

УДК 004

Є.Величко, магістр гр. КН-23М

Центральноукраїнський національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ ТА КОНСОЛІДАЦІЇ РОЗПОДІЛЕНОЇ ІНФОРМАЦІЇ УНІФІКОВАНИХ КОМУНІКАЦІЙ З ПІДТРИМКОЮ ВІДЕОЗВ'ЯЗКУ

У статті розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи аналізу та консолідації розподіленої інформації уніфікованих комунікацій з підтримкою відеозв'язку. Метою розробки є дослідження та програмна реалізація системи аналізу та консолідації розподіленої інформації уніфікованих комунікацій з підтримкою відеозв'язку. Об'єктом дослідження є процес аналізу та консолідації розподіленої інформації уніфікованих комунікацій з підтримкою відеозв'язку. Предметом дослідження є методи аналізу та консолідації розподіленої інформації уніфікованих комунікацій з підтримкою відеозв'язку. Методи дослідження базуються на методах теорії кодування та теорії комп'ютерних мереж, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення. Результат роботи – програмна реалізація системи аналізу та консолідації розподіленої інформації уніфікованих комунікацій з підтримкою відеозв'язку. В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих апаратних та програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

Постановка проблеми. Термін «уніфіковані комунікації» (УфК) уже давно й міцно ввійшов у вживання. Усе починалося з інтеграції електронної й голосової пошти, у результаті чого користувачі одержали можливість із єдиного інтерфейсу звертатися до повідомлень обох типів. Такі рішення назвали уніфікованою поштою. Пізніше, в основному завдяки активному впровадженню IP-телефонії, стало можливим з того ж інтерфейсу ініціювати й приймати телефонні виклики. Подібний комунікаційний функціонал і дав привід «розширити» термін і перейти до поняття УфК. Поступово функціональність систем УфК розширювалася, однак цей процес не був підкріплений масовим попитом на них у корпоративному секторі. Розвиток УфК гальмувало ту обставину, що багато комунікаційних систем базувалися на закритих пропрієтарних архітектурах, через що можливості інтеграції виявлялися сильно обмеженими. При цьому кожний виробник або група виробників розуміли під УфК щось відмінне від інших. Точка зору визначалася «точкою сидіння»: виробники офісних АТМ у главу кута ставили функції голосового зв'язку, гравці ринку відео-конференц-зв'язку (ВКЗ) уважали, що відео – «усьому голова», а молоді й активні постачальники сервісів Web-конференцій переконували всіх, що саме їхнього рішення і є щирі УфК, і т.д., і т.п. Перехід галузі до загальних технологічних знаменників, таким як протоколи IP і SIP, спростив інтеграцію різних систем, а хвиля покупок і об'єднань виробників привела до того, що в розпорядженні великих постачальників з'явилися всі необхідні компоненти уніфікованих комунікацій. Однак чітке погоджене розуміння того, які функціональні блоки повинні бути обов'язковими компонентами системи УфК, довгий час був відсутній.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При аналізі останніх досліджень і публікацій [1-10] було виявлено певні прогалини у забезпеченні системи аналізу та консолідації розподіленої інформації уніфікованих комунікацій з підтримкою відеозв'язку.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є дослідження та програмна реалізація системи аналізу та консолідації розподіленої інформації уніфікованих комунікацій з підтримкою відеозв'язку.

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

- Огляд існуючих систем аналізу та консолідації розподіленої інформації уніфікованих комунікацій з підтримкою відеозв'язку.

- Дослідження системи аналізу та консолідації розподіленої інформації уніфікованих комунікацій з підтримкою відеозв'язку.

- Програмна реалізація системи аналізу та консолідації розподіленої інформації уніфікованих комунікацій з підтримкою відеозв'язку.

Об'єктом дослідження є процес аналізу та консолідації розподіленої інформації уніфікованих комунікацій з підтримкою відеозв'язку.

Предметом дослідження є методи аналізу та консолідації розподіленої інформації уніфікованих комунікацій з підтримкою відеозв'язку.

Методи дослідження базуються на методах теорії кодування та теорії комп'ютерних мереж, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Виклад основного матеріалу. Протягом всієї історії ВКЗ одним з головних векторів розвитку було підвищення якості зображення. В останні роки з'являлися повідомлення про розробку систем з підтримкою тривимірного відео (3D), а з недавніх пор на ринку стали з'являтися засоби відображення з дозволом 4k. Однак відповідні системи ВКЗ поки не пішли «у тираж». Ми вирішили з'ясувати, яке якість зображення влаштовує замовників. Виявилося, що половині респондентів цілком достатньо якості HD 720p. 16% улаштовує навіть якість, типове для сервісу Skype. Про існування потреби в такій «екзотиці» (для систем ВКЗ), як дозвіл 4k і підтримка 3D, заявили по 5% замовників. Цього явно недостатньо для того, щоб виробники кинули основні сили на розробку (ну або доробку) систем з такими можливостями.

