УДК 004

А.Серга, магістр гр. КІ-23М,
Центральноукраїнський національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ВІРТУАЛІЗАЦІЇ ДОДАТКІВ У ОС LINUX

У статті розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи віртуалізації додатків у ОС Linux. Метою розробки є дослідження та програмна реалізація системи віртуалізації додатків у ОС Linux. Об'єктом дослідження є процес віртуалізації додатків у ОС Linux. Предметом дослідження є методи віртуалізації додатків у ОС Linux. Методи дослідження базуються на методах теорії віртуалізації, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення. Результат роботи – програмна реалізація системи віртуалізації додатків у ОС Linux. В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих апаратних та програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

Постановка проблеми. Віртуальні інфраструктури вже довели свою перевагу при розгортанні серверних платформ, а при оснащенні робочих місць зручніше й вигідніше використовувати віртуальні робочі столи. Але це ще не кінець історії – тепер прийшов час віртуалізації додатків.

Актуальний ще п'ять років тому запит на покупку сервера для запуску окремого сервісу або бази даних виглядає сьогодні як мінімум безглуздо: усе більше ресурсів розміщається в хмарі або, принаймні, у віртуальному середовищі. Такий підхід дозволяє оптимально використовувати обчислювальні потужності і ємність зберігання даних. Втім, віртуальними стають уже цілі центри обробки даних – у портфелі рішень від лідерів ринку можна знайти засоби віртуалізації серверів, систем зберігання й мереж.

Інша тенденція, що стрімко трансформує ринок, – використання віртуальних робочих місць у рамках інфраструктури віртуальних робочих столів (VDI). Що впровадили VDI компанії можуть більше не піклуватися про те, які комп'ютери надати співробітникам: доступ до серверних ресурсів можливий навіть із тонких клієнтів. Однак і тут їсти де розгорнутися прихильникам подальшої оптимізації. Зокрема, багато елементів віртуальних машин дублюються – робочі столи використовують ту ж операційну систему й ті ж офісні додатки. І природно, у розроблювачів виникає спокуса об'єднати їх, щоб не зберігати множину схожих копій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При аналізі останніх досліджень і публікацій [1-10] було виявлено певні прогалини у забезпеченні системи віртуалізації додатків у ОС Linux.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є дослідження та програмна реалізація системи віртуалізації додатків у ОС Linux.

Для досягнення поставленої мети визначена програма дослідження, що складається з наступних завдань:

- Огляд існуючих систем віртуалізації додатків у ОС Linux.
- Дослідження системи віртуалізації додатків у ОС Linux.
- Програмна реалізація системи віртуалізації додатків у ОС Linux.

Об'єктом дослідження є процес віртуалізації додатків у ОС Linux.

Предметом дослідження є методи віртуалізації додатків у ОС Linux.

Методи дослідження базуються на методах теорії віртуалізації, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Виклад основного матеріалу. Нижче наведено мої детальні огляди найкращого програмного забезпечення для віртуальних машин, яке потрапило до мого списку. Мої огляди пропонують детальний огляд ключових функцій, переваг і недоліків кожного інструменту, інтеграцій та ідеальних варіантів використання, щоб допомогти вам знайти найкращий для себе.

OpenNebula

OpenNebula – це платформа керування хмарними ресурсами, розроблена для компаній, які прагнуть керувати гібридними та мультихмарними середовищами. Вона допомагає користувачам ефективно розгортати та керувати центрами обробки даних і хмарними інфраструктурами.

Він чудово справляється з наданням гібридних хмарних рішень, дозволяючи керувати як локальними, так і хмарними ресурсами. OpenNebula підтримує багатьох хмарних провайдерів, що робить його гнучким для різноманітних середовищ. Його дизайн з відкритим кодом дозволяє налаштовувати його відповідно до конкретних потреб підприємства. Платформа також пропонує такі функції, як віртуальні центри обробки даних та багатокористувацький підхід, що задовольняє складні організаційні структури.

Функції включають керування віртуальним центром обробки даних, що дозволяє вашій команді керувати кількома ізольованими середовищами. OpenNebula підтримує багатокористувацьку оренду, що дозволяє вам керувати різними групами користувачів окремо. Платформа також пропонує автоматичне масштабування, що забезпечує ефективне використання ресурсів.

Інтеграції включають VMware vCenter, AWS, Microsoft Azure, Google Cloud Platform, Docker, LXD, Ansible, Terraform, Kubernetes та Veeam.

Переваги:

– Широка підтримка постачальників хмарних послуг.
– Налаштовується для конкретних потреб.
– Підтримує управління гібридною хмарою.

Недоліки:

– Обмежена офіційна підтримка.
– Потрібна технічна експертиза.

Red Hat Virtualization

Red Hat Virtualization – це рішення для віртуалізації, розроблене для підприємств, що використовують середовища Linux. Воно дозволяє компаніям ефективно розгортати, керувати та оптимізувати віртуалізовані робочі навантаження.

