

## ІНТЕГРАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЛІС В ІНФРАСТРУКТУРУ OPENSTACK

Колесник І. М., Куланов В. О., Здоровець Ю. В.

*Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського "ХАІ"**Досліджено переваги інтеграції ресурсів, що реконфігуруються, до складу хмарної платформи OpenStack. Запропоновано моделі хмарних сервісів, які використовують програмовану логіку.*

**Постановка проблеми.** Зростаючий попит на послуги, що надаються за допомогою хмарних технологій, обумовлений їх перевагами над традиційними обчисленнями. Відносно невисокі вимоги до обчислювальної потужності ПК клієнта, і, як наслідок, знижене енергоспоживання, економія апаратних ресурсів провайдера значно прискорюють цю тенденцію. Хмарні обчислення також характеризуються більшою надійністю, оскільки відмова одного з серверів, що надає послуги, не веде до відмови всієї інфраструктури і, навіть, в більшості випадків залишається непоміченим з боку клієнтів.

Застосування технології ПЛІС в хмарних обчисленнях дозволяє прискорити виконання багатьох ресурсоемних задач від цифрової обробки даних, проведення математичних розрахунків різної складності до аудіо і відео обробки. Крім того, елементна база ПЛІС може бути задіяна безпосередньо в якості платформи, на якій розгортається деяка частина (найчастіше апаратна) хмарної інфраструктури.

OpenStack є однією з популярних програмних платформ, що використовується для побудови хмарних сервісів. Вона управляє такими апаратними ресурсами як процесорний час, пам'ять, дискове сховище і надає користувачам послуги типу IaaS (Infrastructure as a Service). Платформа OpenStack також дозволяє керувати і надавати "нестандартні", з точки зору користувача, ресурси, такі як графічні процесори і програмована логіка. Такі ресурси можуть служити прискорювачами різних типів обчислень, які виконуються в системі одночасно, адже заздалегідь спроектовані конфігурації прискорювачів можуть бути обрані (запрограмовані) в реальному часі.

Додавання підтримки апаратної реконфігурації у вигляді технології ПЛІС в платформу OpenStack є актуальним завданням, оскільки дозволить користувачу самостійно визначати апаратну складову майбутнього сервісу. Більш того, можливості сучасних ПЛІС дозволяють надати доступ користувачам не тільки до цілого FPGA, але і до його частини – реконфігурованої області, що зробить розподілення ресурсів більш економічним.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз існуючих дослідницьких проектів [1, 2, 3], які використовують технологію ПЛІС в хмарній інфраструктурі, показує, що вони мають ряд недоліків, а саме:

- стандартні модулі OpenStack дозволяють використання ресурсів ПЛІС, але не мають підтримки щодо їх реконфігурації;
- існуючі проекти або зовсім не враховують проблеми несумісності ПЛІС різних виробників, або не

роблять їх прозорими для користувача;

- на сьогоднішній день не реалізована можливість економії вільних ресурсів шляхом використання одного кристалу FPGA для кількох проектів одночасно.

**Мета статті.** Для вирішення існуючих проблем пропонується дослідити можливості включення технології ПЛІС в якості окремого ресурсу до складу хмарної інфраструктури на основі платформи OpenStack.

**Основні матеріали дослідження.** Хмарна платформа Openstack складається з пов'язаних між собою програмних модулів, що реалізують функції хмарної інфраструктури [4]. Серед них найчастіше використовуються наступні:

- Nova (OpenStack Compute) – контролер, який керує роботою віртуальних машин;
- Swift (OpenStack Object Storage) – розподілене хмарне сховище;
- Glance (OpenStack Image Service) – сховище віртуальних машин;
- Horizon – система управління сервісом з графічним інтерфейсом;
- Neutron (OpenStack Networking) – модуль, що забезпечує підключення до мережі;
- Cinder (OpenStack Block Storage) – сервіс блочного зберігання даних;
- KeyStone (OpenStack Identity Management) – сервіс ідентифікації;
- Ceilometer – система моніторингу і збору телеметрії;
- Ironic (OpenStack Bare Metal) – модуль для роботи з фізичним обладнанням.

Функціональністю, необхідною для включення до складу хмарної інфраструктури нестандартних ресурсів, таких як ПЛІС, графічні процесори і т.д., володіє модуль Ironic. У його базову функціональність не входить підтримка реконфігурації, однак за допомогою додаткових плагінів можливе надання користувачеві наступних ресурсів:

- цілий чіп FPGA;
- реконфігурована область, яка є частиною чіпа FPGA;
- готовий прискорювач на базі FPGA.

Виділення цілого чіпа FPGA в якості ресурсу дозволяє користувачеві запросити під свій проект цілий фізичний FPGA і реалізувати апаратне забезпечення за своїм вибором (рис. 1). Також можливе виділення користувачу віртуальної машини з приєднаною фізичною FPGA. Це дає користувачеві великі можливості, але з іншого боку серйозно знижує рівень безпеки системи. Тому дана модель може використовуватися тільки в приватних сервісах. Можливими сферами

застосування є навчальні та дослідницькі проекти. Модель можна порівняти з базовими: платформою і інфраструктурою як сервіс.

