хмарної інфраструктури для самостійного управління ресурсами обробки, зберігання, мереж і іншими фундаментальними обчислювальними ресурсами. Споживач може встановлювати і запускати довільне програмне забезпечення, яке може включати в себе операційні системи, платформенне і прикладне програмне забезпечення. Споживач може контролювати операційні системи, віртуальні системи зберігання даних і встановлені додатки.

Спочатку хмарна парадигма включала ці три види послуг, але починаючи з 2013 року в стандартах [7,8] почали фігурувати назви нових видів хмарних послуг (рис. 1). Підключення як послуга, NaaS (network as a service), вид хмарної послуги з можливістю організації взаємодії між хмарними серверами. Під міжхмарною взаємодією розуміють процес перерозподілу завдань споживачів хмарних послуг між взаємодіючими хмарними серверами на вимогу.

**Постановка завдання.** Серед множини характеристик інформаційних систем для аналізу у статті обрано надійність [3], оскільки проблема надійності технічних систем вирішується вже кілька десятиліть, але для хмарних систем знаходиться на початковому етапі досліджень. NaaS є відносно новою послугою, тому є цікавою з точки зору

**Метою статі** є розроблення моделі надійності та розрахунок безвідмовності для ІТ-систем, побудованих із застосуванням послуг міжхмарної взаємодії NaaS.

### Визначення показників безвідмовності ІТ-систем з послугами NaaS відповідно SLA

Загальні вимоги, що пред'являються до ІТ-систем з послугами NaaS полягають в такому [8]:

- налаштування мережі за запитом (потрібно, щоб провайдер надавав такі можливості мережі, які користувачі і додатки могли б налаштувати на свій розсуд);

- безпечне з'єднання (потрібно, щоб провайдер NaaS забезпечував безпечне з'єднання);

- з'єднання з гарантованою якістю QoS; рекомендується, щоб провайдер NaaS забезпечував з'єднання з гарантованим рівнем QoS відповідно до узгодженого Service Level Agreement (SLA);

- сумісність неоднорідних мереж (рекомендується, щоб провайдер підтримував зв'язок через неоднорідні мережі).

Серед множини характеристик інформаційних систем для аналізу обрано властивість безвідмовності (як одну з складових надійності) – здатність ІТ-системи безупинно зберігати працездатний стан в заданих умовах експлуатації протягом деякого проміжку часу, без вимушених перерв [9].

Вимоги до надійності елементів хмарної інфраструктури, серед яких, гарантовані провайдером показники безвідмовності (як правило – інтенсивність відмов, чи обернена їй величина – напрацювання до відмови) можуть бути вказані у договорі SLA. Проте не завжди віртуальна мережа NaaS буде включати лише один елемент, як правило вона має складну структуру. Саме тому актуальні два види задач:

- розрахунок показників надійності віртуальної мережі із заданою топологією;

- розробка пропозицій щодо підвищення надійності віртуальної мережі.

**Аналіз SLA.** SLA використовується всередині організації для регулювання взаємовідносин між підрозділами, а також є основним інструментом безперервної оцінки та управління якістю надання послуг аутсорсингу спеціалізованою організацією – аутсорсером. В SLA обов'язково повинні бути специфіковані цільові рівні якості послуг, опис розрахунку метрик і частоти повідомлень про виконану роботу. Існує кілька типів SLA [10], взаємозв'язок між ними показано на рис. 2.

**Вимоги та показники безвідмовності.** Як було зазначено, у SLA не завжди вказують необхідні показники безвідмовності, тому їх необхідно додатково розрахувати за відомими співвідношеннями. Наприклад, типові SLA [11] для одного віртуального комутатора гарантує рівень доступності в 99,9% та середній час ремонтно-відновлювальних робіт в  $T_r=4$  години. При допущеннях, що на доступність системи впливають лише відмови обладнання і потоки відмов і відновлень найпростіші, вказаний рівень доступності прирівнюється до коефіцієнту готовності  $K_r=0,999$ . З відомого співвідношення [9] можна визначити інтенсивність відмов:

$$\lambda = \frac{\mu}{K_r} - \mu = \frac{1}{T_r} \left( \frac{1}{K_r} - 1 \right) = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ (1/год)}.$$

Знаючи інтенсивність відмов одного віртуального комутатора можливо визначити показники безвідмовності віртуальної NaaS-мережі з заданою структурою.

### Розрахунок показників безвідмовності віртуальної NaaS-мережі

**Приклад NaaS для оцінювання.** Як приклад, розглянемо віртуальну мережу, представлену в [8] та показану на рис. 3. Мережа включає 10 віртуальних комутаторів vCDN поєднаних лініями зв'язку у визначеному порядку. Оскільки така структура є віртуальною (зв'язки визначені на програмному рівні), то ймовірністю відмови лінії зв'язку можна знехтувати. Тоді безвідмовність мережі в цілому буде визначатися через показники безвідмовності віртуальних комутаторів.

