

ОПРАЦЮВАННЯ СИГНАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СУЧАСНИХ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

© Наконечний А. Й., Пазан Р. Г., 2015

Описано структуру, особливості та принципи побудови хмарних обчислень на основі таких моделей, як: Saas – програмне забезпечення як послуга, Paas – платформа як послуга, Iaas – інфраструктура як послуга. Запропоновано опрацювати сигнали за допомогою малохвильового (вейвлет) перетворення на основі хмарних обчислень.

Ключові слова: Saas, Paas, Iaas, малохвильове перетворення.

The article describes the structure, characteristics and principles of cloud computing based models such as: Saas – Software as a Service, Paas - platform as a service, Iaas - infrastructure as a service. It was proposed to use processing of signals using wavelet transform based on cloud computing.

Key words: Saas, Paas, Iaas, wavelet transform.

Вступ

Для успішного проведення складних математичних обчислень, які використовуються в процесі обробки сигналів у сучасних інформаційних системах, потужностей одного або декількох комп’ютерів, звичайно, недостатньо. Широкий спектр існуючих задач опрацювання сигналів вимагає об’ємного сучасного програмного та апаратного забезпечення, а також значних фінансових затрат. З огляду на це для розв’язання поставлених задач доцільно використовувати вже відомі розроблені сучасні технології, зокрема так звані хмарні технології. До хмарних технологій (англ. “cloud technology”) належать такі технології обробки даних, в яких комп’ютерні ресурси і потужності надаються користувачеві як інтернет-сервіс, тобто робочий майданчик на віддаленому сервері. Дослівний переклад слова “cloud” – “хмара”, однак це слово перекладається як “розсіяний, розподілений”. Тож хмарні технології є “розподіленими технологіями”, тобто опрацюють дані не на одному стаціонарному комп’ютері, а розподіляють їх по комп’ютерах, які під’єднані до Internet. Отже, хмарні обчислення – це новий підхід до організації обчислювального процесу, що передбачає розподілену віддалену обробку та зберігання даних. Зрозуміло, що для пересічного користувача хмарні технології не завжди є чимось особливо необхідним, однак для об’ємних наукових та прикладних досліджень хмарні технології мають важливе значення, відповідно напрямків їх застосування може бути безліч, до яких насамперед належать подання багатовимірних сигналів у різних областях перетворення, їх подальша компресія, а також виконання усяких оптимізаційних алгоритмів і т.д. З огляду на це певне зацікавлення, у споживачів викликає можливість опрацювання сигналів з допомогою хмарних технологій.

1. Структура хмарних обчислень

Узагальнена структура хмарних обчислень основана на формуванні таких необхідних складових, а саме: хмарного провайдера, хмарного брокера, хмарного оператора зв’язку, хмарного аудитора та хмарного провайдера (рис. 1).

Хмарний провайдер повинен забезпечувати розгортання сервісів, їх оркестрацію, сервісний менеджмент та безпеку.

У процесі **розгортання сервісів** хмарна система може функціонувати в одній з чотирьох моделей. *Приватна хмара* (private cloud) забезпечує інфраструктуру для обслуговування однієї організації і може управлятися самою організацією або третьою стороною, при цьому може існувати на боці як споживача, так і зовнішнього провайдера. *Спільна хмара* – це інфраструктура, що використовується спільно кількома організаціями та підтримує обмежене співтовариство і поділяє загальні принципи. Така хмарна інфраструктура може управлятися самими організаціями або третьою стороною і може бути розташована на боці як споживача, так і зовнішнього провайдера. *Публічна (відкрита) хмара* забезпечує загальнодоступну інфраструктуру або доступну для великого числа споживачів, які не пов'язані загальними інтересами, але, наприклад, належать до однієї області діяльності. Така інфраструктура існує переважно в організаціях, що продають відповідні хмарні послуги або надають хмарні сервіси. *Гібридна хмара* є композицією двох і більше хмар (приватних, спільних або публічних), що залишаються унікальними за суттю, але об'єднаними разом стандартними технологіями, що забезпечують, наприклад, пакетне передавання даних між хмарами.