Для них доцільніше зосередитися на підтримці інших тенденцій, таких як мобілізація й софтверизація ВКЗ. Майже 60% опитаних як найбільше важлива тенденція (для впровадження рішень ВКЗ у своїй компанії) назвали поява в користувачів мобільних пристроїв можливості брати участь у сеансах ВКЗ, у першу чергу зі смартфонів і планшетів на базі iOS і Android. Це стало можливим в останні роки завдяки, по-перше, значному підвищенню продуктивності таких пристроїв, а по-друге – розвитку мереж бездротового зв'язку, включаючи впровадження технологій 3G і LTE, а також збільшення числа зон Wi-Fi, розширення їхнього покриття, підвищення швидкості і якості зв'язку в них. Відповідно, основні виробники реалізували у своїх рішеннях ВКЗ підтримку найбільш популярних мобільних платформ. Головними перешкодами на шляху масового використання мобільного відеозв'язку залишаються психологічна неготовність користувачів, а також побоювання, пов'язані з безпекою при використанні моделі BYOD.

Програмні клієнти на мобільних пристроях – це одна із численних граней процесу софтверизації рішень ВКЗ. Ще однієї є поява програмних серверів багатоточечного відеозв'язку (MCU) – інфраструктурних продуктів, які традиційно, через високе навантаження при перекодуванні відеопотоків, реалізовувалися у вигляді апаратних рішень. Майже половина опитаних нами фахівців відзначили важливість софтверизації інфраструктури ВКЗ, оскільки це знижує загальну вартість системи й підвищує гнучкість впровадження й масштабування. Програмні MCU сьогодні пропонують як традиційні постачальники систем ВКЗ, такі як Polycom і LifeSize, так і нові гравці – наприклад, норвезька компанія Rexip, заснована вихідцями з Tandberg.

Можливість програмної реалізації серверів MCU з'явилася багато в чому завдяки підвищенню продуктивності серверів стандартної архітектури. Як затверджують представники Rexip, сервери із всім числом, що збільшується, гіперпотоків ядер на одному кристалі й розширених системах команд, такими як SSE і AVX, забезпечують навіть кращу продуктивність, ніж спеціалізовані апаратні пристрої, що використовують процесори ASIC і DSP. Наприклад, на базі одного стандартного сервера висотою 1U будь-якого провідного виробника (HP, Dell, IBM, Cisco і ін.) зі здвоєними центральними процесорами Intel серії E 5-

2600 по 8 ядер із частотою 2,7 ГГц кожний система REXIR здатна підтримувати 32 порту сполучення відео-конференц-зв'язку високої чіткості. По параметрі «число HD-портів на одне непохитно-місце» такий MCU не уступає спеціалізованим апаратним рішенням. При використанні блейд-серверів можна домогтися щільності більше 1000 портів HD-відеозв'язку на 10U у стійці.

Важливою перевагою програмної інфраструктури ВКЗ є й те, що відповідні продукти можуть бути розгорнуті у віртуальному середовищі. У результаті замовник автоматично одержує всі переваги роботи в такому середовищі, включаючи масштабованість і відказостійкість. Наприклад, MC може «переїхати» з одного ЦОД в інший у випадку виникнення яких-небудь проблем або з метою зниження навантаження на канали зв'язку (коли нова площадка розташовується ближче до учасників сеансу ВКЗ).

Говорячи про перспективи розвитку наявної системи ВКЗ, велика кількість респондентів (60%) відзначили важливість інтеграції з корпоративною АТМ. Це, по суті, означає, що на підприємстві з'явиться комунікаційна система з високим ступенем уніфікації. Традиційно багато фахівців (44%) зацікавлені в забезпеченні можливості підключення до системи ВКЗ клієнтів сервісів класу Skype. Це й не дивно, оскільки 30% опитаних взагалі називають Skype оптимальним сервісом для проведення відеоконференцій у своїй компанії.

Відносно невелике число респондентів (22%) вважають найважливішим для розвитку (впровадження) системи ВКЗ перехід на хмарну модель. Далі про це докладніше.