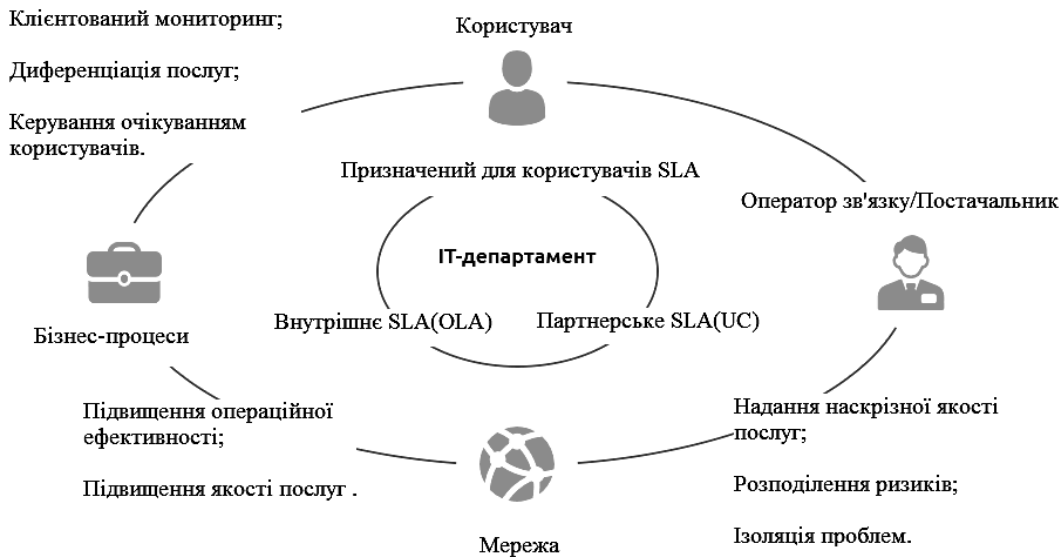


Рис. 2. Взаємозв'язок між різними типами SLA [10]

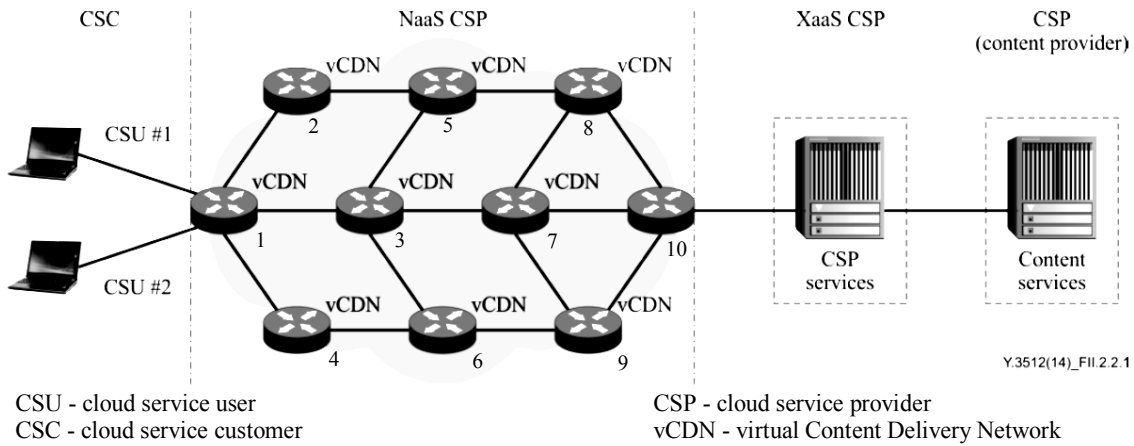


Рис. 3. Структурна схема віртуальної мережі NaaS-хмари

**Модель.** Оскільки віртуальна мережа на рис.3 має складну структуру, важко визначити її структурну схему надійності (ССН). Так очевидно, що елементи vCDN1 та vCDN10 для ССН мають послідовне підключення (оскільки їх відмова унеможливає доставку пакетів до кінцевих пунктів).

А от поєднання внутрішніх елементів важко показати на ССН, тому у роботі використано наступний

підхід з визначення безвідмовності мережі. Мережа вважається працездатною за умови доставки повідомлень між елементами vCDN1 та vCDN10 у прямому та зворотному напрямках.

Враховуючи те, що структурна схема мережі не симетрична, необхідно розглянути окремо шляхи доставки повідомлень у цих напрямках (табл. 1 та табл. 2).