Рис. 1. Узагальнена структура хмарних обчислень

Оркестрація сервісів передбачає можливість проведення систематизації, координації та управління хмарною інфраструктурою, яка призначена для надання різних хмарних послуг, що забезпечують узгодження різних ІТ-вимог. Узагальнене хмарне середовище містить три концептуальні рівні: рівень сервісу, що визначає базові сервіси, які надаються хмарним провайдером; рівень абстракції і контролю ресурсів, що визначає елементи програмного забезпечення, такі як гіпервізор, віртуальні середовища даних і підтримує програмні компоненти, які використовуються для реалізації хмарної інфраструктури, поверх якої може бути встановлений хмарний сервіс, рівень фізичних ресурсів, що містить комп'ютерне обладнання і інженерну інфраструктуру.

Сервіс-менеджмент включає усі пов'язані із сервісом функції, необхідні для управління та функціонування сервісів, які необхідні або пропоновані хмарним споживачам. Хмарний провайдер виконує ці функції для підтримання управління хмарними сервісами і забезпечує підтримання бізнесу, конфігурацію і портативність.

Забезпечення *безпеки* провайдером передбачає аутентифікацію і авторизацію хмарних споживачів з використанням попередньо створеного мандата доступу. Одночасно повинна забезпечуватись конфіденційність, виявлення і моніторинг віртуальних ресурсів, моніторинг функціонування хмари та генерація звітів про продуктивність. Крім того, хмарний провайдер має забезпечувати моніторинг безпеки та обробку інцидентів, а також управління політикою безпеки.

Хмарний брокер забезпечує виконання управлінських функцій використанням, продуктивністю та наданням хмарних послуг, а також встановлює відносини між хмарними провайдерами і хмарними споживачами. Впродовж еволюції хмарних обчислень інтеграція хмарних сервісів може виявитися для хмарних споживачів занадто складною в управлінні. Серед основних послуг, які надає хмарний брокер: *сервісне посередництво*, яке передбачає розширення заданого сервісу, покращуючи його окремі можливості і надаючи додаткові сервіси хмарним споживачам; *об'єднання сервісів*, яке передбачає комбінування й інтегрування сервісів в один і більше сервісів та інтегрування даних і їх безпечно перенесення між хмарними споживачами і хмарними провайдерами; *арбітраж сервісів*, аналогічний до об'єднання сервісів, який однак відрізняється тим, що об'єднані послуги при цьому не модифікуються і хмарному брокеру забезпечується гнучкий і вигідний вибір сервісів, наприклад, може формуватися якнайкращий портфель сервісів для пропозиції хмарним споживачам.

Хмарний оператор зв'язку є посередником, який надає послуги підключення та транспорту (зв'язку) хмарних послуг між хмарними провайдерами та хмарними споживачами. Хмарний оператор зв'язку повинен надавати хмарним споживачам доступ до хмарних послуг через мережеві, телекомунікаційні та інші пристрої доступу. Хмарний провайдер повинен укласти із хмарним оператором зв'язку угоду про рівень обслуговування з метою забезпечення відповідного рівня сервісу. В загальному випадку до хмарного оператора зв'язку можуть ставитися вимоги щодо надання виділеного і захищеного з'єднання.

Хмарний аудитор повинен здійснювати незалежне оцінювання хмарних послуг обслуговування інформаційних систем, а також продуктивності і безпеки реалізації хмари. Аудитор повинен формувати контрактні положення, оцінювати сервіси, що надаються хмарним провайдером, з погляду контролю безпеки, забезпечення продуктивності та дотримання приватності.

Хмарний споживач – особа або організація, що підтримує бізнес-відносини і використовує послуги хмарних провайдерів. До найпопулярніших моделей хмарних обчислень сьогодні належать Saas (Software as a Service), Paas (Platform as a Service) і Iaas (Infrastructure as a Service).