Майже три чверті (точніше, 71%) учасників повністю ігнорують хмарну модель як спосіб надання комунікаційних сервісів. Приблизно кожний десятий одержує із хмари сервіси електронної пошти й Web-конференцій. (Загалом кажучи, Web-конференції реалізуються переважно саме по хмарній моделі.) Відповідний показник для ВКЗ значно нижче – 6% респондентів споживають «ВКЗ із хмари». Нарешті, як з'ясувалося, з опитаних нами тільки одна компанія використовує віртуальну АТМ. Це можна пояснити тим, що основна частина наших респондентів представляє досить великі (більше 500 комп'ютерів) компанії, тоді як віртуальними АТМ в основному користується малий і середній бізнес.

Традиційна більшість замовників в Україні воліють, щоб все встаткування й ПЗ перебували «усередині» компанії. Як показало наше опитування, половина компаній вважають кращим сценарій, коли все компоненти комунікаційної системи (АТМ, ВКЗ, УфК) установлюються в компанії, а також управляються й обслуговуються її фахівцями. 13% готові передати керування провайдерів-сервісу-провайдеру при збереженні інфраструктури у власності. Разом з тим стрімко набирає популярність гібридна модель, при якій частина інфраструктури залишається в компанії, а при епізодичному сплеску навантаження задіюються зовнішні ресурси (публічна хмара).

Повністю відмовитися від власної інфраструктури й одержувати комунікаційні послуги із хмари в майбутньому планують лише 10% опитаних. Як головна перешкода на шляху в хмару очікувано називаються «побоювання щодо несанкціонованого доступу до переданої інформації» (66%). Інші названі перешкоди теж досить передбачувані: проблеми з каналами зв'язку; відсутність пропозицій із прийнятним співвідношенням ціна/функціональність; труднощі інтеграції з іншими корпоративними системами. При цьому слід зазначити досить високий ступінь довіри замовників до самих хмарних платформ – у їхню надійність не вірить лише кожний п'ятий наш респондент.

Підбиваючи підсумок, ще раз підкреслю, що саме впровадженню (розвитку) систем уніфікованих комунікацій з підтримкою відеозв'язку опитані нами компанії мають намір приділяти найбільшу увагу. Крім цього, гарні перспективи в Web-конференцій, теж з підтримкою відеозв'язку. Інтерес до ВКЗ «у чистому виді» поступово падає: якщо рік назад за пріоритетний розвиток цього напрямку висловилися 38% компаній, то в цьому – тільки 30%. Що ж стосується моделей розгортання, те найбільше що стрімко набирає популярність варіант – це гібридна модель. Відповідно, постачальникам і системним інтеграторам варто приділити максимум уваги забезпеченню можливості «безшовно» переводити навантаження із частки ЦОД у публічний, а також у зворотному напрямку.

Розробка структурної схеми

Уніфіковані комунікації – це багатофункціональне рішення, що, як правило, складається з декількох. Далеко не всі виробники здатні надати всі ці компоненти, тому найчастіше для одержання повнофункціонального рішення УфК потрібно інтегрувати продукти декількох компаній. Базовим процесом такої інтеграції стає сполучення систем відеозв'язку (ВКЗ) і телефонії (УАТМ).

Основні функціональні блоки УфК:

- Голосовий зв'язок (телефонія).
- Відеозв'язок (ВКЗ).
- Web-конференції.
- Електронна пошта.
- Керування статусом користувачів (Presence).
- Миттєвий обмін повідомленнями (чати).

Безсумнівно, одним з лідерів ринку УфК є компанія Microsoft зі своїми програмними комунікаційними системами – на актуальність інтеграції своїх рішень із системою Lync указують багато постачальників ВКЗ. Крім того, серйозні позиції на ринку УфК займають виробники, що прийшли з області телефонії (ІР-телефонії): вони пропонують потужні рішення класу УАТМ із багатими функціональними можливостями й широким вибором термінального встаткування для користувача.

Оптимальний підхід до створення системи УфК із повноцінною підтримкою відеозв'язку, у тому числі й з економічної точки зору, складається у виборі постачальника рішення ВКЗ окремо від виробника УфК, з подальшою інтеграцією їхніх рішень. Тільки в такий спосіб замовник може одержати максимально функціональне, якісне й дешеве закінчене рішення. А обіг як мінімум до двох різних постачальників забезпечить гнучкість, фінансову безпеку й можливість впровадження найкращих рішень із кожного сегмента ринку.

Інтеграція в єдиній корпоративній комунікаційній системі продуктів декількох виробників більше не становить проблеми. Платформа створена екс-співробітниками Tandberg, що мають колосальний досвід у даній області, і підтримує не тільки максимально широкий спектр доступних на ринку пристроїв SIP і H.323, але й WebRTC, а також глибоко інтегрується з MS Lync. Це дозволяє об'єднати різноманітні системи різних виробників у єдине середовище комунікацій з підтримкою відео й спільної роботи.

