

М.М. Климаш, І.В. Демидов, М.О. Селюченко, І.Д. Орлевич,  
Національний університет "Львівська політехніка",

## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ У РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВІ СЕРВІСНО-ОРІЄНТОВАНОЇ АРХІТЕКТУРИ

© Климаш М.М., Демидов І.В., Селюченко М.О., Орлевич І.Д., 2013

М.М. Klymash, I.V. Demydov, M.O. Seliuchenko, I.D. Orlevych,  
Lviv Polytechnic National University

## QUALITY OF SERVICE GUARANTEE AND BUSINESS PROCESSES OPTIMIZATION IN DISTRIBUTED SYSTEMS BASED ON SERVICE-ORIENTED ARCHITECTURE

© Klymash M.M., Demydov I.V., Seliuchenko M.O., Orlevych I.D., 2013

Today more and more business processes are using different telecommunication and information technologies to facilitate and improve business efficiency. Each business process is organized as a sequence of components which cooperate together in order to achieve common goal. This goal is to provide high quality services for clients. The main component that is used for building such systems is web-service. Web-service is a component that encapsulates a set of functions that can be invoked remotely over the Internet. The request can be directed through different order of web-services depending on the business process's workflow. Each web-service on this route has different parameters of quality of service. That is why it is very important to ensure high quality of service for the whole route. One possible way is to change the route by using web-service which has better parameters of quality of service and provides the same functionality. For that purpose special routing algorithms have been created. These algorithms are implemented as a separate web-service which is called broker. Broker dynamically analyses quality of service parameters for all web-services that may be used to process the request and chooses the best one with the highest parameters of quality of service. But to ensure that a specific business process will flow with the highest efficiency and high cost profit, in this paper it is proposed to use the multivariate access method. This method uses the technology of adaptive migration of web-services and creates copy of the web-service that has been overloaded. As a result broker can use two instances of the same web-service to direct requests, and thus it can do dynamic load balancing. Such solution allows to the owner of the web-service to increase quality of service and get higher profit. This paper analyses the technology of web-services and parameters of quality of service of distributed systems for performing complex business processes. Here is proposed a way to increase quality of service for clients and optimize the business process using multivariate access method.

**Key words:** web-service, business process, method of multivariate access, quality of service (QoS).

Проаналізовано технологію веб-сервісів та параметрів якості обслуговування розподілених систем для реалізації складних бізнес-процесів. Запропоновано спосіб оптимізації бізнес-процесів та забезпечення якості обслуговування клієнтів за допомогою методу поліваріантного доступу.

**Ключові слова:** веб-сервіс, бізнес-процес, метод поліваріантного доступу, якість обслуговування (QoS).

### Вступ

Сучасні бізнес-процеси неодмінно передбачають використання Інтернету та інформаційних технологій. Бізнес все більше залежить від цих технологій, і з їхнім розвитком цей взаємозв'язок лише розширюється та поглиблюється. З'являються нові можливості щодо створення інноваційних

послуг та сервісів для користувачів. Спрощуються та оптимізуються процеси управління бізнесом, що в результаті дає змогу істотно знизити вартість послуг для кінцевих користувачів і разом з тим збільшити доходи від ведення бізнесу.

Будь-яка велика компанія має власну корпоративну мережу, яка з'єднує між собою комп'ютери, сервери, принтери, сканери тощо. Така мережа є закритою для зовнішньої мережі Інтернет. Це означає, що ніхто не може отримати доступ до її ресурсів, окрім працівників цієї компанії. На серверах корпоративної мережі встановлено програмне забезпечення, яке централізує управління мережею і дає змогу здійснювати контроль за всіма пристроями та користувачами, що працюють у мережі, реалізує зв'язок з базою даних для проведення автентифікації та авторизації користувачів. На межі між корпоративною мережею та мережею Інтернет встановлюють сервери для забезпечення доступу до корпоративної мережі з інших мереж. На цих серверах встановлюють спеціалізоване програмне забезпечення, яке відповідає за безпеку корпоративної мережі і дає змогу працівникам компанії без будь-яких проблем отримати доступ до ресурсів та інформації в корпоративній мережі з будь-якого місця і в будь-який час, навіть, якщо вони перебувають поза межами корпоративної мережі. У той же ж час програмне забезпечення на цих серверах блокує проходження несанкціонованого трафіку в корпоративну мережу або під'єднання до неї сторонніх користувачів з метою отримання доступу до секретної інформації компанії.