2. Моделі сучасних хмарних обчислень

Модель типу Saas надає послуги з програмного забезпечення, які надаються Saas провайдером, і забезпечує централізоване постачання програмних продуктів на об'єкти, їх модернізацію та технічне обслуговування. Причому провайдер Saas може забезпечувати такі послуги безлічі користувачів і організацій, ціни для яких переважно залежать від кількості користувачів і, як правило, не дуже високі. Важливо, що споживачеві немає необхідності отримувати ліцензії на програмні продукти, оскільки він забезпечується ними через веб-сервіс від провайдера через мережеве підключення. Постачальником програмних продуктів моделі Saas можна назвати, наприклад, компанію Salesforce.com.

На відміну від надання фіксованих функцій, які пропонуються Saas, модель типу Paas забезпечує додатково програмну платформу, за допомогою якої користувачі можуть створювати свої власні продукти і розміщувати їх на інфраструктурі провайдера. Така платформа використовується як базис для створення і налагодження власних продуктів і може забезпечувати й інші послуги, наприклад, створення баз даних. Отже, перевага хмарної моделі Paas полягає в тому, що в ній не обмежується базова платформа, тобто розміри апаратного і програмного забезпечення. Однак моделі такого типу, які пропонуються постачальниками, наприклад Google, вимагають використання власних інтерфейсів і відповідних мов програмування, що приводить до певних обмежень. Своєю чергою, моделі Paas порівняно із Saas забезпечують високий ступінь контрольованості користувача.

Модель типу IaaS має найрозвиненішу інфраструктуру послуг через наявність служб гнучких хмарних обчислень і пропонує користувачу широку обчислювальну та мережеву інфраструктуру та надає можливість завантаження власного програмного забезпечення, зокрема і операційних систем, і різних додатків. Така модель дає змогу орендувати сервери з певною швидкістю процесора та об'ємом пам'яті разом із операційною системою. Одночасно модель IaaS забезпечує найбільший ступінь контролю. Тобто, така модель дає змогу організовувати міні-обчислювальні центри обробки даних, які налаштовані на виконання поставлених задач.

Одночасно модель IaaS забезпечує найгнучкіше розв'язання поставленої задачі, дозволяє оптимізувати обчислювальний процес. У контексті еволюції обчислювальної техніки концепція хмарних обчислень є новим етапом розвитку багатокористувацьких термінальних систем.

Сьогодні в середовищі хмарних технологій існує низка задач, які потребують першочергового вирішення, зокрема:

- розроблення ефективного управління хмарними системами для повноцінної реалізації поставлених задач;
- розроблення класифікації хмарних обчислень та впровадження універсальних засобів для їх реалізації;
- забезпечення тісної інтеграції усіх компонентів системи для покращення якісних характеристик хмарної системи;
- розвиток моделі IaaS у напрямку розширення серверної інфраструктури та сервісних послуг.

Сьогодні більшість середовищ хмарних обчислень розроблені такими відомими виробниками, як: Amazon Web Services (Amazon), IBM SmartCloud (IBM), SoftLayer IaaS (IBM), Azure Virtual Machines (Microsoft), Google Compute Engine (Google), HP Cloud (Hewlett Packard), EMC (EMC Corporation) (рис.2), які перетворили власні центри обробки даних на динамічне ІТ-середовище. Послугами моделі типу IaaS широко користуються в США. В Україні компанія De Novo почала надавати хмарну інфраструктуру для корпоративних клієнтів на базі рішень компаній VMware, EMC, Microsoft. На базі найбільшого українського центру "ВОЛЯ" побудовано хмарну ІТ-інфраструктуру VoliaCLOUD від компанії VMware, яка налічує понад 500 віртуальних центрів.

3. Архітектура хмарних обчислень IaaS

Середовище хмарного хостингу моделі IaaS ділять на дві основні частини:

- віртуальні сервери, на яких розміщено додатки і веб-сайти;
- фізичні хости, які управляють віртуальними серверами.

Віртуалізація – це взаємодія між хостом і віртуальним сервером; такий спосіб віртуалізації має високу гнучкість і масштабованість як значні переваги хмарного хостингу.

