

О.А. Лаврів, О.М. Шпур, Н.В. Пелех

Національний університет “Львівська політехніка”, Львів

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСТУПУ ДО СТАТИЧНОГО КОНТЕНТУ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ CDN МЕРЕЖ ЯК PaaS СЕРВІСУ AZURE CLOUD

У даній статті порушена проблема доступу до контенту, що знаходиться в географічно віддалених точках, та тривалість його надання кінцевому користувачеві. Встановлено, що для вирішення такого роду задач ефективним є використання CDN мереж, особливо в умовах надання Платформи в якості хмарного сервісу. Проведено дослідження процесів доступу до статичного контенту та тривалість його завантаження в умовах надання PaaS з використанням хмарного сервісу Azure Cloud. Досліджено способи оптимізації доставки статичного контенту з точки зору мінімізації затримки в розгорнутій системі Azure CDN при різних взаємних розташуваннях клієнта і контенту. В результаті проведених досліджень отримано оцінки часових затримок при передаванні статичного контенту, що дозволяють довести ефективність запропонованого методу доступу до контенту, оскільки час завантаження контенту зменшився 4 рази.

Ключові слова: CDN мережа, статичний контент, PaaS, cloud сервер.

Вступ

Постановка проблеми. Інтернет став невід’ємною частиною людського життя. Кожного дня завантажуються мільйони зображень, відео файлів, скриптів, документів і т.д. Через велику кількість запитів, що надходять на основний сервер, часто виникає його перенавантаження, що в свою чергу призводить до збільшення латентності.

Користувачі віддають перевагу швидкому обслуговуванню і завжди шукають ресурси, які пропонують найновіший і найкращий досвід. Отже, важливо втілювати свіжі технології, щоб розвиватися навіть на дуже конкурентному ринку. Завдання полягає в тому, щоб представити запитований клієнтом контент в межах секунди, щоб відповідати очікуванням користувачів. Саме в такому завданні CDN відіграє важливу роль.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Мережі доставки контенту (CDN) розміщують свої кеш-сервери по всьому світу, тим самим зменшуючи навантаження на сервер походження. Запит клієнта направляється до кеш сервера, який географічно ближчий до нього та менш завантажений. Такий метод доступу до контенту призводить до зменшення латентності при завантаженні запитованого контенту.

Сьогодні великої популярності та стрімкого розвитку набирають хмарні технології. Популярність хмарних обчислень пов’язана із зниженням витрат, гнучкістю архітектури інформаційних технологій та масштабованістю.

Хмарні обчислення забезпечують середовище для виконання та надання послуг. Вони поєднують між собою набір технологій доступу та систем, які покликані забезпечити необхідні сервіси кінцевим користувачам [1; 6]. Все це стає можливим за допомогою технології віртуалізації. Як відомо, існують

три основних моделі надання послуг у хмарному середовищі – це Інфраструктура в якості сервісу (IaaS), Платформа в якості сервісу (PaaS) та Програмне забезпечення в якості сервісу (SaaS). Саме ефективне функціонування цих моделей забезпечує обробку та виконання великих масивів даних [2–3]. Однак, важливим аспектом залишається дослідження процесів доступу до статичного контенту та його завантаження в умовах надання PaaS з мереж з CDN.

Статичний контент – це будь-який контент, який може бути доставлений кінцевому користувачеві без модифікації чи обробки. Сервер передає той самий файл кожному користувачеві, перетворюючи статичний контент на один з найпростіших та найбільш ефективних типів контенту для передачі через Інтернет. Ефективними мережами для передавання такого роду даних стають мережі CDN. Як відомо, мережі даного типу складаються з двох основних компонентів: PoPs або Points of Presence і крайніх серверів. PoPs – це в основному географічне розташування серверів CDN [4; 9]. Ефективне їх функціонування забезпечується шляхом їх рівномірного розподілу по всьому світу. Це важливо для охоплення величезних територій та підтримки рівня якості сервісів. Кожен PoP має свій сервер – Edge Servers – який в основному є простою проксі-кеш-пам’яттю. Він має аналогічну функціональність кешу веб-браузера. Це допомагає зберігати копію контенту в кеш-пам’яті.

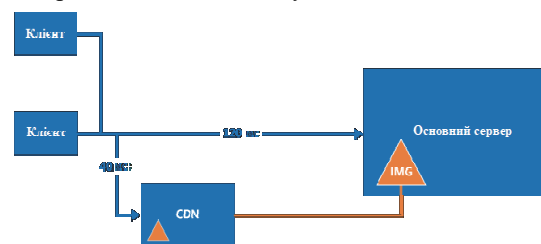


Рис. 1. Принцип доставки контенту

Розподіл PoP залежить від CDN. Деякі постачальники послуг пропонують декілька, зате надійних, PoPs для своїх користувачів, а деякі – навпаки [4; 8]. Сторінки певного веб-сайту копіюються на сервери, які розташовані в різноманітних місцях, кешуючи контент. Після того, як запит буде ініційований зі сторони користувача, найближчий кеш сервер відповість на даний запит, щоб зменшити час відгуку. CDN діє як середовище, яке передає інформацію з сервера веб-сайту на найближчий сервер. Це також допомагає передавати будь-який контент, який не є кешований. Наявність CDN дозволяє зберігати статичні дані веб-сторінки поблизу географічного розташування користувача. Коли вони розподіляються однаково по всьому світу, доступність стає бездоганною і оперативною.