Компанія Cisco ставиться до числа гравців, в арсеналі яких є все компоненти УфК, тому її представники, як можна було очікувати, активно пропагують переваги моновендорного рішення.

Перераховуючи переваги комплексного підходу (див. урізання «Шість аргументів на користь моновендорного рішення УфК»), він указує на те, що у випадку продуктів Cisco мова йде не тільки про повну сумісність компонентів УфК, але й про взаємодію комплексу УфК із іншими технологічними рішеннями компанії (ЦОДи, маршрутизатори й комутатори, системи безпеки, автоматизованого керування й моніторингу й т.д.).

Моновендорне рішення:

- Модернізація й розвиток компонентів у рамках комплексного рішення і єдиної стратегії.
- Підтримка єдиного набору кодеків і протоколів для всіх компонентів рішення.
- Можливість створення єдиного центра адміністрування поряд із застосуванням універсальних шаблонів конфігурації для різних пристроїв і типів комунікації, єдиних правил безпеки й обмеження доступу.
- Гарантовано працюючий, перевірений вендором і добре документований дизайн.
- Єдина підтримка з боку вендора, орієнтована на підтримку проекту в цілому (а не його окремих компонентів), з можливістю висновку довгострокових сервісних контрактів.
- Можливість використовувати власні розробки вендора для реалізації функцій, не передбачених в опублікованих протоколах і стандартах.

При цьому, розуміючи, що на практиці комунікаційна система дуже часто є гетерогенною, всі компанії, навіть такі гіганти, як Cisco, намагаються підтримувати основні стандартні протоколи для інтеграції різних компонентів УфК.

Протоколи й технології для інтеграції УфК:

- Аудіокомунікації: протоколи сигналізації SIP, H.323 по IP; цифрові інтерфейси E1 і сигналізації ISDN/QSIG; аналогові телефонні інтерфейси.
- Відеокommунікації: протоколи SIP, H.323 по IP; цифрові інтерфейси.
- Миттєві повідомлення / інформація про присутність: на основі XMPP і SIP SIMPLE.
- Взаємодія з додатками: CTI, JTAPI, RCC (SIP/CSTA).
- Керування й контроль: API, AXL/SOAP, CTI, JTAPI.
- Автентифікація й адресні книги: SAML, LDAP.

Компанія Cisco розробила універсальну архітектуру УфК, нарощувану відповідно до масштабів і потребами бізнесу замовників. При цьому вона пропонує як системи УфК для розміщення в ЦОД великих компаній, так і рішення для малого бізнесу.

Більшість активно розвивають програмні продукти, готові до роботи у віртуалізованому середовищі.

Перехід від апаратних до програмних рішень створює передумови для розширення присутності на ринку ВКЗ і УфК нових гравців, до яких ставиться, наприклад, компанія ClearOne. У великих корпораціях зложилось поняття корпоративного стандарту, і заміна технології там утруднена через більші засоби, уже вкладених у побудову мережі ВКЗ.

Від софтверизації й віртуалізації – один крок до хмар, і більшість виробників систем ВКЗ і УфК цей крок уже зробили, пропонуючи зазначені сервіси по хмарній моделі. Але далеко не всі замовники готові «ступнути в хмари».

У хмарних сервісах ВКЗ найменше зацікавлений великий корпоративний сектор, не говорячи вже про держструктурах, оскільки в них, як правило, є своя мережна інфраструктура, достатня для підтримки ВКЗ. У середнього бізнесу вони більше популярні – правда, багато чого залежить від загальних темпів розвитку середнього бізнесу в тій або іншій країні.

Одна з функцій, що може використовуватися в гібридній архітектурі, – запис сеансів ВКЗ. Дану можливість замовник може реалізувати на своїх серверах, підконтрольних тільки йому, і при цьому для відеозв'язку користуватися хмарним сервісом LifeSize Cloud. Такий підхід дає контроль над важливою інформацією, що не повинна зберігатися в хмарі.

У компанії Cisco розвиток хмарних сервісів вважають пріоритетним, тому постійно вдосконалюють пропоновані продукти й послуги. Одне з нових пропозицій – Cisco Collaboration Meeting Rooms (CMR) Cloud або Hybrid – хмарний або гібридний сервіс конференцій з можливістю інтеграції з WebEx і рішеннями УфК інших виробників, у тому числі Microsoft Lync.