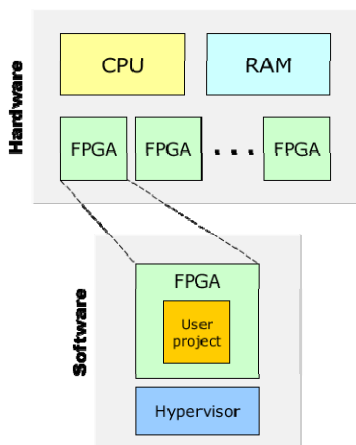


Рисунок 1 – Виділення цілого чіпа FPGA

Надання частини чіпа FPGA (реконфігурованої області) дає користувачеві можливість використовувати віртуальні FPGA певного об'єму (рис. 2). При цьому система стає більш безпечною, так як у користувача немає доступу до фізичної FPGA. Модель можна порівняти з базовою "Платформа як сервіс".

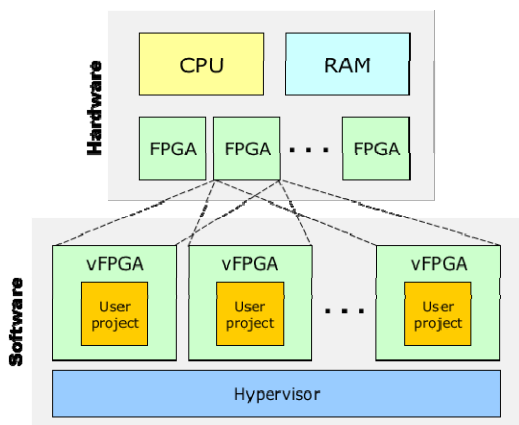


Рисунок 2 – Надання частини чіпа FPGA

При виділенні функцій готового прискорювача FPGA недоступні користувачам безпосередньо. Сервіс використовує FPGA в фоновому режимі для прискорення. Попередньо скомпільовані конфігурації і керуючі додатки пропонуються провайдером хмарного сервісу. Виділення ресурсів і реконфігурація відбувається у фоновому режимі з використанням системи керування ресурсами (рис. 3). Ця модель надає користувачу певні сервісні додатки та аналогічна базовим ПЗ і платформою як сервіс.

Базова функціональність модуля Ironic дозволяє виділити користувачеві тільки цілий чіп FPGA. Для розширення базової функціональності і додавання підтримки реконфігурації необхідно створення нових плагінів до модуля Ironic.

**Висновки.** В статті досліджені переваги інтегра-

ції реконфігурованих ресурсів в хмарну платформу OpenStack. Запропоновані моделі хмарних сервісів, які використовують реконфігуровані ресурси.

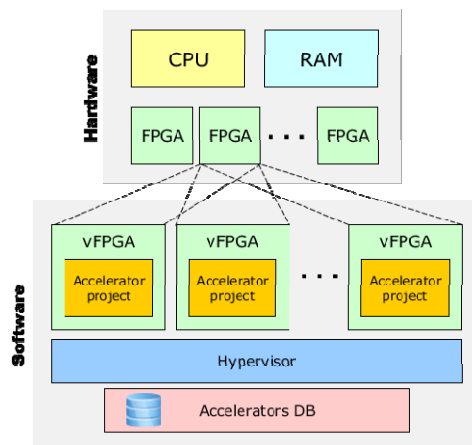


Рисунок 3 – Виділення готового прискорювача

### Список використаних джерел

1. Putnam A. A reconfigurable fabric for accelerating large-scale datacenter services // In Proc. of the 41st Annual International Symposium on Computer Architecture, ISCA 2014. – Minneapolis, MN, USA, 2014. – Pp. 13–24.
2. Chen, F. Enabling FPGAs in the Cloud // Proceedings of the 11th ACM Conference on Computing Frontiers. – 2014. – Pp. 3:1-3:10.
3. Dai G. Online Scheduling for FPGA Computation in the Cloud // Proceedings of the International Conference on Field-Programmable Technology (FPT). – 2014. – Pp. 330 – 333.
4. OpenStack [Electronic resource] – Access mode: [https://wiki.openstack.org/wiki/Main\\_Page](https://wiki.openstack.org/wiki/Main_Page). – 15.10.2016.

### Анотація

#### ИНТЕГРАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПЛИС В ИНФРАСТРУКТУРУ OPENSTACK

Колесник И. Н., Куланов В. А., Здоровец Ю. В.

*Исследованы преимущества интеграции реконфигурируемых ресурсов в состав облачной платформы OpenStack. Предложены модели облачных сервисов, которые используют программируемую логику.*

### Abstract

#### THE INTEGRATION OF FPGA TECHNOLOGY TO OPENSTACK INFRASTRUCTURE

I. Kolesnyk, V. Kulanov, Y. Zdorovets

*The advantages of integration of reconfigurable resources in the OpenStack cloud platform are investigated. Cloud services models that use programmable logic are proposed.*