Технології та методи побудови фізичних мереж є стандартизовані, а тому не становлять значних проблем під час розгортання корпоративних мереж. Набагато складнішим процесом є розроблення програмного забезпечення, яке б реалізувало всю необхідну функціональність. Основною проблемою, що стала на шляху побудови розподіленої системи, є сильна залежність програмних компонентів системи від мови програмування, на якій їх реалізують, та платформи, для якої вони створюються. Проблему відсутності стандартизованих інтерфейсів для взаємодії між такими компонентами та методики управління розподіленою системою додатків тривалий час вирішували за допомогою різноманітних технологій, які хоч і давали певний результат, проте робили створення такої системи надто складним процесом, а експлуатацію – проблематичною. У результаті необхідно було витратити набагато більше коштів на підтримку нормального робочого стану такої системи. Сьогодні вирішення цієї проблеми отримало інший підхід, який реалізують за допомогою технології веб-сервісів.

### **Аналіз технології веб-сервісів**

Технологія веб-сервісів призвела до революції у створенні розподілених систем. Веб-сервіс – це функціональний компонент, можливості якого доступні для використання через Інтернет. Перевага веб-сервісів над іншими технологіями полягає в тому, що вони не прив'язані ні до однієї апаратної платформи, операційної системи чи мови програмування [1].

Для спілкування між собою веб-сервіси використовують текстові повідомлення на основі технології XML. Веб-сервіси дають змогу створювати складні апаратно розподілені програмні комплекси для розв'язання різнопланових задач, потребуючи від розробника мінімум часу та зусиль.

Веб-сервіс є компонентом сервісно-орієнтованої архітектури. Сервісно-орієнтована архітектура – це підхід до створення програм, який базується на використанні розподілених, слабо пов'язаних між собою компонентів, які взаємодіють один з одним за допомогою стандартизованих протоколів та інтерфейсів. Програмні комплекси такого виду, зазвичай, представлені набором веб-сервісів, що спілкуються між собою за допомогою протоколу SOAP. Цей протокол використовується для передавання повідомлень у форматі XML і може працювати поверх будь-яких протоколів прикладного рівня, наприклад: SMTP, FTP, HTTP, HTTPS тощо. Взаємодія SOAP з кожним з цих протоколів має свої особливості, проте, зазвичай, для комунікації використовується HTTP. Використання SOAP для передавання повідомлень збільшує їхній обсяг та зменшує швидкість обробки, а тому часто здійснюють пряме передавання XML-повідомлення за допомогою HTTP із заданими параметрами.

Адресація веб-сервісів забезпечується за допомогою текстового рядка у форматі URI. Ця адреса може бути отримана з реєстру веб-сервісів UDDI. Під час розгортання веб-сервісу вся необ-

хідна інформація про нього заноситься в UDDI. Ця інформація є описовою і використовується для знаходження сервісу та його адресації клієнтськими додатками.

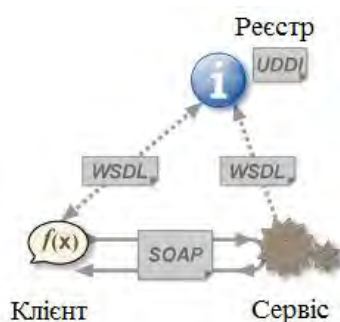


Рис. 1. Механізм публікації, пошуку та звертання до веб-сервісу

У випадку першого звертання до веб-сервісу клієнтська програма отримує від нього файл у форматі WSDL, що містить опис функцій, які може виконувати сервіс. На рис.1 відображено механізм публікації, пошуку та звертання до веб-сервісу.