Він розроблений для корпоративних середовищ Linux і забезпечує надійну платформу для керування віртуальними машинами. Інструмент підтримує високу доступність, забезпечуючи працездатність ваших критично важливих програм. Його інтеграція з іншими продуктами Red Hat розширює його функціональність. Red Hat Virtualization також пропонує розширені функції управління, допомагаючи вам оптимізувати вашу IT-інфраструктуру.

Функції включають міграцію в реальному часі, яка дозволяє вашій команді переміщувати віртуальні машини без простоїв. Платформа підтримує можливості створення знімків та резервного копіювання, що забезпечує захист даних. Вона також надає інструменти моніторингу продуктивності, допомагаючи вам підтримувати справність системи.

Інтеграції включають Red Hat Enterprise Linux, Ansible, OpenShift, Red Hat CloudForms, SAP, Microsoft Azure, AWS, VMware, IBM Cloud та Google Cloud Platform.

Переваги:

– Розширені функції керування.
– Підтримка високої доступності.
– Потужна інтеграція з Linux.

Недоліки:

– Потрібні знання Linux.

– Складний процес встановлення.

oVirt

oVirt – це платформа керування віртуалізацією з відкритим кодом для компаній, які керують великими центрами обробки даних. Вона допомагає ефективно розгортати, контролювати та керувати віртуальними машинами.

Він чудово справляється з управлінням центрами обробки даних, пропонуючи комплексний набір інструментів для керування віртуальною інфраструктурою. Платформа підтримує розширені мережеві можливості та управління сховищами. Її веб-інтерфейс користувача спрощує процес моніторингу та керування віртуальними середовищами. Відкритий код oVirt дозволяє налаштовувати його відповідно до конкретних потреб підприємства.

Функції включають знімки віртуальних машин, міграцію в реальному часі та комплексні інструменти моніторингу. Ці функції допомагають вашій команді підтримувати операційну ефективність. Платформа також підтримує високу доступність для критично важливих робочих навантажень.

Інтеграції включають GlusterFS, Foreman, Ansible, Grafana, Kibana, Elasticsearch, OpenStack, Nagios, Zabbix та Prometheus.

Переваги:

– Налаштовується для потреб підприємства.
– Масштабований для великих середовищ.
– Розширені мережеві опції.

Недоліки:

– Складний процес налаштування.
– Потрібна технічна експертиза.

Proxmox

Proxmox – це програмне забезпечення з відкритим кодом для віртуальних машин, розроблене для підприємств та технічно підкованих користувачів. Воно в першу чергу допомагає з віртуалізацією, резервним копіюванням та безпекою електронної пошти, що робить його цінним для управління IT-інфраструктурою.

Він розроблений для ентузіастів відкритого коду та пропонує рішення для віртуалізації та резервного копіювання підприємств. Вбудований веб-інтерфейс спрощує керування віртуальними машинами та контейнерами. Proxmox забезпечує підтримку корпоративного рівня, що може бути вирішальним для оптимізації IT-інфраструктури. Його відкритий код дозволяє налаштовувати його відповідно до конкретних потреб організації.

Функції включають віртуалізацію підприємства, можливості резервного копіювання та відновлення, а також зручний веб-інтерфейс. Ваша команда може ефективно керувати віртуальними машинами, контейнерами та сховищами. Proxmox також пропонує безпеку електронної пошти через свій Mail Gateway.

Інтеграції включають Zabbix, Nagios, Ansible, Puppet, Chef, OpenStack, Kubernetes, Docker, SaltStack та Terraform.

Переваги:

– Часті оновлення та покращення.
– Сильна підтримка громади.
– Широкі можливості налаштування.

Недоліки:

– Обмежені офіційні канали підтримки.
– Потрібна технічна експертиза.

VMware Workstation

VMware Workstation – це програмне забезпечення для віртуалізації робочих столів для розробників та IT-фахівців. Воно дозволяє користувачам одночасно запускати кілька операційних систем на одному ПК, що спрощує тестування та розробку.

Він чудово справляється з віртуалізацією робочих столів, пропонуючи стабільне середовище для запуску різних конфігурацій ОС. VMware Workstation забезпечує розширену підтримку 3D-графіки, що чудово підходить для графічно ресурсомістких програм. Він дозволяє легко перемикатися між середовищами, що підвищує продуктивність. Програмне забезпечення також включає такі функції, як знімки, що допомагають швидко зберігати та відновлювати стани віртуальної машини.

Серед функцій є підтримка DirectX 11 та OpenGL 4.1, що покращує продуктивність графіки. VMware Workstation пропонує редактор віртуальної мережі, що дозволяє налаштовувати складні мережеві параметри. Програмне забезпечення також включає спільні папки, що спрощує обмін файлами між хост-системами та гостьовими системами.

Інтеграції включають VMware vSphere, VMware vCloud Air, Microsoft Azure, AWS, Docker, Kubernetes, Ansible, Chef, Puppet та Jenkins.

Переваги:

– Підтримує кілька конфігурацій ОС.
– Легке перемикання середовищ.
– Потужна підтримка графіки.