Мета статті. Фізичне розташування має велике значення, коли мова йде про швидкість відповіді. Отже, якщо CDN відсутній, то веб-сайти, незалежно від їх фізичного розташування, підключаються до головного сервера (сервера походження). Це займе достатньо великий проміжок часу, знижуючи зручність роботи користувачів.

Саме тому метою досліджень є оцінка тривалості завантаження статичного контенту з різних точок доступу до послуг для підвищення якості їх сприйняття та дослідження впливу конфігурації мереж CDN на якість сприйняття послуг, а саме – тривалість завантаження статичного контенту [4; 12].

Виклад основного матеріалу

Дослідження часу завантаження статичного контенту з використанням CDN мереж

Для дослідження ефективності доставки статичного контенту з використанням CDN мереж як PaaS сервісу використаємо сервіси Azure Cloud. Azure Cloud Services є прикладом платформи як сервісу (PaaS) [7]. Подібно до програми Azure App, ця технологія призначена для підтримки програм, які є масштабованими, надійними та недорогими для роботи. Azure Cloud Services точно так само, як служба додатків (App Service) розміщується на віртуальних машинах (VM). Можна встановити власне програмне забезпечення на віртуальні машини, які використовують Azure Cloud Services, і можна отримати доступ до них віддалено.

Коли доставка контенту забезпечується для великої аудиторії користувачів, стає надзвичайно важливо забезпечити оптимізацію доставки цього контенту. Мережа доставки контенту Azure (CDN Azure) – це глобальне рішення CDN для передачі високошвидкісного контенту. Його можна розмістити в Azure або будь-якому іншому місці. За допомогою Azure CDN можна кешувати статичні об'єкти, завантажені з накопичувача Azure Blob, веб-програми або будь-якого загальнодоступного веб-

сервера, використовуючи найближчий сервер присутності (POP). Azure CDN також може прискорити передавання динамічного вмісту будь якого сервісу, який не можна кешувати, використовуючи різні способи оптимізації мережі та маршрутизації [5; 10–11].

Мережа доставки Content Azure (CDN) включає чотири продукти: Azure CDN Standard від Microsoft, Azure CDN Standard від Akamai, Azure CDN Standard від Verizon і Azure CDN Premium від Verizon.

У наведеній нижче табл. 1 порівнюються функції, доступні для кожного продукту.

Таблиця 1

Порівняння продуктів CDN Azure

	Standart Microsoft	Standart Akamai	Standart Verizon	Premium Verizon
Функції продуктивності та оптимізації				
Динамічне прискорення сайту		+	+	+
Динамічне прискорення сайту – адаптивне стиснення зображення		+		
Динамічне розгортання сайту – попередній вибір об'єкта		+		
Оптимізація потокового відео	*	+	*	*
Оптимізація великих файлів	*	+	*	*
Глобальне балансування навантаження сервера (GSLB)	+	+	+	+
Швидка очистка	+	+	+	+
Попереднє завантаження активів			+	+
Параметри кешу/заголовка (використовуючи правила кешування)		+	+	
Кешування строкового запиту	+	+	+	+
IPv4/IPv6 двоканальний	+	+	+	+
HTTP/2 підтримка	+	+	+	+

Закінчення табл. 1

Безпека				
Підтримка HTTPS за допомогою кінцевої точки CDN	+	+	+	+
Користувачський домен HTTPS	+		+	+
Підтримка користувачського доменного імені	+	+	+	+
Геофільтрація	+	+	+	+
Автентифікація токен				+
Захист DDOS	+	+	+	+
SSL сертифікація (власний сертифікат)	+			
Аналітика та звітність				
Діагностичні журнали Azure	+	+	+	+
Основні звіти Verizon			+	+
Користувачські звіти від Verizon			+	+
Розширені HTTP-звіти				+
Статистика в реальному часі				+
Ефективність кінцевого вузла				+
Сповіщення в реальному часі				+
Простота використання				
Легка інтеграція зі службами, такими як Storage, WebApp та Служби медіа	+	+	+	+
Управління через REST API, NET, Node.js PowerShell	+	+	+	+
Переадресація/переписування URL				+

Диспетчер трафіку Azure підтримує шість методів маршрутизації трафіку, які визначають прави-

ла маршрутизації мережевого трафіку в різні кінцеві точки служби. Для будь-якого профілю диспетчер трафіку застосовує пов'язаний з ним метод маршрутизації трафіку до кожного отриманого запиту DNS.

В даній роботі зупинимося на методі маршрутизації трафіку за пріоритетом та дослідимо час доставки контенту користувачеві з використанням мереж CDN.

Як правило, організація прагне забезпечити надійність своїх служб, розгортаючи одну або кілька резервних служб на випадок, якщо основна служба вийде з ладу. Метод маршрутизації трафіку “За пріоритетом” дозволяє клієнтам Azure легко реалізувати цю схему відпрацювання відмови. В цьому профілі диспетчера трафіку створюється впорядкований список кінцевих точок служби. За замовчуванням диспетчер трафіку направляє весь трафік в первинну кінцеву точку (з найвищим пріоритетом). Якщо основна кінцева точка недоступна, диспетчер трафіку направляє трафік на другу кінцеву точку. Якщо і первинна, і вторинна кінцеві точки стають недоступні, трафік прямує до третьої і т.д. Доступність кінцевої точки визначається за вказаним для неї станом(включена або відключена) і даними моніторингу кінцевих точок.