Веб-сервіси є компонентами мережі Інтернет, і аналогічно до інших програмних додатків їхнім розробникам доводиться вирішувати певні проблеми, які постають під час проектування, розгортання та функціонування веб-сервісу, а саме: забезпечення замовленої якості сервісу для кожного клієнта індивідуально, продуктивність сервісу (ефективність використання апаратних ресурсів), стійкість до відмов та перевантаження, ефективність роботи сервісу. В умовах використання веб-сервісів за допомогою стільникового зв'язку нагальною постає ще й проблема обмеженої пропускну здатності, оскільки використання текстових повідомлень у форматі XML обумовлює значну надлишкову інформацію. Такі повідомлення в умовах переходу стільникових операторів до обслуговування мультисервісного трафіку можуть істотно впливати на ефективність функціонування всієї системи.

Ще одним з недоліків веб-сервісів є їхня швидкодія. Використання повідомлень у форматі XML значно впливає на швидкість роботи сервісу через процес аналізу такого повідомлення, який є тривалим та вимагає потужніших, ніж зазвичай, апаратних ресурсів. Саме на цьому етапі обслуговування клієнтських заявок дуже часто виникають перевантаження, оскільки повідомлення мають великий обсяг. Ускладнює ситуацію ще й використання у повідомленнях складних структур даних, зокрема таких, як масиви.

### Характеристика якості обслуговування веб-сервісами

Характеристики обслуговування заявок веб-сервісами мають відповідати певним вимогам, що дадуть змогу забезпечити задовільний рівень обслуговування запитів. Зазвичай, у випадку складних бізнес-процесів кількість веб-сервісів, які будуть задіяні в процесі обслуговування запиту, їхня різноманітність, цільове призначення та характеристики можуть по-різному впливати на якість обслуговування клієнта. Кожний веб-сервіс у процесі обслуговування може по-різному впливати на якість обслуговування конкретного запиту залежно від свого поточного завантаження, стану завантаження апаратних ресурсів сервера, продуктивності, ефективності та доступності необхідних ресурсів для виконання операцій. Отже, сумарний вплив всіх веб-сервісів на якість обслуговування запиту можна виразити формулою

$$QoS_s = \frac{\sum_{i=1}^n QoS_i}{n}, \quad (1)$$

де  $QoS_s$  – показник якості обслуговування запиту під час проходження по конкретному маршруту, що складається з визначеної наперед кількості веб-сервісів  $n$ ;  $QoS_i$  – показник середньої величини якості обслуговування на визначеному проміжку часу. Цю величину можна виразити такою залежністю:

$$QoS_i = \frac{\sum_{j=1}^m QoS_j(t)}{m}, \quad t \in (t_1; t_2), \quad (2)$$

де  $QoS_j(t)$  – якість обслуговування конкретного запиту, який надійшов на обслуговування на  $i$ -й веб-сервіс у момент часу  $t$ , що належить проміжку часу від  $t_1$  до  $t_2$ .

Під час аналізу якості обслуговування запиту для кожного можливого маршруту можна спостерігати той факт, що якість обслуговування для кожного з них є різною. Отже, постає питання про вибір оптимального маршруту для спрямування запиту. Цією проблемою займаються багато науковців, які вже мають серйозні напрацювання у її вирішенні. Розроблені алгоритми та механізми вибору оптимального маршруту дають змогу збалансувати навантаження та забезпечити ефективніше функціонування системи разом з підвищенням прибутку.

Алгоритми знаходження оптимального шляху для скерування запитів можуть динамічно вибирати в процесі обслуговування той чи інший веб-сервіс на певному етапі проходження маршруту. Більшість алгоритмів реалізується за допомогою спеціального веб-сервісу або брокера. Брокер здійснює моніторинг стану завантаження всіх веб-сервісів і таким чином визначає оптимальні шляхи для проходження тих чи інших запитів з певним пріоритетом. Як і в кожній інформаційній технології, бажання здійснити пріоритезацію для підвищення якості обслуговування через деякий час призводить до збільшення кількості користувачів з вищим пріоритетом до такого рівня, що зумовлює повторне виникнення проблеми перевантаження для користувачів з вищим пріоритетом та необхідності глибшої пріоритезації. Подальше збільшення абонентів лише погіршить ситуацію.