Недоліки:

– Складна конфігурація мережі.
– Може бути ресурсомістким.

UTM

UTM – це програмне забезпечення для віртуальних машин, розроблене спеціально для користувачів macOS. Воно дозволяє їм запускати різні операційні системи на своїх пристроях. Воно призначене для розробників та технічних ентузіастів, яким потрібен універсальний інструмент віртуалізації для тестування та розробки.

Він орієнтований на користувачів macOS, пропонуючи зручний інтерфейс для роботи з різними операційними системами. UTM підтримує різні архітектури, забезпечуючи гнучкість для різних випадків використання. Його інтеграція з macOS забезпечує безперебійну роботу та сумісність. Зосередженість UTM на простоті робить його доступним для користувачів з різним рівнем знань.

Функції включають зручний інтерфейс, який спрощує налаштування віртуальних машин. UTM підтримує кілька архітектур, що дозволяє вашій команді тестувати різні середовища. Програмне забезпечення також пропонує функцію створення знімків, що спрощує збереження та відновлення станів.

Інтеграції включають QEMU, SPICE, Apple Hypervisor, VirtFS та USB passthrough.

Переваги:

– Функція знімків для легкого відкату.
– Підтримує кілька архітектур.
– Просте налаштування для користувачів macOS.

Недоліки:

– Може бути ресурсомістким.
– Бракує широкої офіційної підтримки.

KVM

KVM – це рішення для віртуалізації на основі ядра Linux, ідеальне для підприємств, що використовують середовища Linux. Воно забезпечує повні можливості віртуалізації, підтримуючи різні гостьові операційні системи.

Він легко інтегрується з Linux, що робить його природним вибором для користувачів Linux. KVM використовує функції віртуалізації обладнання, що підвищує продуктивність. Він підтримує різноманітні гостьові операційні системи, пропонуючи гнучкість. Відкритий код KVM дозволяє створювати власні конфігурації для задоволення конкретних потреб.

Функції включають міграцію в реальному часі, яка дозволяє вашій команді переміщувати віртуальні машини без простоїв. KVM підтримує керування пам'яттю,

ефективно оптимізуючи розподіл ресурсів. Він також пропонує надійну модель безпеки завдяки SELinux та sVirt.

Інтеграції включають OpenStack, CloudStack, Virt-manager, libvirt, oVirt, Proxmox, Ansible, Puppet, Chef та Terraform.

Переваги:

– Висока продуктивність з апаратною підтримкою.
– Підтримує кілька гостьових ОС.
– Сильна сумісність з Linux.

Недоліки:

– Обмежена офіційна підтримка.
– Складне налаштування та конфігурація.

QEMU

QEMU – це інструмент для емуляції та віртуалізації обладнання з відкритим кодом, який використовують розробники та IT-фахівці. Він емулює різноманітні апаратні архітектури, дозволяючи користувачам запускати різні операційні системи на головному комп'ютері.

Він чудово справляється з емуляцією апаратного забезпечення, забезпечуючи універсальну платформу для тестування та розробки. QEMU підтримує кілька архітектур, що робить його гнучким для різних середовищ. Він може емулювати апаратні пристрої, що корисно для тестування програм у різних сценаріях. Його відкритий вихідний код дозволяє налаштовувати його відповідно до конкретних потреб розробки.

Функції включають повну емуляцію системи, що дозволяє вашій команді запускати повноцінну операційну систему. QEMU також підтримує міграцію в реальному часі, що допомагає підтримувати безперебійну роботу під час обслуговування. Його функція створення знімків дозволяє легко зберігати та відновлювати стани віртуальних машин.

Інтеграції включають libvirt, OpenStack, oVirt, Ansible, Puppet, Chef, Kubernetes, Docker, Terraform та Proxmox.

Переваги:

– Налаштовується для унікальних потреб.
– Розширена емуляція обладнання.
– Підтримує різноманітні архітектури.

Недоліки:

– Складний процес налаштування.
– Може бути ресурсомістким.

Parallels

Parallels – це програмне забезпечення для віртуалізації, розроблене для користувачів Mac, яким потрібно запускати програми Windows. Воно обслуговує окремих осіб та компанії, яким потрібна кросплатформна сумісність без подвійного завантаження.

Це найкраще рішення для запуску Windows на Mac, яке забезпечує простий у використанні інтерфейс. Parallels дозволяє легко перемикатися між операційними системами. Він пропонує такі функції, як режим Coherence, який інтегрує програми Windows у середовище macOS. Програмне забезпечення також підтримує кілька операційних систем, що робить його універсальним для різних потреб.

Серед функцій є спільний буфер обміну, який дозволяє вашій команді копіювати та вставляти елементи між програмами Mac та Windows. Parallels також пропонує функцію перетягування, що спрощує керування файлами між операційними системами. Крім того, він забезпечує налаштування одним клацанням миші, оптимізуючи продуктивність залежно від вашого основного використання.

Інтеграції включають Microsoft Office, Dropbox, Google Drive, iCloud, OneDrive, macOS, Windows, Linux, Android та Chrome OS.