На рис. 2 зображено перелік ендпоінтів (кінцевих точок), які додано до диспетчера трафіку HashchukTM. PrimaryEndpoint розташований у західній Європі та має пріоритет 1. BackupEndpoint розташований у північній Європі та має пріоритетність 2.

Azure CDN пропонує розробникам глобальне рішення для забезпечення високошвидкісного контенту. Він може кешувати blob-файли та статичний контент обчислювальних екземплярів у фізичних вузлах США, Європи, Азії, Австралії та Південної Америки.

Для того, щоб розпочати роботу із Azure CDN потрібно оформити підписку Azure. Для даного дослідження використовувалась безкоштовно підписка від Azure, яка надається терміном на один календарний місяць та має кредит у 100\$.

Обліковий запис (Storage account, сховище) для зберігання даних дає доступ до послуг Azure Storage. Обліковий запис для зберігання являє собою найвищий рівень простору імен для доступу до кожного компонента сервісу Azure Storage: зберігання Azure Blob, Queue і Table. Для початку необхідно створити контейнер “images”, де буде міститись досліджуваний контент.

Після завантаження контенту до контейнера, він буде відображатись як показано на рис. 4. Щоб переглянути детальну інформацію про вибране зображення “брошура_фр.jpg”, яке є об'єктом дослідження, потрібно вибрати “blob properties”.