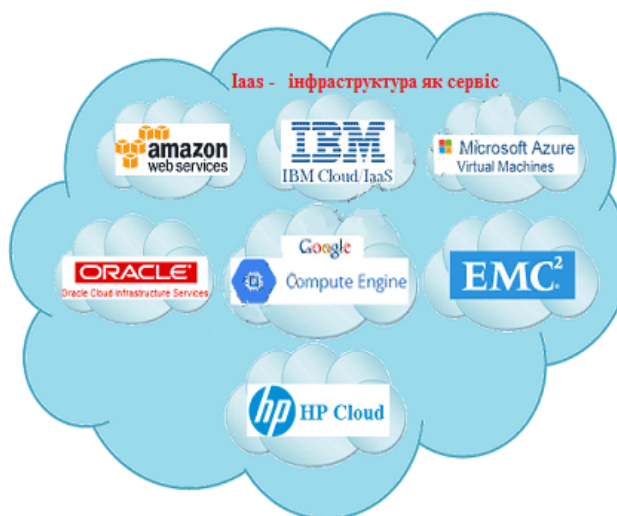


Рис. 2. Основні виробники хмарних технологій моделі IaaS

Сьогодні найпоширенішою формою хмарного хостингу є віртуальні виділені сервери (англ. Virtual private server, або VPS). VPS – це віртуальний сервер, який емулює роботу фізичного комп'ютера із власною операційною системою. Віртуальні сервери використовують виділені їм ресурси фізичної машини, а їх програмне забезпечення повністю ізольоване, тому ніяк не впливає на “сусідні” VPS. Віртуальні сервери розгортаються і управляються гіпервізором фізичного хоста. Кожен віртуальний сервер має встановлену гіпервізором операційну систему, яка є основою для встановлення інших програм. Загалом віртуальний сервер ідентичний виділеному фізичному серверу, хоча його продуктивність іноді може бути дещо нижчою через спільне використання фізичних ресурсів з іншими серверами.

Ресурси віртуального сервера виділяються фізичним сервером, на якому він розміщений. Хост використовує програмний шар, який називається гіпервізором, для розгортання та управління віртуальними виділеними серверами, а також для надання їм ресурсів, які знаходяться під його контролем. Поняття “гіпервізор”, як правило, використовують для позначення фізичних хостів, на яких встановлені гіпервізори (і підконтрольні їм віртуальні сервери). На рис. 3 наведено узагальнену структуру організації віртуальних серверів.



Рис. 3. Узагальнена структура організації віртуальних серверів

Отже, при підключенні віртуального виділеного сервера хост відповідає за виділення для цього сервера пам'яті, процесорних ядер і мережевого підключення. До обов'язків гіпервізора входить планування процесів між віртуальними та фізичними ядрами, оскільки одне і те саме фізичне ядро може використовуватися декількома віртуальними серверами одночасно. Одним з ключових відмінностей між різними гіпервізорами є метод планування процесів.

Якщо вузли рис. 3 розмножити у фізичній мережі зі спільним доступом до пристрою зберігання даних та організувати управління усією цією інфраструктурою, забезпечити кешування і фільтрацію, то отримуємо віртуальну інфраструктуру, яка може бути іменована хмарою. Таку інфраструктуру хмарних обчислень наведено на рис. 4. Роботу віртуальних серверів можна розподіляти (навіть динамічно) між вузлами залежно від їх індивідуальної завантаженості.

Сьогодні існує декілька видів гіпервізорів для хмарних хостів. Незважаючи на деякі ключові відмінності, усі вони надають інструменти, які необхідні хосту для розгортання, підтримки, переміщення і видалення віртуальних серверів.

Гіпервізор KVM (скорочення від Kernel-Based Virtual Machine) – це інфраструктура віртуалізації, вбудована в ядро Linux. При активації KVM машина Linux перетворюється на гіпервізор, що дає змогу почати розміщення віртуальних серверів. При використанні KVM не потрібно створювати або емулювати ядра, які використовуються для віртуального хостингу, що значно спрощує процес розгортання.