### Забезпечення якості обслуговування веб-сервісів за допомогою методу поліваріантного доступу

Нехай маємо розподілену систему, яка реалізує три бізнес-процеси, що описують найпростіший онлайн-магазин. Реалізація цих бізнес-процесів здійснюється частково за допомогою одних і тих самих веб-сервісів. Граф маршрутів проходження запитів між веб-сервісами для трьох бізнес-процесів відображено на рис. 2.

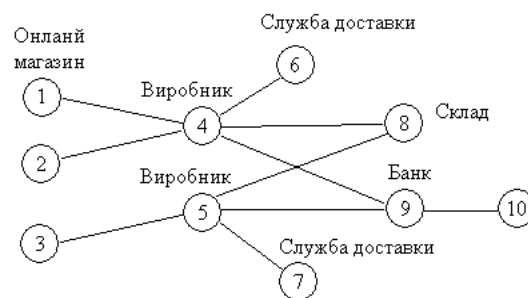


Рис. 2. Граф маршрутів проходження запитів для трьох бізнес-процесів

На графі позначено три онлайн-магазини – 1, 2 та 3. Веб-сервіси магазинів 1 і 2 співпрацюють з виробником товарів 4, а веб-сервіс магазину 3 співпрацює з виробником товарів 5. Обидва виробники зберігають вироблений товар на складі 8. Доступ до інформації про кількість та наявність товару на складі того чи іншого виробника надає веб-сервіс 8. Виробники товарів користуються різними службами доставки, які мають власні веб-сервіси (6 та 7) для опрацювання запитів. Виробник 4 встановив нижчу вартість товару, ніж виробник 5 за рахунок зменшення витрат на виробництво та використання послуг служби доставки 6, які є дешевшими, ніж у служби доставки 7. Крім того, якість обслуговування в цього виробника вища, у результаті чого йому вдалося здобути більшу частину ринку продажів. Більшість онлайн-магазинів використовують сервіси виробника 4 для здійснення продажів та отримання вищого прибутку.

Перший бізнес-процес передбачає надходження запиту від клієнта до онлайн-магазину 1. Після автентифікації та авторизації онлайн-магазин здійснює запит до веб-сервісу виробника 4, отримує список товарів, що пропонуються виробником, та їхні характеристики, і відсилає цей список користувачу. Клієнт визначився з необхідним йому товаром і, вибравши опцію «Купити», відіслав запит до онлайн-магазину. Магазин переслав відповідний запит про замовлений клієнтом товар до виробника 4. Виробник, пересвідчившись, що замовлений товар є на складі, та отримавши інформацію від служби доставки 6 про вартість доставки, відсилає остаточну інформацію, в якій зазначена кінцева вартість товару, до онлайн-магазину. Після цього клієнт здійснює процедуру оплати за товар в одному з банків за допомогою сервісу онлайн-банкінгу, який реалізується веб-сервісами 9 та 10. За такими самими схемами працюють бізнес-процеси 2 та 3. Пороте, на відміну від першого та другого магазинів, третій онлайн-магазин користується сервісами виробника 5.

Зазвичай, апаратних та програмних ресурсів веб-сервісу виробника 4 достатньо для забезпечення прийняттого рівня обслуговування для всіх запитів. Проте внаслідок очевидних переваг, все більше магазинів починають використовувати сервіс виробника 4. Більше того, на ринку з'явився новий товар, який бажає отримати значна частина користувачів. У результаті стрімкого збільшення попиту кількість запитів, що обробляються веб-сервісом, також значно збільшилася, а якість обслуговування почала погіршуватися. У багатьох онлайн-магазинів є домовленості з декількома виробниками товарів про користування їхніми послугами, що дає їм змогу вибирати між сервісом того чи іншого виробника. Відповідно до алгоритмів вибору оптимального шляху проходження запиту частина запитів з онлайн-магазинів 1 та 2 може бути перескерована до веб-сервісу виробника 5. Оскільки веб-сервіс виробника 5 не є настільки завантаженим, то це дасть йому змогу отримати більший дохід від збільшення кількості користувачів, знизити вартість товару та підвищити лояльність клієнтів до себе.