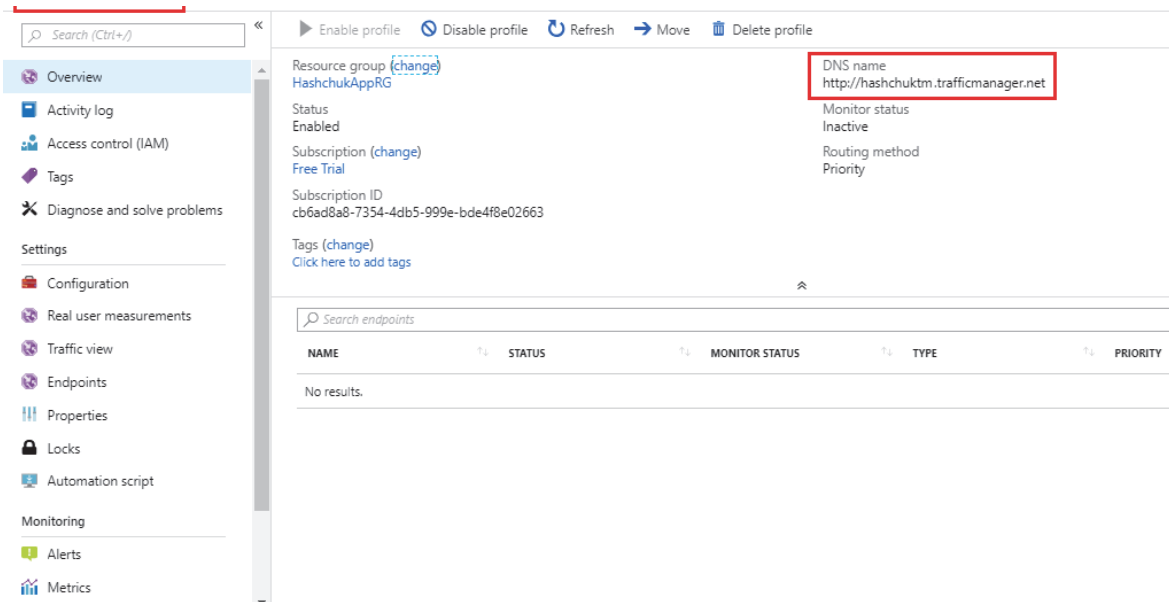


Рис. 2. Вигляд створеного диспетчера трафіку

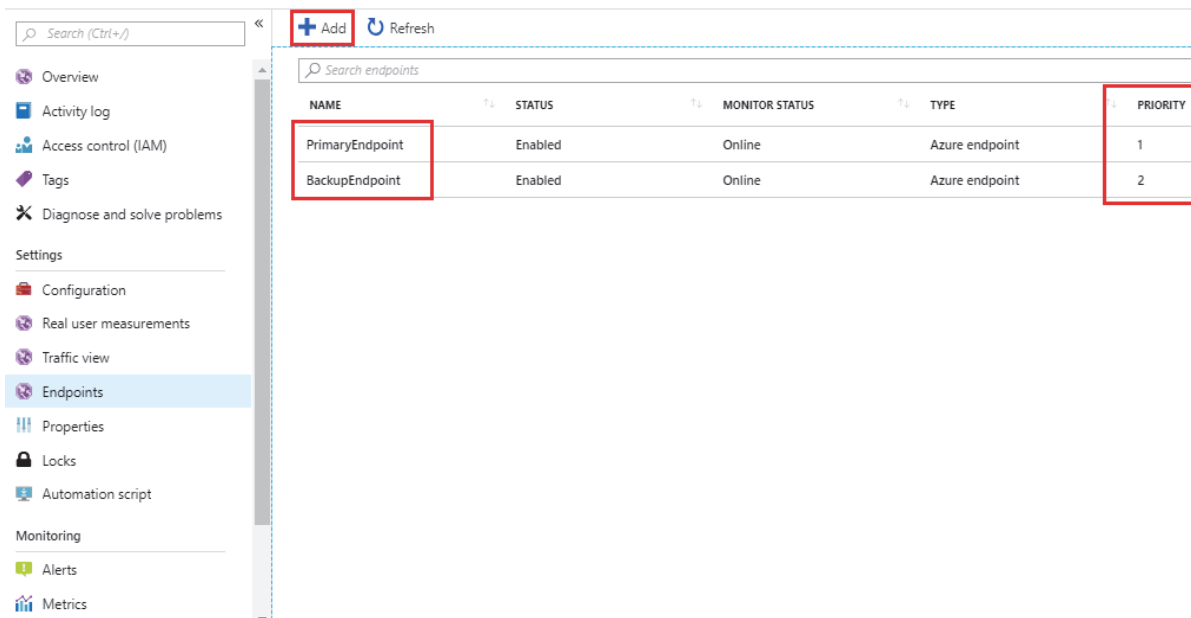


Рис. 3. Додавання ендпоінтів в диспетчер трафіку з пріоритетами

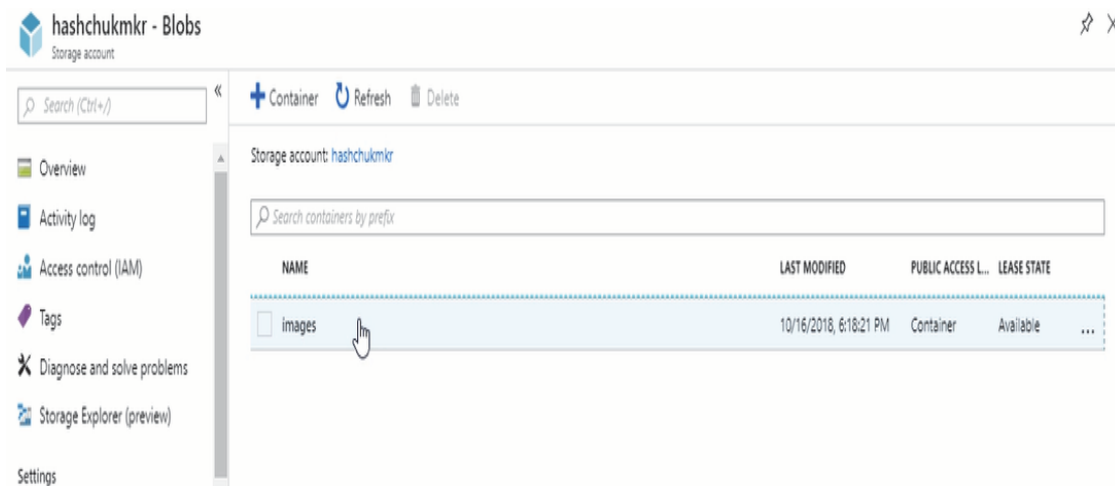


Рис. 4. Контейнер для досліджуваного контенту

Профіль CDN являє собою контейнер для кінцевих точок CDN та визначає рівень ціноутворення. При створенні профілю CDN потрібно ввести унікальне ім'я, яке в даному випадку "hashchukCdn". Мі-

сце розташування – "Західна Європа". Продукт/ ціновий рівень – Standart Akamai. Готовий профіль CDN зображено на рис. 5.

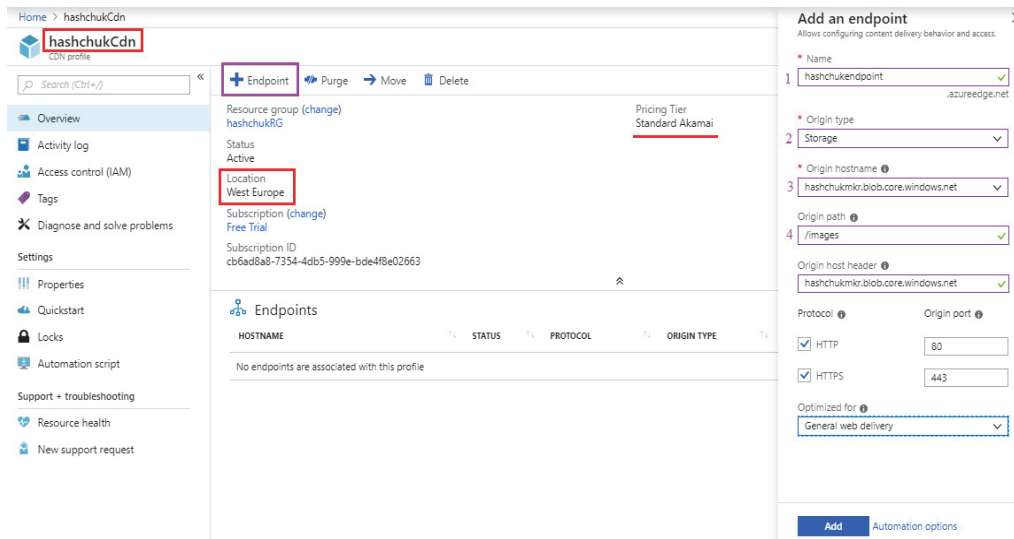


Рис. 5. Вигляд створеного CDN профілю та процес створення Endpoint

Створений endpoint під назвою "hashchukendpoint" розташований в тій же зоні, що і профіль CDN – Західній Європі. Посилання в полі "Endpoint hostname" – це посилання на досліджуване зображення, яке раніше завантажено в storage account в контейнер "images", але доступ до нього надається з даного ендпоінту. Тобто hashchukendpoint містить кешовану версію дослідженого зображення.