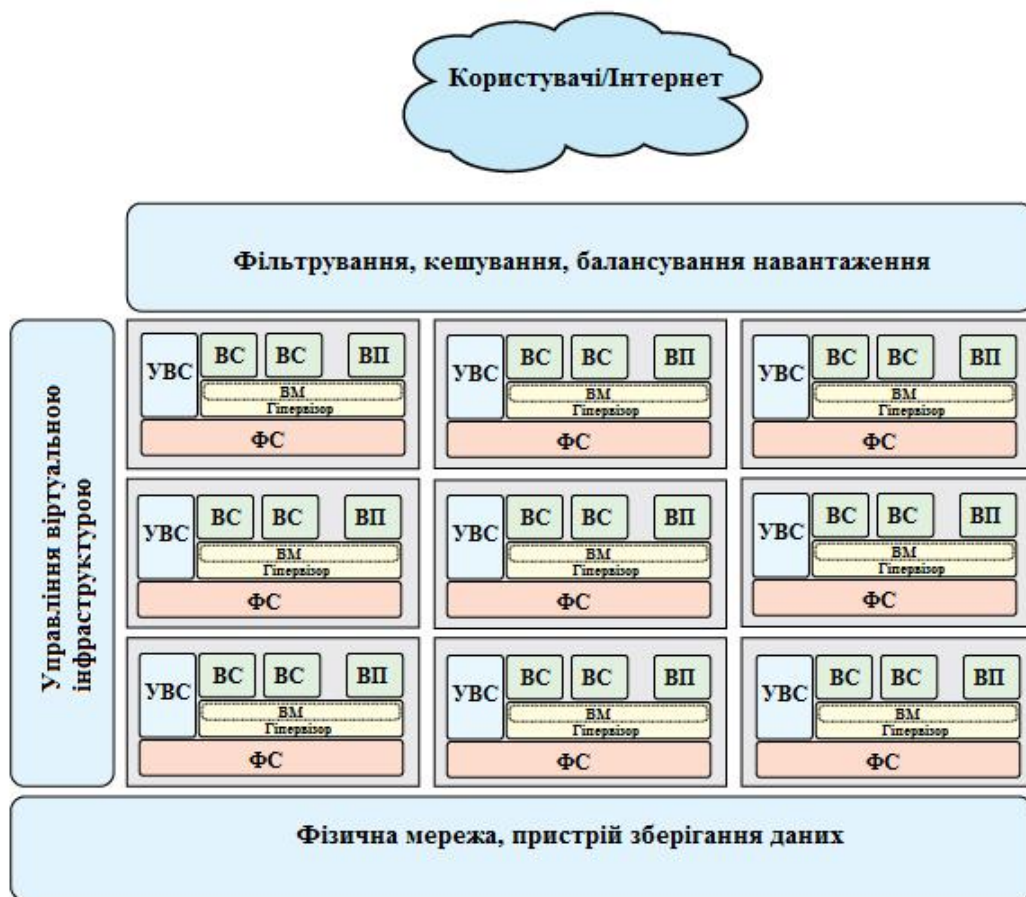


Рис. 4. Інфраструктура хмарних обчислень

Гіпервізор Xen – один з найпоширеніших сьогодні гіпервізорів. На відміну від KVM, Xen використовує мікроядро, яке надає усі необхідні для підтримки віртуальних серверів інструменти без необхідності вносити зміни в ядро хоста. Xen підтримує два різні методи віртуалізації:

- паровіртуалізація (усуває необхідність емулювати апаратні засоби, але вимагає внесення певних змін до операційної системи віртуальних серверів);
- віртуалізація з апаратною підтримкою (використовує спеціальні апаратні засоби для ефективної емуляції віртуального сервера, що усуває необхідність змінювати операційні системи).

Гіпервізор ESXi – це автономний гіпервізор корпоративного рівня, що надається VMware. Особливістю ESXi є те, що він не вимагає основної операційної системи хоста. Гіпервізор ESXi надзвичайно продуктивний завдяки відсутності “посередників” між апаратними засобами і віртуальними серверами. ESXi не потребує попередньо встановленої на хост операційної системи, оскільки діє як ОС.

Гіпервізор Hyper-V – один з найпопулярніших способів віртуалізації серверів Windows, доступний як системний сервіс. Hyper-V переважно вибирають розробники, що працюють у середовищі Windows. Гіпервізор Hyper-V включений в Windows Server 2008 і 2012, а також доступний як автономний сервер (без необхідності встановлення Windows Server).