Переваги:

– Режим когерентності для безперебійного використання.

– Підтримує кілька операційних систем.
– Проста інтеграція Windows на Mac.

Недоліки:

– Може знадобитися технічна підтримка.
– Може бути ресурсомістким.

Xen Project

Xen Project – це платформа віртуалізації з відкритим кодом, призначена для бізнесу, якому потрібні високопродуктивні рішення. Вона пропонує віртуалізацію серверів, забезпечуючи ефективну та надійну роботу критично важливих робочих навантажень.

Він розроблений для високої продуктивності, що робить його придатним для підприємств з високими робочими навантаженнями. Платформа підтримує паравіртуалізацію та апаратну віртуалізацію, що підвищує ефективність. Її архітектура ізолює віртуальні машини, покращуючи безпеку та стабільність. Відкритий код Xen Project дозволяє налаштовувати його відповідно до унікальних потреб бізнесу.

Функції включають міграцію в реальному часі, яка дозволяє вашій команді переміщувати віртуальні машини між хостами без простоїв. Платформа також підтримує розширення пам'яті, що оптимізує розподіл ресурсів. Крім того, Xen Project пропонує модель безпеки, яка ізолює віртуальні машини для захисту від вразливостей.

Інтеграції включають OpenStack, CloudStack, Docker, Kubernetes, Terraform, Ansible, SaltStack, Puppet, Chef та Nagios.

Переваги:

– Міцна ізоляція для безпеки.
– Підтримує кілька режимів віртуалізації.
– Висока продуктивність для вимогливих завдань.

Недоліки:

– Потрібна технічна експертиза.
– Складний процес налаштування.

Опис технологій, які дозволяють реалізувати віртуалізацію додатків у ОС Linux

У цьому розділі наведемо опис технологій, які дозволяють реалізувати віртуалізацію додатків у ОС Linux.

Переваги технологій «живої міграції» полягають у тому, що переносити можна практично що завгодно й куди завгодно. Як відзначають розроблювачі, є тільки дві вимоги. По-перше, можливості процесора на цільовій машині повинні бути не гірше, ніж на джерелі. Наприклад, якщо на джерелі підтримувалася технологія SSE, воно ж повинна бути й на цільовій системі, куди мігрує додаток. По-друге, ядро ОС на приймачі повинне бути «не гірше», чим на джерелі. Воно не обов'язково повинне бути тієї ж або більше пізньої версії, але в ньому повинна бути реалізована підтримка того ж інструмента «живої міграції», що ви використовуєте, а також бути вся необхідна для додатка функціональність, наприклад мережні протоколи або файлові системи.

Всі перераховані вище проекти вже застосовуються на практиці. Так, DMCTP використовується в Північно-східному університеті США для роботи з Mathlab і Pyton, а також з іншими інструментами. BLCR – невід'ємна частина модифікації Linux, розповсюджуваної й використовуваної в Берклі, тому робочі навантаження дослідницьких підрозділів уже захищені на рівні додатків. CRIU, у свою чергу, крім інтеграції в дистрибутив RHEL 7, використовується в різних проектах, у тому числі в Tonic. Для даного інструмента навіть розроблена спеціальна надбудова p.haul, що дозволяє автоматизувати процес міграції, наприклад, у ЦОД. Однак всі ці рішення ще тільки розвиваються й перебувають у різному ступені зрілості.

З огляду на, що як мінімум три великі команди працюють над розвитком рішень «живої міграції» у віртуальних середовищах Linux, сьогодні можна говорити про відносну незалежність додатків від конкретної системи й навіть від контейнера. Поки ці функції тільки починають застосовуватися комерційними компаніями, але, швидше за все, уже в

найближчі роки ми побачимо підвищення попиту на дані технології за рахунок популяризації засобів контейнерної віртуалізації й росту вимог до забезпечення безперервності працюючих у них IT-процесів. А слідом за успіхами співтовариства «по живій міграції» OpenSource свої рішення запропонує й Microsoft, але до цього пройде чимало часу.

CRIU

CRIU (від англ. Checkpoint/Restore In Userspace) – програмне забезпечення для операційної системи Linux, що дозволяє створити ззовні під час виконання довільної програми контрольної крапки з можливістю поновлення роботи програми із цієї крапки, у тому числі, на іншому екземплярі операційної системи (функція живої міграції).

Головною особливістю проекту є його переважна реалізація в просторі користувальницьких процесів, а не в ядрі операційної системи (як, приміром, у проекті OpenVZ), а також можливість роботи з довільними процесами без додаткової підтримки з їх боку.

Можливості

Оскільки проект розробляється в рамках проекту OpenVZ, основною метою, переслідуваної розроблювачами, є підтримка міграції контейнерів. Проте, за допомогою CRIU їсти можливість зберігати й відновлювати стан окремих процесів або їхніх груп.