Таблиця 1

Комбінація усіх можливих шляхів доставки повідомлень у прямому напрямку

1	vCDN1-vCDN2-vCDN5-vCDN8-vCDN10
2	vCDN1-vCDN2-vCDN5-vCDN3-vCDN7-vCDN10
3	vCDN1-vCDN2-vCDN5-vCDN3-vCDN6-vCDN9-vCDN10
4	vCDN1-vCDN3-vCDN5-vCDN8-vCDN10
5	vCDN1-vCDN3-vCDN7-vCDN10
6	vCDN1-vCDN3-vCDN6-vCDN9-vCDN10
7	vCDN1-vCDN4-vCDN6-vCDN9-vCDN10
8	vCDN1-vCDN4-vCDN6-vCDN3-vCDN7-vCDN10
9	vCDN1-vCDN4-vCDN6-vCDN3-vCDN5-vCDN8-vCDN10

Таблиця 2

Комбінація усіх можливих шляхів доставки повідомлень у зворотному напрямку

1	vCDN10-vCDN8-vCDN5-vCDN2-vCDN1
2	vCDN10-vCDN8-vCDN5-vCDN3-vCDN1
3	vCDN10-vCDN8-vCDN7-vCDN3-vCDN1
4	vCDN10-vCDN8-vCDN7-vCDN9-vCDN6-vCDN4-vCDN1
5	vCDN10-vCDN7-vCDN3-vCDN1
6	vCDN10-vCDN7-vCDN8-vCDN5-vCDN2-vCDN1
7	vCDN10-vCDN7-vCDN9-vCDN6-vCDN4-vCDN1
8	vCDN10-vCDN7-vCDN9-vCDN6-vCDN4-vCDN1
9	vCDN10-vCDN9-vCDN5-vCDN2-vCDN1
10	vCDN10-vCDN8-vCDN5-vCDN3-vCDN1
11	vCDN10-vCDN8-vCDN7-vCDN3-vCDN1

Оскільки розглянуті шляхи доставки повідомлень в кожному з напрямків є альтернативними, то для ССН їх поєднання еквівалентно паралельному з'єднанню. Поєднання підмножин комбінації прямого і зворотного напрямків для ССН еквівалентно послідовному з'єднанню.

Всі елементи системи працюють у періоді нормальної експлуатації, тому ймовірність безвідмовної роботи елементів vCDN з 1 по 10 (рис. 3) підпорядковуються експоненціальному закону:

$$p_i(t) = \exp(-\lambda_i \cdot t) = \exp(-2,5 \cdot 10^{-4} \cdot t).$$

Оскільки всі vCDN відповідно до SLA мають однакову інтенсивність відмов, розрахункову формулу для визначення ймовірності безвідмовної роботи мережі можна спростити:

$$P_{\text{NaaS}} = P_{\text{forward direction}} \cdot P_{\text{reverse direction}} = \left[ 1 - (1 - p_i^4)(1 - p_i^5)^4(1 - p_i^6)^2(1 - p_i^7)^2 \right] \times \left[ 1 - (1 - p_i^4)(1 - p_i^5)^6(1 - p_i^6)^3(1 - p_i^7) \right].$$

Результати обчислення функції безвідмовної роботи віртуальної мережі представлені у вигляді графіка на рис. 4.

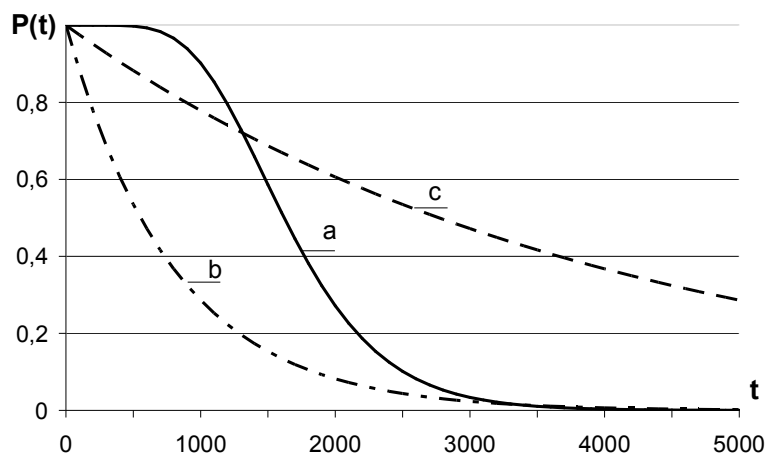


Рис. 4. Залежність безвідмовної роботи віртуальної мережі (a), п'яти послідовно з'єднаних vCDN (b) та одного vCDN (c)

Для порівняння на графік також винесені криві безвідмовності одного та п'яти послідовно з'єднаних vCDN.