4. Особливості побудови IaaS

Результати аналізу хмарних технологій підтверджують, що найбільш прийнятною і ефективною структурою для опрацювання одно- та багатовимірних сигналів є та, яка відповідає моделі IaaS. На рис. 5 наведено можливу узагальнену структуру хмарних обчислень у середовищі IaaS. Загалом така структура складається з трьох основних частин: сервісних центрів обробки даних (провайдерів), які є зовнішніми для користувачів і відомі як публічні хмари; хмарних користувачів

або внутрішніх хмар (приватних хмар), до складу яких можуть входити компанії, підприємства та навіть приватні особи; інфраструктури і управління цими хмарами. На базі фізичної інфраструктури центрів обробки даних провайдер створює віртуальну інфраструктуру, яку надає користувачам як сервіс. Засоби віртуалізації дають змогу перетворити фізичну інфраструктуру таких центрів на віртуальну і створити перший шар хмарних послуг – IaaS.

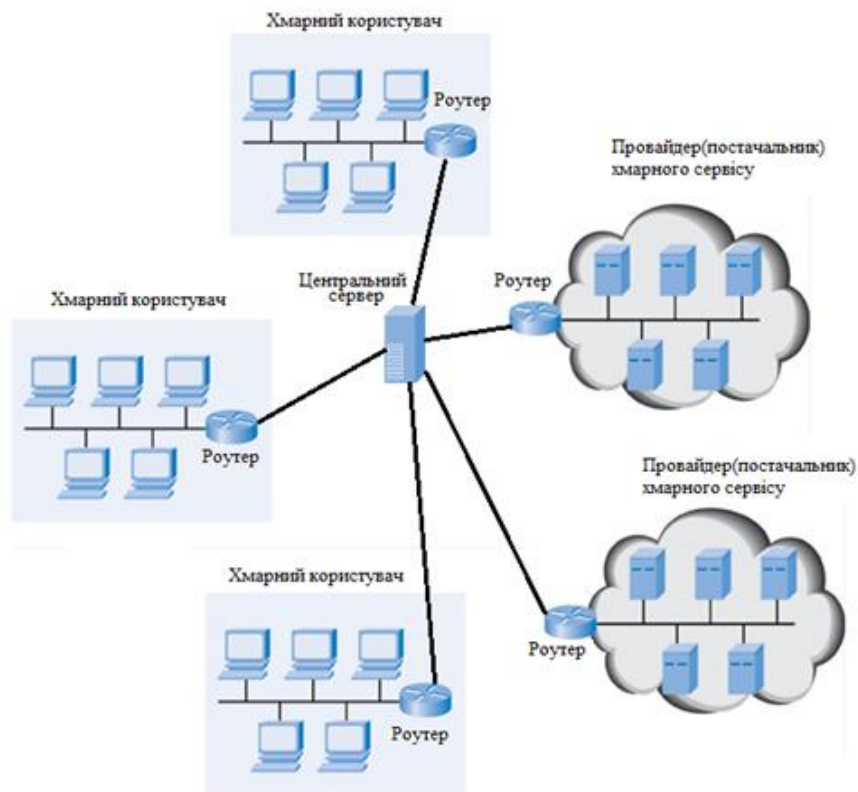


Рис. 5. Узагальнена структура хмарних обчислень у середовищі IaaS

Організація внутрішньої хмари належить до хмарних послуг, що надаються IT-відділу підприємств із власних центрів обробки цих компаній. Такий підхід може видаватися дещо нелогічним, оскільки публічні хмари є доступними, і компанії можуть використовувати хмарні сервіси для своїх внутрішніх користувачів. Організація внутрішньої хмари деякою мірою скасовує переваги гнучкості і масштабованості, переміщуючи цю послугу всередину підприємства. Однак внутрішня модель хмарних послуг є дуже корисною для підприємств, оскільки гарантує контроль і безпеку інформації, яка надходить від зовнішнього постачальника хмарних послуг. Важливою перевагою наявності внутрішніх хмар є обслуговування власного сервера за допомогою віртуалізації і опрацювання внутрішніх потоків даних з меншими енергетичними та інфраструктурними затратами в загальному хмарному обчислювальному середовищі. Технологія віртуалізації ресурсів дає змогу фізичне устаткування (сервери, бази даних, мережі передавання даних) поділити між користувачами на кілька частин, які вони використовують для виконання поточних завдань. Наприклад, на одному фізичному сервері можна запустити сотні віртуальних серверів, а користувачеві для вирішення завдань виділити час доступу до них. Реалізувати віртуалізацію можна як на програмному, так і на апаратному рівнях. Переважно IaaS надається в оренду корпоративним користувачам. Тобто користувачі отримують інтегровані ресурси для створення власної обчислювальної інфраструктури. У цьому випадку користувач повинен сам встановити і налаштувати OS і необхідні програми для виконання виробничих завдань або для розроблення додатків. За концепцією IaaS користувач купує лише ті обчислювальні потужності, які необхідні йому для виконання конкретних завдань. До складу додаткових послуг IaaS може входити під'єднання будь-якого фізичного обладнання користувача до хмарної платформи і його розміщення в мережі центрів обробки даних.