Доступ до кешованого контенту відбувався з м. Львів через ендпоінти західної Європи, центральної Америки, центральної Індії та східної Японії. В результаті досліджень виміряно час завантаження при доступі до оригіналу зображення, яке знаходиться в

Storage account (сервер походження), який розташований в східній Австралії.

Результати дослідження показали, що завантаження відбувалось напряму з сервера походження за 2.03с, з ендпоінту Західної Європи завантаження відбувалось за 172.88 мс, з ендпоінту Центральної Америки – за 560.66 мс, з ендпоінту Центральної Індії час завантаження становив 403.09мс, завантаження з ендпоінту Східної Японії –565.09мс. Завдяки допомозі людей з інших країн, таких як Чехія та Японія, з'явилась можливість дослідити час завантаження з різних ендпоінтів, поступаючись до контенту з вищезгаданих країн. Всі результати дослідження зібрано в табл. 2.

Таблиця 2

Час завантаження зображення при різних умовах та географічного розташування

Дата/час завантаження	Місто/країна з якої йде доступ	Blob Storage	West Europe	East Japan	Central US	Central India
19.08.2019 18:15	Львів, Україна	2.03 с	172.88 мс	565.09 мс	560.66 мс	403.09 мс
21.08.2019 17:30	Львів, Україна	2.21 с	114.28 мс	724.67 мс	1.05 с	742.13 мс
21.08.2019 19:47	Брно, Чехія	47.56 с	5.05 с	15.98 с	10.82 с	16.03 с
22.08.2019 22:55	Токіо, Японія	9.18 с	867.58 мс	702.11 мс	1.17 с	741.91 мс

Аналізуючи результати дослідження можна легко побачити, що завантаження з ендпоінтів відбувалось набагато швидше, ніж з базового сервера, час завантаження контенту зменшився орієнтовно в 4 рази.

При доставці контенту до клієнтів, функціонал статистики в реальному часі дозволяє визначити необхідні ресурси, які затрачуються на передавання чи оригінального чи кешованого контенту: пропус-

кна здатність, коди статусу, статуси кеш-пам'яті та паралельні підключення до профілю CDN. Це дає змогу постійно стежити за працездатністю сервісу в будь-який час, включаючи події, що відбуваються в реальному часі.

В результаті досліджень проведено моніторинг поведінки Azure CDN. Дана функція доступна тільки при використанні продукту Verizon Premium, тому спеціально для цього дослідження створено окремий профіль CDN та ендпоінт у Західній Європі.

В результаті досліджень проведено аналіз використання пропускної здатності каналу, який забезпечує доставку контенту. Граф пропускної здатності відображає кількість пропускної здатності, яка використовується для поточної платформи протягом вибраного проміжку часу.

Як видно з рис. 6, використання пропускної здатності каналу при доступі до контенту із віддалених серверів зростає до 700 Кбіт/с.

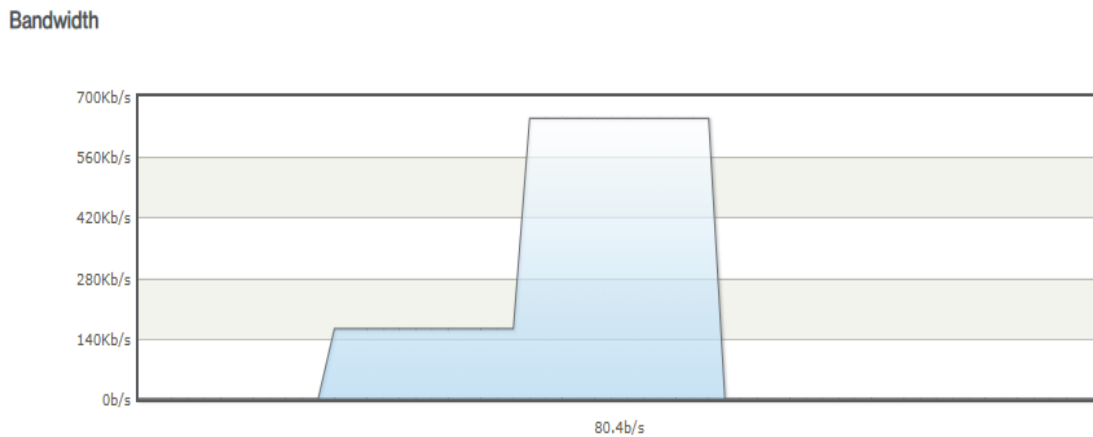


Рис. 6. Розподіл пропускної здатності при доступі до статичного контенту

Розподіл кодів статусу показує, як часто певні коди відповіді HTTP надходять за вибраний проміжок часу.

Як видно з рис. 7 HTTP відповіді надходять через однакові інтервали часу, і не залежать від території, з якої надсилаються запит на доступ до даних.

Cache Statuses вказує, як часто певні типи статусів кешу поширюються протягом вибраного проміжку часу.

Дослідження показали, що контент не повинен кешуватись на POP або HTTP-клієнтом. Лише в одному випадку на 0,05 с кешована версія запитованого ресурсу не була знайдена на найближчому до клієнта POP. Контент буде запитано як з базового сервера, так і від базового сервера. Якщо базовий сервер або щит базового сервера повертає active, він буде передаватися клієнту і кешуватись як на клієнтській стороні, так і на сервері.