Очевидно, що безвідмовність віртуальної мережі має вигравш порівняно з одним елементом на інтервалі 0...1360 годин, а в подальшому не гірша безвідмовності ланцюжка з п'яти послідовно з'єд-

наних vCDN. Відповідно до цих результатів може бути обраховано середнє напрацювання до відмови:

$$T_{\text{сер.}} = \int_0^{\infty} P(t) \cdot dt,$$

та інтенсивність відмов

$$\lambda(t) = \frac{-P'(t)}{P(t)},$$

для того, щоб визначити, чи виконуються вимоги до коефіцієнту готовності.

## Висновки

У статті аналізується сучасний стан хмарних послуг і зокрема послуги NaaS.

Обґрунтовано основні завдання щодо розробки моделі функціонування елементів хмарної ІТ-системи та оцінювання її надійності, розраховано функції безвідмовності хмарної ІТ – системи з віртуальною топологією для оцінювання надійності послуги NaaS.

Розглянуто розрахунки функції безвідмовності ІТ-системи.

Напрямами подальших досліджень є розробка рекомендацій щодо підвищення безвідмовності віртуальної мережі; також потрібно вдосконалити моделі надійності для врахування відновлення віртуальних елементів NaaS в ІТ-системі та оновлення хмарних програмних засобів.

## Список літератури

1. *Google Cloud Computing, Hosting Services & APIs: Google Cloud Platform* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: – <https://cloud.google.com/> – 18.06.2016 р.
2. *Amazon EC2: хостинг віртуальних серверів* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: – <https://aws.amazon.com/ru/ec2/> – 18.06.2016 р.
3. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення [Текст]; введений 01.01.1996. – К., Держстандарт України, 1995. – 34 с.
4. *Microsoft Cloud - Platform* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: –

<http://www.microsoft.com/enterprise/microsoftcloud/> – 18.06.2016 р.

5. *IBM - Cloud Computing for Builders & Innovators* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: – <https://www.ibm.com/cloud-computing/> – 18.06.2016 р.

6. *Is SaaS and How Will It Help My Business* [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://whatis.website-site.com/what-is-saas> – 18.06.2016 р.

7. Поночовный Ю. Л. Стандарты информационной безопасности для облачных технологий и тенденции их развития [Текст] / Ю. Л. Поночовный, А. А. Фурманов, В. С. Харченко // *Радиоэлектроника и компьютерные системы*. – 2015. – № 4. – С. 25–33.

8. *Recommendation ITU-T Y.3512. Cloud computing - Functional requirements of Network as a Service* [Text]. – impl. 29.08.2014 – Geneva: International Telecommunication Union, 2014. – 36 p.

9. *Безопасность критических инфраструктур: математические и инженерные методы оценки и обеспечения* / под ред. В.С. Харченко – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ». – 2011. – 603 с.

10. *Управление уровнями ИТ-услуг* [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://technet.microsoft.com/ru-ru/library/cc543312> – 18.06.2016 р.

11. *Типовое соглашение о качестве обслуживания (SLA)* [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.wellink.ru/content/SLA-service-level-agreement> – 18.06.2016 р.

Надійшла до редколегії 16.06.2016

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Б.М. Конорев, Національний аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського «ХАІ», Харків.

## РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОТКАЗНОСТИ ДЛЯ ИТ-СИСТЕМ С ОБЛАЧНОЙ УСЛУГОЙ NaaS

В.С. Харченко, Ю.Л. Поночовный, К.С. Вшивцева, К.Д. Безуглая

В статье проанализировано состояние отрасли облачных услуг и, в частности, услуги NaaS. Определены общие требования, предъявляемые к ИТ-системам с услугами NaaS. Сформулированы задачи, связанные с определением показателей надежности и безотказности облачных инфраструктур и разработкой предложений по их улучшению. Рассмотрены особенности и разновидности договоров между пользователями и провайдерами облачных услуг. Разработана модель оценки безотказности виртуальной NaaS сети, на основе которой рассчитаны функции безотказной работы облачной ИТ-системы с виртуальной топологией.

**Ключевые слова:** облачные услуги, NaaS, надежность, показатели безотказности, SLA.

## CALCULATION OF RELIABILITY INDEX FOR IT SYSTEMS TO THE CLOUD-BASED NaaS SERVICE

V.S. Kharchenko, Y.L. Ponochovnyy, K.S. Vshivtseva, K.D. Bezugla

The article analyzes the current state of cloud services industry and in particular NaaS services. It's defined common requirements for IT - systems with NaaS services. Tasks related to assessment of availability and reliability indicators of cloud infrastructures are discussed. Some recommendations to improve reliability are described. The article examines the features and variety of contracts between users and providers of cloud services. A model of a virtual NaaS network reliability assessment is analyzed. Using this model reliability indicators for cloud IT system with a virtual topology are calculated and researched.

**Key words:** cloud services, NaaS, availability, reliability, SLA.