За станом на середину 2010-х років підтримується дві архітектури – x 86-64 і ARM – і наступні об'єкти Linux:

– процеси, у тому числі їхня ієрархія, PID, ідентифікатори користувача й групи (uid, euid, sid, ...), системні права, потоки, стани;
– пам'ять додатків, у тому числі відображені файли, поділювані ділянки;
– відкриті файли;
– конвеєри, включаючи FIFO;
– сокети: сокети домену, TCP-сокети (у тому числі й у стані ESTABLISHED), UDP-сокети;
– System V IPC;
– таймери;
– сигнали;
– термінали;
– специфічні для Linux файлові дескриптори: signalfd, inotify, eventfd, eventpoll.

Вся необхідна підтримка ядра включена в ядро Linux версії 3.11.

Міграція TCP-з'єднань

Однієї з поставлених цілей проекту є можливість зберігати й відновлювати стан TCP-з'єднання, причому основний інтерес представляє випадок, коли процедурі збереження з наступним відновленням піддається тільки одна сторона з'єднання. Така постановка завдання виникла з основного сценарію використання CRIU компанією Parallels, при якому контейнер мігрує з однієї машини на іншу, і при цьому всі зовнішні з'єднання «переїжджають» разом з контейнером. Для досягнення поставленої мети був розроблений і впроваджений у ядро Linux версії 3.5 механізм, що одержав назву TCP repair mode[8], у рамках якого реалізований набір операцій над TCP-сокетом, що дозволяють «розібрати» і «зібрати» його не запускаючи ніяких описаних у стандарті процедур по мережному обміні пакетами.

OpenVZ

Віртуалізація OpenVZ – це серверна технологія на рівні операційної системи, яка фактично базується на ядрі та ОС Linux. Віртуалізація на рівні ОС означає, що багато основних компонентів існують один раз на машині та використовуються всіма гостьовими системами (наприклад, ідентичне ядро). Це означає, що кожен контейнер використовує ту саму базову ОС, але все ще працює як безпечний ізольований контейнер Linux. Кожен контейнер працює та виконується так само, як окремий сервер; Контейнер можна перезавантажити незалежно і він має root-доступ, користувачів, IP-адреси, пам’ять, процеси,

файли, програми, системні бібліотеки та файли конфігурації. Таким чином ви ефективніше використовуєте ресурси

OpenVZ – це платформа віртуалізації на базі Linux, вона може запускати лише операційні системи на основі Linux, такі як Centos, Fedora, Debian… тощо. Одним із недоліків віртуалізації OpenVZ є те, що користувачі не можуть робити жодних змін у ядрі. Усі віртуальні сервери мають узгоджуватися з версією ядра, на якій працює хост.

Насправді це вимагає, щоб і хост, і гостьова ОС працювали під керуванням Linux. Оскільки OpenVZ використовує єдине виправлення ядра Linux, але оскільки він не має накладних витрат, що супроводжуються законними гіпервізорами, він надшвидкий і надзвичайно ефективний. Однак, оскільки він не має накладних витрат справжнього гіпервізора, він дуже швидкий і ефективний.

Переваги віртуалізації OpenVZ:

– Віртуалізація в стилі контейнера, спільне ядро з кращою ціною, оскільки постачальник може перепродавати.

– Трохи краща продуктивність KVM, оскільки немає додаткового рівня віртуалізації між хостом і вашим VPS, що означає, що в основному немає накладних витрат на призначені ресурси ЦП, пам’яті та диска.

– Дуже низький обсяг пам’яті, оскільки ОС використовує ядро спільно з ОС. Це робить OpenVZ чудовим вибором для VPS з невеликим об’ємом пам’яті.

– Зазвичай OpenVZ є хорошим вибором для тих, хто не має особливих вимог.

Недоліки віртуалізації OpenVZ

– Лише шаблони ОС, немає можливості вручну встановити вашу ОС.

– Не повна віртуалізація; всі операційні системи мають одне ядро.

– Не всі модулі ядра були доступні.

– Як і у випадку з усіма методами віртуалізації, центральний процесор і мережевий порт є спільними для всіх VPS на цьому вузлі.

Об'єкти IPC

Поділювана пам'ять, семафори, повідомлення.

Розробка структурної схеми

У даній роботі реалізовано програмне забезпечення віртуалізації додатків у ОС Linux у віртуалізованому хмарному центрі обробки даних з реалізацією віртуалізації додатків у ОС Linux.