В Україні, через особливості законодавства в області регулювання послуг надання зв'язку, Cisco пропонує хмарні рішення разом зі своїми партнерами, операторами зв'язку. Сьогодні це Telepresence as a Service (TPaaS) і Hosted Collaboration Solution (HCS). TPaaS дозволяє використовувати відео-інфраструктуру, установлену в ЦОД оператора послуги, а HCS – весь спектр комунікаційних сервісів Cisco, при цьому вся інфраструктура також перебуває в ЦОД оператора. Тарифний план погодиться безпосередньо між замовником і оператором послуги. Можливі різні схеми розрахунків – як на основі погодинної оплати, так і відповідно до безлімітного плану.

Отже, якщо ще пари років тому ВКЗ і/або УфК із хмари вважалися екзотикою, те сьогодні відповідні рішення, причому вже цілком зрілі й відпрацьовані на західних ринках, пропонують більшість провідних виробників. Невизначеність і непередбачуваність економічної ситуації будуть ще сильніше підштовхувати замовників до використання хмарної моделі, оскільки вона дозволяє мінімізувати капітальні витрати й гнучко варіювати споживані ресурси, оплачуючи їх у міру використання.

По-швидкому впровадити в корпоративну IP-мережу рішення для відеоконференцій або систему для уніфікованих комунікацій і спільної роботи (Unified Communications and Collaboration, UCC) не вийде, адже, на відміну від засобів зв'язку, менш сприйнятливих до якості з'єднання (приміром, електронної пошти), додатка реального часу пред'являють цілий ряд вимог до локальних мереж і з'єднань WAN. Так, їм необхідна стабільна пропускна здатність (залежно від якості, звичайно потрібно від 0,5 до 2 Мбіт/с, а передача зображень в Full HD можлива при швидкості з'єднання від 1 Мбіт/с). Крім того, вони дуже чутливі до більших затримок і їхніх варіацій (Jitter), втраті пакетів або інших перешкод, що виникають при передачі пакетів даних, тому мають потребу в досить високій якості сервісу (Quality of Service, QoS).

Ситуація збільшується тим обставиною, що мережний адміністратор обмежений у своїх можливостях впливати на ці параметри. Усередині корпоративної мережі на базі протоколу IP або технології MPLS відділ IT ще може регулювати розподіл пропускної здатності мережі, якість послуг і тривалість затримок. Якщо ж задіяні лінії далекого зв'язку, які орендуються в стороннього сервісу-провайдеру, то мережні адміністратори стають неспроможні. А для інтернет-з'єднань взагалі можна гарантувати лише передачу даних «у міру можливості» (Best Effort).

Для оптимального використання засобами відеозв'язку доступної пропускної здатності мережі не обійтися без алгоритмів стиску, таких як H.264, H.264 High Profile і H.264 SVC (Scalable Video Coding). У якості стандартних комунікаційних протоколів повсюдно затвердилися стандарти SIP і H.323.

У випадку проведення відеоконференцій з якістю HD, дозволом 720p і частотою зміни зображення 30 кадрів у секунду, для кодека H.264 потрібна пропускна здатність від 700 Кбіт/с, а для Full HD з 1080p – від 1 до 5 Мбіт/с. Реальна потреба в мережних ресурсах залежить від декількох факторів, у тому числі від можливостей устаткування для відеоконференцій, системних налаштувань, частоти зміни кадрів, а також від того, чи будуть крім відео передаватися інші типи даних.

Як показує досвід, для передачі відеозображень у гарній якості при дозволі 720p необхідно не менш 1 Мбіт/с, а для 1080p – близько 2 Мбіт/с. Якщо потрібно забезпечити дуже гарна якість для зображення з високою динамікою, варто розраховувати вже на 2 Мбіт/с (для 720p) і на 4 Мбіт/с (для 1080p). Помітимо, кодек H.264 High Profile забезпечує дуже висока якість при помірному навантаженні на мережу.

Додаткову складність створює вся зростаюча кількість користувачів, що бажають одержати доступ до додатків для UCC і спільної роботи зі своїх мобільних пристроїв (смартфонів і планшетних ПК). Оскільки ці пристрої, як правило, мають порівняно невеликі екрани, відеодані доводиться під них підбудовувати. Крім того, комунікація за допомогою подібних пристроїв здійснюється через мережі стільникового зв'язку, WLAN і Інтернет, а виходить, адміністратор корпоративної мережі не може вплинути на якість з'єднання й сервісу.