Інфраструктура управління хмарами – це розподілене багатоядерне середовище керування (частково аналог кіберфізичної системи). У цьому випадку система управління має мережу з комутаційним середовищем, реалізованим на основі потужного спеціалізованого сервера, із функціями комутатора. Хмарне середовище управління не накладає жодних обмежень на кількість використовуваних пристроїв, які можуть резервуватися в необмеженій кількості. Таке середовище дає розробнику вищий ступінь свободи і забезпечує можливість створення різноманітних систем керування, наділяючи їх властивостями, важливими для великих відповідальних технологічних об'єктів. Описаний спосіб організації систем керування має багато переваг. Наприклад, дані будь-якого модуля користувача стають доступними для будь-якого пристрою обробки.

Отже, крім віртуалізації для створення IaaS використовують автоматичне управління, яке забезпечує динамічний розподіл ресурсів без участі персоналу постачальника послуг, тобто система автоматично може додавати або зменшувати кількість віртуальних серверів, дисковий простір для зберігання даних або змінювати мережеву пропускну здатність каналів зв'язку. Віртуалізація та автоматичне управління забезпечують ефективне використання обчислювальних ресурсів і зниження вартості оренди хмарної послуги IaaS.

5. Використання хмарних технологій для опрацювання сигналів

На сучасному етапі розвитку систем опрацювання даних широко застосовуються методи, які використовують різні області подання сигналів. Саме від них істотно залежать ефективність аналізу і оброблення самих сигналів, покращання ряду характеристик і отримання детальнішої інформації про сигнал. До таких областей належать: часова область, частотна область – Фур'є, область косинусного та синусного представлень, короткочасова область Фур'є (за Габором), область гільбертового представлення та ін. На їх основі будуються алгоритми кореляційного аналізу, фільтрації, кодування сигналів та зображень, а також алгоритми зворотних відтворень.

Характеристики низки сучасних систем суттєво погіршуються у випадку перетворення і опрацювання ними неперіодичних сигналів – як швидкоплинних, перехідних, так і повільних з високим вмістом різного типу завад. Крім того, використання існуючих методів подання стримується складністю математичних моделей та алгоритмів їх реалізації, зменшенням рівня чутливості інформативних параметрів, швидкодії та високою вартістю розробок. Радикальним шляхом підвищення ефективності таких систем є розроблення нових методів подання та технологій для їх реалізації, які б повніше інтерпретували вхідні сигнали і базувалися на одночасній локалізації сигналів у різних областях. Моделі перетворень, які створюватимуться на їх основі, не повинні бути складними і мають враховувати особливості архітектури обчислювальних засобів. Тому на сучасному етапі розвитку теорії швидких алгоритмів перетворення і оброблення сигналів спостерігається велике зацікавлення різними новими типами подання інформації, методами її перетворень, технологіями реалізації, які ґрунтуються на їх основі. Зокрема як альтернативу до дискретного перетворення Фур'є використовують короткочасове перетворення Фур'є за Габором, різні спеціальні випадки швидкого перетворення Фур'є, різні варіанти косинусного та синусного перетворень, алгоритми швидкого перетворення Хартлі та ін.