Безпека віртуалізованого хмарного центру обробки даних з реалізацією віртуалізації додатків у ОС Linux в умовах збільшення навантаження

Оскільки всі сервера в віртуалізованому хмарному центрі обробки даних з реалізацією віртуалізації додатків у ОС Linux можна розділити на організаційні категорії відповідно до вимог замовників, то в ідеальному випадку, кожна логічна група хостів повинна бути безпечно обмежена від інших. Доступ між цими групами повинен бути або обмежений, або закритий відповідно до політики безпеки організації. У реальному житті це неможливо, оскільки межмережний екран повинен пропустити величезну кількість підключень до кожного сервера, обробляючи при цьому кожну сесію окремо. Саме фактор кількості нових сесій у секунду є визначальним на етапі вибору межмережного екрана для впровадження в віртуалізованому хмарному центрі обробки даних з реалізацією віртуалізації додатків у ОС Linux, і відстежити їхнє число дуже складно. Найчастіше можна судити лише про середнє значення швидкості нових підключень, а несподівані перегони можуть часово блокувати роботу пристрою або навіть привести до його відмови. Тому будь-який фаєрвол, впроваджуваний у віртуалізованому хмарному центрі обробки даних з реалізацією віртуалізації додатків у ОС Linux, повинен ефективно обробляти як постійне значення швидкості встановлення нових підключень, так і перегони навантаження, у кілька разів перевищуючі середні значення.

Після обробки підключення встановлюється з'єднання й кількість сесій обслуговуються пристроєм у конкретний момент визначає ще один важливий параметр при

впровадженні пристрою безпеки – кількість установлених сесій. Велика кількість серверів у віртуалізованому хмарному центрі обробки даних з реалізацією віртуалізації додатків у ОС Linux при великій кількості підключених користувачів у результаті дає величезне число встановлених сесій. Тут можна відзначити дві важливі особливості – здатність пристрою ефективно обслуговувати вже встановлені сесії, а також, можливість обробляти нові. Неможливість створення нових з'єднань при обслуговуванні вже встановлених приведе до неприступності сервісів для деяких користувачів.

Після установки сесій ще одним фактором, що впливає на успішне проходження трафіку через фаєрвол, є загальна кількість пакетів у секунду, а також, загальна пропускна здатність для всіх сесій. Величина, характеризуюча кількість пакетів у секунду, важлива, у тому випадку, коли пристрій демонструє заявлену пропускну здатність тільки при обробці невеликої кількості пакетів великий довгі. Наприклад, число пакетів в 64-байтному потоці в 23 рази перевищує те ж число в 1500-байтному. Зміст полягає в тім, що фаєрвол може забезпечити задану пропускну здатність не для будь-якого типу трафіку. При проектуванні віртуалізованого хмарного центру обробки даних з реалізацією віртуалізації додатків у ОС Linux завжди потрібно враховувати реальні показники продуктивності фаєрволу.

Безпека в віртуалізованому хмарному центрі обробки даних з реалізацією віртуалізації додатків у ОС Linux вкрай важлива, тому що є ядром обробки інформації для більшості компаній. При її впровадженні дуже важливе логічне угруповання схожих сервісів, для взаємодії яких немає необхідності впроваджувати зайві міри безпеки. Наприклад, оптимально групувати веб-сервера, сервера додатків і сервера баз даних в одному логічному сегменті. Першим кроком при забезпеченні безпеки для серверів є обмеження можливих зв'язків до необхідного мінімуму, що забезпечить захист від неавторизованого доступу. Другим – впровадження технології запобігання вторгнень (IPS), що забезпечить перевірку мережного трафіку на наявність атак. Це особливо актуально в віртуалізованих хмарних центрах обробки даних з реалізацією віртуалізації додатків у ОС Linux, де уразливість сервісу може привести до його неприступності або втрати важливої інформації. Через небезпеку таких наслідків впровадження IPS критично важливо, але є й деякі особливості – обмеження по місцю впровадження й продуктивності. Через обмежену пропускну здатність пристрій не завжди може обробити необхідна кількість трафіку при впровадженні в певному сегменті мережі, наприклад, ядрі віртуалізованого хмарного центру обробки даних з реалізацією віртуалізації додатків у ОС Linux, а також, неможливо вказати який трафік обробляти, а який немає. Тому, пріоритетної є селективна обробка трафіку й для визначення рівня необхідної продуктивності.

У сучасних віртуалізованих хмарних центрах обробки даних з реалізацією віртуалізації додатків у ОС Linux для повної з’вязуємості мереж обов'язковим є використання протоколів динамічної маршрутизації. Це ж стосується й пристроїв безпеки, для яких цей функціонал не є першочерговим. Більше вузька підтримка протоколів динамічної маршрутизації може створити труднощі при впровадженні фаєрволу в інфраструктуру мережі віртуалізованого хмарного центру обробки даних з реалізацією віртуалізації додатків у ОС Linux.

Для реалізації перешкодостійкого зберіганням інформації у мережних віртуалізованих хмарних центрах обробки даних з реалізацією віртуалізації додатків у ОС Linux, застосуємо алгоритм Ріда-Соломона.