Типові проблеми таких неадмініструємих з'єднань – висока завантаженість, занадто більша втрата пакетів (Packet Loss), що часом перевищує 1%, а також тривалі затримки при передачі даних (200 мс і вище). Зазначені проблеми можна вирішити за допомогою систем, що підтримують стандарт H.264 SVC. Він забезпечує створення масштабованого відеопотоку, що підбудовується під продуктивність пристрою, розмір екрана і його програмне оснащення. Крім того, ця технологія здатна враховувати параметри пропускної здатності й рівень (у процентному співвідношенні) втрати пакетів. У результаті під час сеансів спільної роботи з відеозв'язку вдається підтримувати максимальне – для конкретного кінцевого пристрою при наявному мережному підключенні – якість зображення.

Наприклад, SVC може перекодувати вихідний відеопотік з дозволом 720p і частотою 30 кадрів у секунду в дозвіл 480p при 30 кадрах у секунду або у формат qCIF, придатний для невеликих мобільних пристроїв (розмір зображення 176 x 144 пікселів, частота 15 кадрів у секунду). Крім того, SVC має механізми, що знижують наслідку від втрати пакетів. Виміру

показують, що стандартні системи для відеоконференцій переносять втрату пакетів максимум до 1%. У свою чергу, механізми виправлення помилок і багаторівнева структура кодека H.264 SVC дозволяють забезпечити прийнятну якість відображення відео, навіть якщо втрата пакетів перевищує 20%.

Важливий аспект інфраструктури для UCC і спільної роботи з відеозв'язку на базі IP – її масштабованість. Такі рішення можна використовувати скрізь, де є з'єднання IP. При цьому підтримуються різні категорії систем, починаючи від окремих кімнат для віртуальних переговорів до настільних клієнтів і мобільних пристроїв. До такої інфраструктури можна підключити користувачів, що перебувають як усередині корпоративної локальної мережі, так і поза нею. Крім того, підхід на базі IP дозволяє підприємствам здійснювати безперерйну міграцію спочатку з офісних VoIP-УАТМ на настільні системи для відеоконференцій, а потім на інтегровані рішення UCC. Ще один позитивний аспект середовища на базі протоколу IP – у ній відсутня прив'язка до певного апаратного забезпечення.

Відповідно до дослідження, проведеному консалтинговим агентством Forrester Consulting за замовленням Avaya, однієї з основних проблем, що утрудняють впровадження відеокommunікаційних рішень, є недостатня сумісність мережної й програмної інфраструктури з компонентами рішень для відеозв'язку. Скориставшись радами експертів, фахівці IT зможуть обійти цю перешкоду:

Переклад протоколів. Всі кінцеві пристрої, відеоплюзи й сервери багатоточечного відеозв'язку варто набудовувати таким чином, щоб вони «розуміли» використовувані протоколи або могли перетворити їх у формат, зрозумілий для відеосистем. Такими протоколами є, приміром, H.323, SIP і кодеки H.264 або більше старий H.263. Для специфічних протоколів окремих виробників, таких як Telepresence Interoperability Protocol (TIP) або RTVideo, можна застосовувати плюзи. Варто також брати до уваги, що існують різні версії протоколів, не сумісні між собою (приміром, H.264 і H.264 Annex G).

Оптимізація пропускнуої здатності. Шлюзи й пристрої MCU повинні бути настроєні таким чином, щоб адаптувати відеопотік з урахуванням можливостей кінцевих пристроїв, на які він направляєтсь. Так, для перегляду відео в гарній якості (15 кадрів у секунду) на порівняно невеликому екрані смартфона підійде навіть канал із пропускнуою здатністю 200 Мбіт/с, якщо для стиску буде використовуватися кодек H.264. А от для системи відеозв'язку з передачею зображення якості HD, 60-дюймовим екраном і дозволом 1920 x 1080 пікселів при 30 кадрах у секунду буде потрібно вже не менш 1 Мбіт/с у випадку H.264 High Profile.

Стандартизація адресації. Щоб адресація в IT-середовищах, де розгорнуті рішення для відеоконференцій і спільної роботи з відеозв'язку від різних виробників, функціонувала без проблем, варто використовувати стандартизовані протоколи (SIP або H.323). А для підключення кінцевих пристроїв, що перебувають за межами корпоративної мережі, ці протоколи повинні підтримуватися архітектурою брандмауера.

Одне з найбільш складних завдань для адміністраторів – інтеграція відеозв'язку в інфраструктуру уніфікованих комунікацій (Unified Communication, UC), що поєднує мобільні пристрої, мультимедійні елементи й засоби колективної роботи (Social Collaboration). Центральними елементами такої інфраструктури є відеоконференції (їх можна проводити за допомогою найрізноманітнішого кінцевого встаткування), рішення UCC, а також корпоративна мережа, що дозволяє інтегрувати мобільні пристрої співробітників.