Для виробника 4 така ситуація призведе до значних фінансових втрат та погіршення його становища на ринку. Вирішенням цієї проблеми для виробника 4 є використання методу поліваріантного доступу [2]. Цей метод використовує спеціальний сервіс для моніторингу стану веб-сервісів та завантаження апаратних ресурсів пристроїв, на яких ці веб-сервіси встановлено. У разі перевантаження одного з веб-сервісів метод поліваріантного доступу приймає рішення про створення ще однієї копії перевантаженого веб-сервісу на додатковому обслуговуючому пристрої. Копіювання веб-сервісу здійснюється за допомогою технології адаптивної міграції веб-сервісів. Метод поліваріантного доступу можна застосовувати за допомогою брокера, який реалізує алгоритми маршрутизації запитів по шляхах за оптимальним критерієм рівня якості обслуговування. У разі застосування методу поліваріантного доступу топологія графу логічних зв'язків між веб-сервісами для описаної вище моделі зміниться, що відображено на рис. 3.



Рис. 3. Граф маршрутів проходження запитів для трьох бізнес-процесів після застосування методу поліваріантного доступу

Завдяки застосуванню брокером методу поліваріантного доступу утворилися два ідентичних веб-сервіси: 4 та 4'. Вони розташовані на різних серверах і обслуговують всі запити, які надіслані до виробника 4. Брокер, застосовуючи алгоритми маршрутизації запитів, здійснює балансування

навантаження між цими веб-сервісами. Виробник 4, у такому разі, хоч і змушений використовувати додаткові апаратні ресурси, за які йому потрібно додатково платити, проте зможе зберегти лояльність клієнтів та забезпечити відповідну якість обслуговування, утримавши та навіть покращивши свою позицію на ринку. Додаткові витрати на оренду апаратних ресурсів ще одного сервера без проблем покриваються за рахунок істотного зростання доходів від продажів.

### **Висновки**

Сучасні бізнес-процеси характеризуються широким використанням інформаційних технологій. Для їхньої реалізації використовують різноманітні програмні та апаратні рішення. Основним компонентом при побудові цифрових систем обслуговування є веб-сервіс. Завдяки своїй простоті, швидкості створення та незалежності від платформи і мови реалізації веб-сервіси можуть реалізувати складні бізнес-процеси, в яких беруть участь багато різних представників: як компанії, так і клієнти. У процесі інтенсивного розвитку електронної комерції розподілені системи на основі веб-сервісів доцільно створювати відповідно до сервісно-орієнтованої архітектури. При великій кількості веб-сервісів, які беруть участь в обслуговуванні клієнта, постає питання забезпечення якості обслуговування клієнта. Для підтримання належного рівня якості обслуговування використовується брокер, який забезпечує маршрутизацію запитів, вибираючи оптимальний шлях за критерієм найвищого рівня якості обслуговування.

У роботі запропоновано використовувати метод поліваріантного доступу для збільшення пропускної здатності веб-сервісу, що стає можливим завдяки створенню його копії. Використовуючи метод поліваріантного доступу, брокер за допомогою алгоритмів маршрутизації зможе здійснювати динамічне балансування навантаження та підтримувати якість обслуговування клієнтів на високому рівні. Як результат, власник веб-сервісу забезпечить високий рівень якості обслуговування, підвищить ефективність системи, збереже своїх клієнтів і посилить свою позицію на ринку.

1. *Aramudhan M. and Rhymend V. Uthaiaraj: "A Study on Enhancing QoS Through Dynamic Service Prioritization in Web Services". Asian Journal of Information Technology 4 (10): 954-956, 2005.*  
2. *Klymash M.M., Seliuchenko M.O. Efficiency optimization of distributed systems using mechanism of "multivariate access", Proceedings of international conference CADSM'2013, Ukraine.*  
3. *Holger Schmidt, Rudiger Kapitza, Franz J. Hauck, and Hans P. Reiser: "Adaptive Web Service Migration", Institute of Distributed Systems, Ulm University, Germany.*