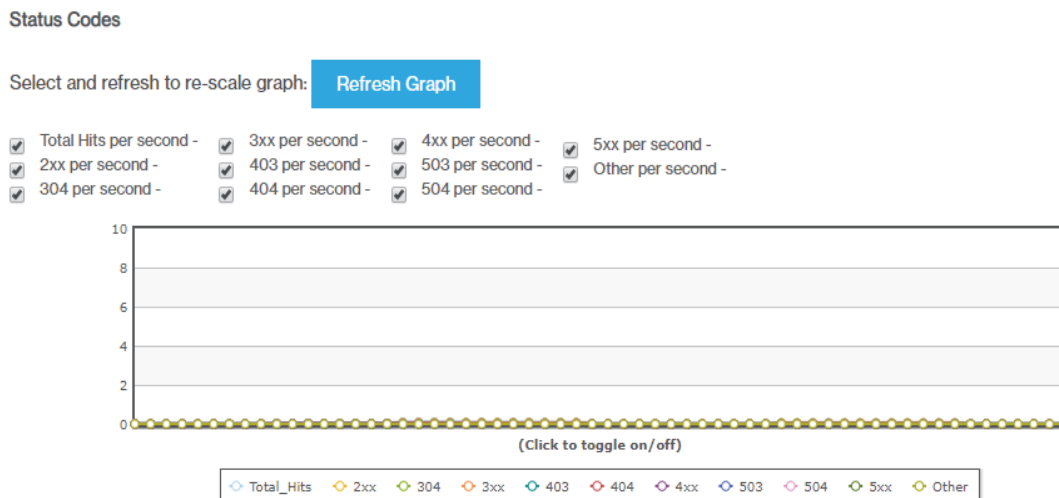


Рис. 7. Розподіл кодів статусу протягом проведення дослідження

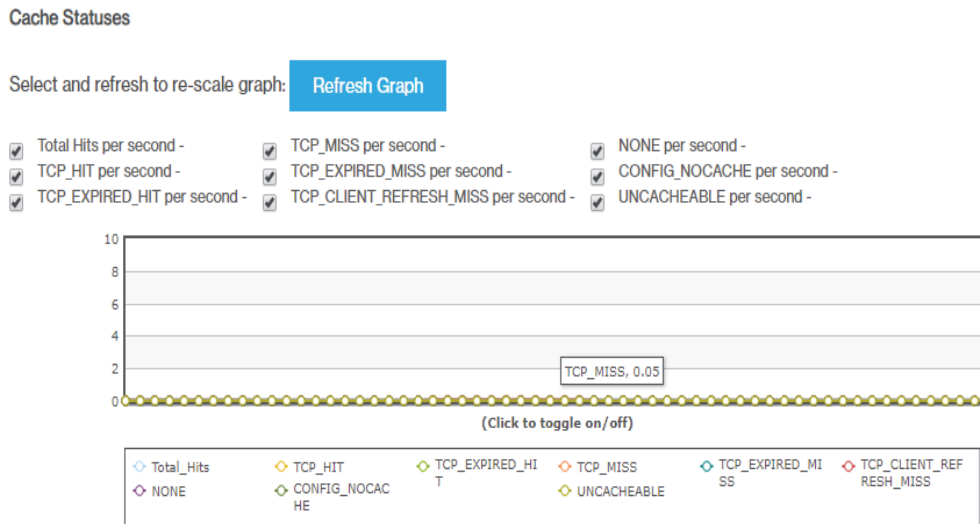


Рис. 8. Статус кешу

Висновки

У даній статті порушена проблема доступу до контенту, що знаходиться в географічно віддалених точках та тривалість його надання кінцевому користувачеві. Встановлено, що для вирішення такого роду задач ефективним є використання CDN мереж, особливо в умовах надання Платформи в якості хмарного сервісу. В результаті, проведено дослідження процесів доступу до статичного контенту та тривалість його завантаження в умовах надання PaaS з використанням хмарного сервісу Azure Cloud.

Диспетчер трафіку Azure підтримує шість методів маршрутизації трафіку, які визначають правила маршрутизації мережевого трафіку в різні кінцеві точки служби. В даній роботі увага зосереджувалася на методі маршрутизації трафіку за пріоритетом та досліджено час доставки контенту користувачеві з використанням мереж CDN. Після створення Storage Account та завантаження відповідного контенту доступ до кешованого контенту відбувався з м. Львів через ендпоінти західної Європи, центральної Америки, центральної Індії та східної Японії. В результаті досліджень виміряно час завантаження при

доступі до оригіналу зображення, яке знаходиться в Storage account (сервер походження), який розташований в східній Австралії. Результати дослідження показали, що завантаження з ендпоінтів відбувалось набагато швидше, ніж з базового сервера, час завантаження контенту зменшився орієнтовно в 4 рази.

Проведено моніторинг поведінки Azure CDN. В результаті досліджень проаналізовано ефективність використання пропускну здатності каналу, який забезпечує доставку контенту. Як видно з рис. 6, використання пропускну здатності каналу при доступі до контенту із віддалених серверів зростає до 700 Кбіт/с. Розподіл кодів статусу показує, як часто певні коди відповіді HTTP надходять за вибраний проміжок часу. Як видно з рис. 7, HTTP відповіді надходять через однакові інтервали часу, і не залежать від території, з якої надсилаються запит на доступ до даних. Дослідження показали, що контент не повинен кешуватись на POP або HTTP-клієнтом. Лише в одному випадку на 0,05 с. кешована версія запитуваного ресурсу не була знайдена на найближчому до клієнта POP. Контент буде запитано як з базового сервера, так і від базового сервера.