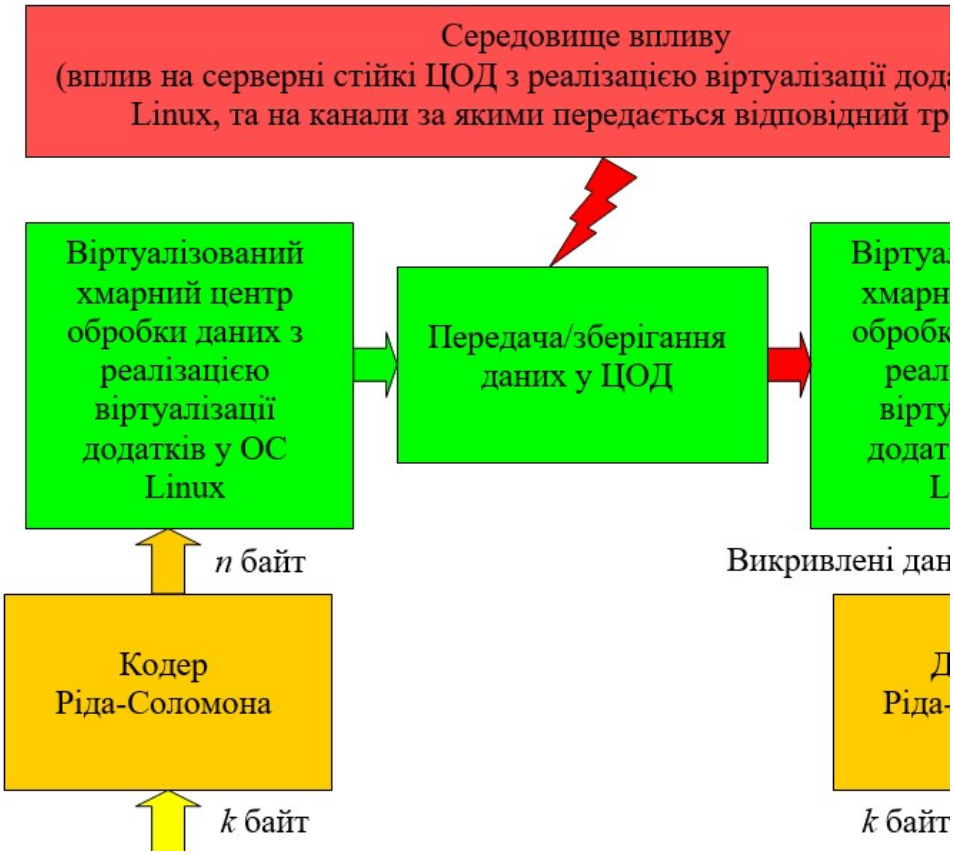

Рисунок 1 – Структурна схема системи

Висновки. У статті наведені теоретичне узагальнення й рішення наукового завдання дослідження методів віртуалізації додатків у ОС Linux.

Рішення даного завдання полягало у вирішенні наступних задач:

– Був проведений огляд існуючих систем віртуалізації додатків у ОС Linux.

– Досліджена система віртуалізації додатків у ОС Linux.

– На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи віртуалізації додатків у ОС Linux.

Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання віртуалізації додатків у ОС Linux. Проведено аналіз предметної галузі в ході якого були виявлені об'єкти, взаємодія яких носить істотний характер для функціональної діяльності предметної галузі, і їхні основні характеристики; побудована алгоритм і вибраний середовище розробки.

Список літератури

1. Smirnov, O., Odarchenko, R., Smirnova, T., Bondar, S., Volosheniuk, D. «Optimal Structure Construction of Private 5G Network for the Needs of Enterprises». Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, 2023, 178, pp. 208–223.
2. Smirnov, O., Karapetyan, A., Fedorov, E., «Creating Neural Network and Single Solution Human-Based Metaheuristic Methods of Solving the Traveling Salesman Problem». CEUR Workshop Proceedings, Volume 3312, 2022, pp. 47-58.
3. Smirnov O., Kuznetsov A., Kryvinska N., Kiian A., Kuznetsova K. «Full Non-Binary Constant-Weight Codes». SN Computer Science, Vol 2, 337, 2021. https://doi.org/10.1007/s42979-021-00739-w.
4. Smirnov O., Kovalenko O., Kovalenko A., Kavun S. «Quantitative Risk Assessment Method Development in the Context of the SDLC-model». 2021 IEEE 8th International Conference on Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), 2021, pp. 203-208, doi: 10.1109/PICST54195.2021.9772143
5. Smirnova T., Gnatyuk S., Berdibayev R., Avkurova Zh., Iavich M. «Cloud-Based Cyber Incidents Response