Одне із уже реалізованих рішень для спільної роботи з використанням відеозв'язку створено компанією Avaya для системи уніфікованих комунікацій IP Office. Воно являє собою віртуальний конференц-зал, у якому користувачі можуть бачити інших учасників, спілкуватися з ними й спільно розглядати документи. Його базовими елементами є сервер відео^-конференц-зв'язку (підтримують клієнти під керуванням Windows і Mac, а також мобільні клієнти під Android і IOS) і система для створення віртуальних переговорних кімнат (якість HD). Багатоточечний керуючий модуль HD-MCU (Multipoint Control Unit) дозволяє об'єднати різні кінцеві пристрої в єдиній конференції й забезпечити підтримку систем стандарту H.323 і SIP.

Важливо, що за допомогою такого рішення можна здійснювати комунікацію й з тими учасниками, які перебувають за межами корпоративної мережі (приміром, з мобільними співробітниками або діловими партнерами). Тому воно оснащено інтегрованими функціями брандмауера й NAT Traversal. Крім того, підприємствам варто звертати увагу на наявність можливості інтеграції служб каталогів, зокрема Active Directory, і номерних планів.

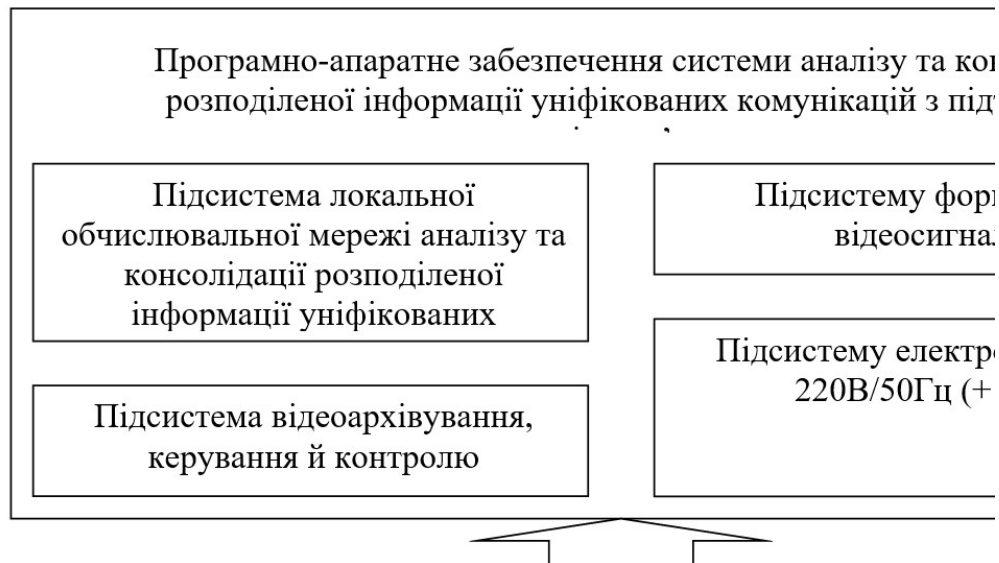


Рисунок 1 – Структурна схема роботи системи

Система аналізу та консолідації розподіленої інформації уніфікованих комунікацій з підтримкою відеозв'язку містить:

- Підсистему формування відеосигналів, що складається з камер аналізу та консолідації розподіленої інформації уніфікованих комунікацій з підтримкою відеозв'язку.
- Підсистему відеоархівування, керування й контролю, що містить сервера, автоматизовані робочі місця – комп'ютери й відеомонітори.
- Підсистему локальної обчислювальної мережі безпеки, що поєднує АРМ операторів і сервера системи аналізу та консолідації розподіленої інформації уніфікованих комунікацій з підтримкою відеозв'язку.
- Підсистему електроживлення 220В/50Гц, що містить джерела безперебійного живлення (UPS) для гарантованого електроживлення встаткування системи аналізу та консолідації розподіленої інформації уніфікованих комунікацій з підтримкою відеозв'язку протягом заданого часу.
- Програмно-апаратне забезпечення системи аналізу та консолідації розподіленої інформації уніфікованих комунікацій з підтримкою відеозв'язку.

Висновки. У статті наведені теоретичне узагальнення й рішення наукового завдання дослідження методів аналізу та консолідації розподіленої інформації уніфікованих комунікацій з підтримкою відеозв'язку.