Список літератури

1. Synthesis of distributed service-oriented structures cloud networks is based on algorithm for determining hyperbolic virtual coordinates / B. Strykhalyuk, O. Shpur, I. Demydov, Yu. Klymash // Proceedings of XIIIth international conference "The experience of designing and application of CAD Systems in microelectronics" CADSM'2015 (24-27 February, Lviv-Poljana, Ukraine). – 2015. – P. 231-235.
2. Method of cloud system disaster recovery based on 'Infrastructure as a code' 36 concept / O. Lavriv, M. Klymash, G. Grynkevych, O. Tkachenko, V. Vasylenko // Modern problems of radio engineering, telecommunications, and computer science. Proceedings of the International Conference TCSET'2018 (Lviv-Slavske, Ukraine February 20 – 24, 2018). – Lviv: Publishing House of Lviv Polytechnic. – 2018. – P. 1139-1142.
3. Investigation and simulation of system for data flow processing in multiservice nodes using virtualization mechanisms / M. Klymash, V. Romanchuk, M. Beshley, P. Arthur // IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering UKRCON'2017 (Kyiv, May 29 – June 2, 2017). – 2017. – P. 989-992.
4. Increasing the accessibility to static content using CDN networks as PaaS / M. Klumash, O. Shpur, N. Peleh, O. Lavriv, R. Bak, O. Skybinskyi // Proceedings of 15th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM 2019) (26 February – 02 March, Lviv-Poljana, Ukraine). – 2019. – P. 107-110.

5. An architecture for internet content distribution as an infrastructure service / Y. Chawathe, S. McCanne, E. Brewer // Proceedings of the 11th international workshop on Network and operating systems support for digital audio and video (Port Jefferson, NY, USA June 25 - 26, 2011). – 2011. – P. 11-20.
6. CDN cloud: A novel scheme for combining CDN and cloud computing / Li Ling, Ma Xiaozhen, Huang Yulan // Proceedings of 2nd International Conference on Measurement, Information and Control (16-18 Aug. 2013). – 2013. – Vol. 01. – P. 687-690.
7. Overview of Azure Cloud Services [Electronic source]. – Available at: <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/cloud-services/cloud-services-choose-me>.
8. Kostenko Dmitry. Microsoft Azure PaaS [Electronic source] / Dmitry Kostenko. – Available at: <https://dou.ua/lenta/articles/microsoft-azure-paas/>.
9. State of the art and research challenges of new services architecture technologies: virtualization, SOA and cloud computing / A. Letaifa, A. Haji, M. Jebalia, S. Tabbane // International Journal of Grid and Distributed Computing. – 2010. – Science and Engineering Research Support Center. – Vol. 3. – No. 4. – P. 69-88.
10. The characteristics of cloud computing / C. Gong, J. Liu, Q. Zhang, H. Chen, Z. Gong // 39th International Conference on Parallel Processing Workshops (San Diego, CA, USA, 13-16 September, 2010). – 2010. – P. 275-279.
11. Cloud computing research and development trend in Future Networks / S. Zhang, S. Zhang, X. Chen, X. Huo // Proceedings of Second International Conference on Future Networks (22-24 January, Sanyay, Hainan, China, 2010). – 2010. – P. 93-97.
12. Performance of routing algorithm remote operation in cloud environment for IoT devices / V. Faychuk, O. Lavriv, B. Strykhalyuk, O. Shpur, I. Demydov, R. Bak // International journal of electronics and telecommunications. – 2019. – Vol. 65. – No. 3. – P. 367-373.

References

1. Strykhalyuk, B., Shpur, O., Demydov, I. and Klymash, Yu. (2015), Synthesis of distributed service-oriented structures cloud networks is based on algorithm for determining hyperbolic virtual coordinates, *Proceedings of XIIIth international conference "The experience of designing and application of CAD Systems in microelectronics" CADSM'2015. (24-27 February)*, Lviv-Poljana, Ukraine, pp. 231-235.
2. Lavriv, O., Klymash, M., Grynkevych, G., Tkachenko, O. and Vasylenko, V. (2018), Method of cloud system disaster recovery based on 'Infrastructure as a code' 36 concept, *Modern problems of radio engineering, telecommunications, and computer science. Proceedings of the International Conference TCSET'2018 (Lviv-Slavske, Ukraine February 20-24)*, Publishing House of Lviv Polytechnic, Lviv, pp. 1139-1142.
3. Klymash, M., Romanchuk, V., Beshley, M. and Arthur, P. (2017), Investigation and simulation of system for data flow processing in multiservice nodes using virtualization mechanisms, *IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering UKRCON'2017 (May 29 – June 2)*, Kyiv, pp. 989-992.
4. Klymash, M., Shpur, O., Peleh, N., Lavriv, O., Bak, R. and Skybinskyi, O. (2019), Increasing the accessibility to static content using CDN networks as PaaS, *Proceedings of 15th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM 2019) (26 February – 02 March)*, Lviv-Poljana, Ukraine, pp. 107-110.
5. Chawathe, Y., McCanne, S. and Brewer, E. (2011), An architecture for internet content distribution as an infrastructure service, *Proceedings of the 11th international workshop on Network and operating systems support for digital audio and video (June 25 - 26)*, Port Jefferson, NY, USA, pp. 11-20.
6. Ling, Li, Xiaozhen, Ma and Huang, Yulan (2013), CDN cloud: A novel scheme for combining CDN and cloud computing, *Proceedings of 2nd International Conference on Measurement, Information and Control (16-18 Aug.)*, Vol. 01, pp. 687-690.
7. *Overview of Azure Cloud Services*, available at: <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/cloud-services/cloud-services-choose-me>.
8. Kostenko, Dmitry (2017), *Microsoft Azure PaaS*, available at: <https://dou.ua/lenta/articles/microsoft-azure-paas/>.
9. Letaifa, A., Haji, A., Jebalia, M. and Tabbane, S. (2010), State of the art and research challenges of new services architecture technologies: virtualization, SOA and cloud computing, *International Journal of Grid and Distributed Computing*, Vol. 3, No. 4, Science and Engineering Research Support Center, pp. 69-88.
10. Gong, C., Liu, J., Zhang, Q., Chen, H. and Gong, Z. (2010), The characteristics of cloud computing, *39th International Conference on Parallel Processing Workshops (13-16 September)*, San Diego, CA, USA, pp. 275-279.
11. Zhang, S., Chen, X. and Huo, X. (2010), Cloud computing research and development trend in Future Networks, *Proceedings of Second International Conference on Future Networks (22-24 January)*, Sanyay, Hainan, China, pp. 93-97.
12. Faychuk, V., Lavriv, O., Strykhalyuk, B., Shpur, O., Demydov, I. and Bak, R. (2019), Performance of routing algorithm remote operation in cloud environment for IoT devices, *International Journal of Electronics and Telecommunications*, Vol. 65, No. 3, pp. 367-373.