System and Software Tools». Communications in Computer and Information Science, 2021, vol 1486. Springer, Cham. pp 169-184.
6. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Potii, O., Poluyanenko, N., Stelnyk, I., Mialkovsky, D. «Combining and filtering functions in the framework of nonlinear-feedback shift register». International Journal of Computing; 2020, Volume 19, Issue 2 – Research Institute for Intelligent Computer Systems – 2020. – P. 247-256.
7. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Kuznetsova T. «Non-binary constant weight coding technique». CEUR Workshop Proceedings. Volume 2740, 2020, Pages 102-114.
8. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Cherep A., Kanabekova M., Chepurko I. «Testing of code-based pseudorandom number generators for post-quantum application». 2020 IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), Ukraine, Kyiv, May 14-18. 2020. P. 172-177.
9. Smirnov, O., Shekhanin, K., Kuznetsov, A., Krasnobayev, V. «Detecting Hidden Information in FAT». International Journal of Computer Network and Information Security (IJCNIS). Vol. 12, No. 3, 2020. PP.33-43.
10. Smirnov, O., Drieieva, H., Drieiev, O., Simakhin, V., Bondar, S., Odarchenko, R. «Managing multifractal properties of the binary sequence generated with the Markov chains», CEUR Workshop Proceedings Volume 2608, 2020, Pages 633-645.
11. Smirnov O. Kuznetsov A., Zaicenko Yu., Pastukhov M., Oleshko O., Kuznetsova K., «Formation of Discrete Signals with Special Correlation Properties». International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, UkrMiCo 2019; Odessa; Ukraine; 9-13 September 2019. P.22-28.
12. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kolovanova, I., Kuznetsova, T., «Noise immunity of the algebraic geometric codes». International Journal of Computing; 2019, Volume 18, Issue 4 – Research Institute for Intelligent Computer Systems – 2019. – P. 393-407.
13. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Reshetniak, O., Ivko, N., Katkova, T., Kuznetsova, T., «Generators of Pseudorandom Sequence with Multilevel Function of Correlation». 2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), Kyiv, Ukraine, 8 – 11 October 2019. P.517-522.
14. Smirnov, O., Krasnobayev, V., Yanko, A., Kuznetsova, T. «Methods of nulling numbers in the system of residual classes». CEUR Workshop Proceedings, Vol 2588, P. 90-106, 2019.
15. Kuznetsova, T., «Code-Based Schemes for Post-Quantum Digital Signatures», 10th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACS 2019; Metz; France; 18-21 September 2019. P. 707-712.
16. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Stefanovych, O., Gorbenko, Y., Krasnobaev, V., Kuznetsova K. «Information Hiding Using 3D-Printing Technology», 10th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACS 2019; Metz; France; 18-21 September 2019. P.701-706.
17. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kovalchuk, D., Averchev, A., Pastukhov, M., Kuznetsova, K., «Formation of Pseudorandom Sequences with Special Correlation Properties», 2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies, AICT -2019/ Lviv, Ukraine, 2-6 July, 2019, P. 395-399.
18. Вінтенко Б.Ю., Смірнов О.А., Коваленко А.С., Смірнов С.А., Буравченко К.О. «Дослідження вимог міжнародних стандартів IEC60880 та IEC62138 з розробки програмного забезпечення інформаційно-керуючих систем АЕС, важливих для безпеки». Системи управління, навігації та зв'язку, 2023, вип. 3(73), С. 155-166.
19. Вінтенко, Б., Миронець, І., Смірнов, О., Кравчук, О., Козірова, Н., Савеленко, Г., Коваленко, А. «Дослідження вимог та аналіз кібербезпеки програмного забезпечення інформаційно-керуючих систем АЕС, важливих для безпеки». Кібербезпека: освіта, наука, техніка. 2024. №3(23), С. 111-131.
20. Вінтенко Б.Ю., Смірнов О.А., Коваленко О.В., Смірнов С.А., Коваленко А.С. «Дослідження нормативних документів та галузевих стандартів розробки програмного забезпечення комп'ютерних систем управління АЕС, важливих для безпеки». Системи управління, навігації та зв'язку, 2023, вип. 2(72), С. 170-178.
21. Аль-Мудхафар Акіл Абдулхуссейн М., Смірнова Т.В., Буравченко К.О., Смірнов О.А. «Метод оцінки та підвищення користувальницького досвіду абонентів в програмно-конфігурованих мережах на основі використання машинного навчання». Сучасні інформаційні системи, 2023, том 7, № 2, С. 49-56.
22. Вінтенко Б.Ю., Смірнов О.А., Коваленко О.В., Смірнов С.А. «Дослідження нормативної документації та стандартів розробки програмного забезпечення комп'ютерних систем управління АЕС, важливих для безпеки». VI міжнародна науково-практична конференція "Інформаційна безпека та комп'ютерні технології", м. Кропивницький. 20-21 квітня 2023 р. – Кропивницький: ЦНТУ. – 2023. – С. 35-36.
23. Смірнов, О.А., Усік П.С., Полігенько О.О., Одарченко Р.С., Терещенко Л.Ю. «Інформаційна технологія та програмне забезпечення для підвищення ефективності планування підсистеми базових станцій стільникового зв'язку». Проблеми телекомунікацій. № 1(26). С. 83-96. 2020.
24. Смірнов О.А., Усік П.С., Миронець І.В., Буравченко К.О., Якименко Н.М. «Метод підвищення ефективності розподіленої обробки даних у комп'ютерних системах операторів стільникового зв'язку» Вісник Черкаського державного технологічного університету. Технічні науки. №4. С. 103-110. 2020.
25. О.А.Смірнов, Т.В.Смірнова, Л.І. Поліщук, К.О. Буравченко, А.О.Макевнін, «Дослідження хмарних технологій як сервісів», Кібербезпека: освіта, наука, техніка. № 3(7). С. 43-62. 2020.