Відомі окремі спеціальні підходи до побудови зазначених засобів опрацювання сигналів зменшують кількість обчислень, однак потребують більшої апріорної інформації про вхідні сигнали і значного збільшення кількості алгоритмів і часових затрат на апаратну реалізацію, особливо за наявності широкого спектра завад.

Суттєвим недоліком відомих методів подання сигналів є те, що вони локалізують їх лише в одній із областей, що приводить, з одного боку, до їх надлишковості, а з іншого – до втрати інформативних даних про сигнал. Такий підхід ускладнює математичні моделі, структуру і реалізацію алгоритмів перетворення та оброблення сигналів на їх основі.

Отже, існує наукова проблема, яка полягає в необхідності розроблення нових підходів до подання сигналів, створення на їх основі математичних моделей та алгоритмів перетворення і ефективних технологій цифрового оброблення даних, які можна практично застосовувати для розв'язання широкого кола прикладних задач.

Розроблення теорії і технології подання та опрацювання сигналів у часо-частотній області має особливе значення для розвитку науки і виробництва в Україні. Прикладом може бути розв'язання проблеми цифрового фільтрування та компресії зображень та аудіосигналів, які є обов'язковими елементами усіх існуючих систем збереження та передавання баз даних, зображень і аудіосигналів.

Використання часо-частотного перетворення відкриває широкі можливості для фільтрування сигналів, нанесення цифрових підписів, захисту інформації у фінансовій та банківській справі.

Однак необхідно зазначити, що ефективність подання і опрацювання неперіодичних, швидкоплинних, широкосмугових сигналів, зокрема сигналів зображень та відео у часо-частотній, вейвлет області вимагає великих обчислювальних затрат, а також швидкодії обчислень. Точність їх апроксимації у вейвлет області залежить від оптимального вибору базових функцій і кількості рівнів перетворення. З огляду на це використання хмарних технологій для перетворення і опрацювання таких сигналів у реальному часі є особливо бажаним та своєчасним. Забезпечення ефективного фільтрування та компресії сигналів, представлених у вейвлет області є цілком реальною і вирішуваною задачею. Отже, комплексний підхід до розв'язання таких задач, а саме представлення та опрацювання неперіодичних, широкосмугових сигналів у часо-частотній області, з одного боку, і використання для їх реалізації сучасних хмарних технологій – з іншого, може забезпечити найефективніше розв'язання задач, поставлених споживачем.

Висновки

На основі наведеного аналізу показано новий підхід до організації обчислювального процесу, що передбачає розподілену віддалену обробку та зберігання даних, які відбуваються в процесі об'ємних наукових та прикладних досліджень у сучасних інформаційних системах. Переваги використання таких технологій: суттєва економія апаратних та програмних ресурсів, висока швидкодія опрацювання, використання сучасних передових технологій.

Зазначено доцільність використання хмарних обчислень для опрацювання одно- та багатовимірних сигналів у різних областях перетворення. Обґрунтовано можливість досягнення високої ефективності опрацювання сигналів у процесі одночасного використання малохвильового перетворення та хмарних технологій обчислення.

1. Монахов Д. Н. *Облачные Технологии. Теория и практика* / Д. Н. Монахов, Н. В. Монахов, Г. Б. Прончев, Д. А. Кузьменков. – М.: *Издательство МАКС Пресс*, МГУ, 2013. – 128 с. 2. Наконечний А. Й. *Цифрова обробка сигналів: навч. посібник* / А. Й. Наконечний, Р. А. Наконечний, В. А. Павлуш. – Львів: *Видавництво Львівської політехніки*, 2010. – 368 с. 3. <http://www.lessons-tva.info/archive/nov031.html>. 4. <http://bourabai.kz/mmt/cloud2.htm>. 5. <http://www.8host.com/blog/vvedenie-v-oblachnyj-xosting/>. 6. <http://bourabai.kz/mmt/cloud3.htm>. 7. <http://www.ibm.com/developerworks/ru/library/os-cloud-anatomy/index.html>.