Надійшла до редколегії 09.07.2019

Схвалена до друку 10.09.2019

Відомості про авторів:

Лаврів Орест Андрійович

доктор технічних наук доцент кафедри
Національного університету "Львівська політехніка",
Львів, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-2847-764X>

Information about the authors:

Orest Lavriv

Doctor of Technical Sciences Senior Lecturer
of Lviv Polytechnic National University,
Lviv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-2847-764X>

Шпур Ольга Миколаївна

кандидат технічних наук
асистент кафедри
Національного університету “Львівська політехніка”,
Львів, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-8156-8017>

Пелех Назарій Володимирович

аспірант
Національного університету “Львівська політехніка”,
Львів, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-1814-6385>

Olha Shpur

Candidate of Technical Sciences
Assistant Lecturer
of Lviv Polytechnic National University,
Lviv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-8156-8017>

Nazar Peleh

Doctoral Student
of Lviv Polytechnic National University,
Lviv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-1814-6385>

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОСТУПА К СТАТИЧЕСКОМУ КОНТЕНТУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ CDN СЕТЕЙ КАК PaaS СЕРВИСА AZURE CLOUD

О.А. Лаврив, О.М. Шпур, Н.В. Пелех

В данной статье затронута проблема доступа к контенту, который расположен в географически удаленных точках и времени его предоставления конечному пользователю. Установлено, что для решения такого рода задач эффективным является использование CDN сетей, особенно в условиях предоставления Платформы в качестве облачного сервиса. Проведено исследование процессов доступа к статическому контенту и продолжительность его загрузки в условиях предоставления PaaS с использованием облачного сервиса Azure Cloud. Исследованы способы оптимизации доставки статического контента с точки зрения минимизации задержки в развернутой системе Azure CDN при различных взаимных расположениях клиента и контента. В результате проведенных исследований получены оценки временных задержек при передаче статического контента, позволяющие доказать эффективность предложенного метода доступа к контенту, поскольку время загрузки контента уменьшилось 4 раза.

Ключевые слова: CDN сеть, статический контент, PaaS, cloud сервер.

PROVIDING ACCESS TO STATIC CONTENT USING CDN NETWORKS AS A PaaS OF THE AZURE CLOUD SERVICE

O. Lavriv, O. Shpur, N. Peleh

In this paper we consider the problem of access to content that is located at geographically remote locations and the access delay from the perspective of the end user. We have come to conclusion that the use of CDN networks is especially effective in terms of providing the platform as a cloud service. We investigate the processes of access to static content and loading duration under the conditions of the provisioning of PaaS using the Azure Cloud service. Azure Traffic Manager supports six traffic routing methods that define routing rules for network traffic at different endpoints. The paper focuses on the traffic routing based on priority in Traffic Manager as well as CDN as a technique of decreasing content delivery duration for the clients. After creating the Storage Account and downloading the relevant content, cached content was accessed from Lviv through the endpoints of Western Europe, Central America, Central India, and eastern Japan. As a result of investigation, the load time was measured when accessed to the original image located in the Storage account (origin server) located in eastern Australia. The results of the study showed that loading from the endpoints occurred much faster than from the base server, the time of downloading content decreased by approximately 4 times. The Azure CDN behavior monitoring was conducted. As a result of the research, the channel bandwidth analysis, which provides content delivery, was analyzed. As can be seen bandwidth utilization when accessing content from remote servers increases to 700 kbps. The status codes distribution shows how often certain HTTP response codes arrive over the selected time interval. HTTP replies arrive at the same time intervals and do not depend on the territory from which the request for access to data is sent. Investigation has shown that content should not be cached on a POP or HTTP client. Only in one case at 0.05s the cached version of the requested resource was not found on the POP closest to the client. Content will be requested from both the base server and the base server. Experimental estimations allow to improve the process of design of CDN PaaS on the criterion of delay of the provision of content

Keywords: CDN network, static content, PaaS, cloud server.