Рішення даного завдання полягало у вирішенні наступних задач:

- Був проведений огляд існуючих систем аналізу та консолідації розподіленої інформації уніфікованих комунікацій з підтримкою відеозв'язку.
- Досліджена система аналізу та консолідації розподіленої інформації уніфікованих комунікацій з підтримкою відеозв'язку.
- На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи аналізу та консолідації розподіленої інформації уніфікованих комунікацій з підтримкою відеозв'язку.

Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання аналізу та консолідації розподіленої інформації уніфікованих комунікацій з підтримкою

відеозв'язку. 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. Kuznetsov, O., Frontoni, E., Kryvinska, N., Chevardin, V., Smirnov, O. «Wireless Network Encryption Stream Ciphers, Computational Modeling, and Security Analysis». *Computational Modeling and Simulation of Advanced Wireless Communication Systems*, 2024, pp. 379–402.
2. Kuznetsov, O., Frontoni, E., Kryvinska, N., Smirnov, O., Imoize, G.L. «Computational Modeling of Enhanced Spread Spectrum Codes for Asynchronous Wireless Communication». *Computational Modeling and Simulation of Advanced Wireless Communication Systems*, 2024, pp. 403–447
3. Al-Mudhafar Aqeel, A.M., Smirnova, T., Buravchenko, K., Smirnov, O. «The method of assessing and improving the user experience of subscribers in software-configured networks based on the use of machine learning». *Advanced Information Systems*, 2023, 7(2), pp. 49–56.
4. Smirnov, O., Sydorenko, V., Aleksander, M., Zhyharevych, O., Yenchey, S. «Simulation of the cloud IoT-based monitoring system for critical infrastructures». *CEUR Workshop Proceedings*, Volume 3530, 2023, pp. 256–265.
5. 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.
6. Smirnov, O., Neskorodieva, T., Fedorov, E., Rudakov, K., Neskorodieva, A. «Method Detection Audit Data Anomalies on Basis Restricted Cauchy Machine» *CEUR Workshop Proceedings*, Volume 3187, 2022,
7. Smirnov O., Smirnova T., Anas M. Al-Oraiqat, Drieiev O., Polishchuk L., Sheroz Khan, Yassin M. Y. Hasan, Aladdein M. Amro, Hazim S. AlRawashdeh «Method for Determining Treated Metal Surface Quality Using Computer Vision Technology». *Sensors (Basel, Switzerland)* Volume 22, Issue 16, 6223, 2022.
8. 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>
9. Smirnov O., Kuznetsov A., Zhora V., Onikiychuk A., Pieshkova O. «Hiding Messages in Audio Files Using Direct Spread Spectrum». *11th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACS 2021, Cracow, Poland, 22-25 September 2021*. P. 414–418.
10. Smirnov O., Kuznetsov A., Lokotkova I., Kuznetsova T., Florov S., Lebid O. «Using Orthogonal Signals to Hide Information in Images». *4 IEEE International Conference on Advanced Information and Communication Technologies (AICT) - 2021, Lviv, Ukraine, September 21-25, 2021*. P. 255–260.
11. 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.
12. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Kuznetsova T. «Non-binary constant weight coding technique». *CEUR Workshop Proceedings*. Volume 2740, 2020, Pages 102–114.
13. Smirnov O., Alimseitova Zh., Adranova A., Akhmetov B., Lakhno V., Zhilkishbayeva G. «Models and algorithms for ensuring functional stability and cybersecurity of virtual cloud resources». *Journal of theoretical and applied information technology* Vol.98. No 21, 2020, P. 3334–3346.
14. Smirnov O., Kuznetsov A., Kovalchuk D., Kuznetsova T. «New technique for data hiding in cover images using adaptively generated pseudorandom sequences». *CEUR Workshop Proceedings* Volume 2654, 2020, Pages 1–14.
15. Smirnov O., Kuznetsov A., Onikiychuk A., Makushenko T., Anisimova O., Arischenko A. «Adaptive pseudo-random sequence generation for spread spectrum image steganography». *2020 IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT)*, Ukraine, Kyiv, May 14–18. 2020. P. 161–165.
16. 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.
17. Smirnov O., Kuznetsov A., Pushkar'ov A., Serhiienko R., Babenko V., Kuznetsova T., «Representation of Cascade Codes in the Frequency Domain». In: Radivilova T., Ageyev D., Kryvinska N. (eds) *Data-Centric Business and Applications. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, vol 48. Springer, Cham. 2021. pp 557–587.
18. Smirnov, O., Drieieva, H., Drieiev, O., Polishchuk, Y., Brzhanov, R., Aleksander, M. «Method of fractal traffic generation by a model of generator on the graph». *CEUR Workshop Proceedings* Volume 2616, 2020, Pages 366–379.
19. 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.
20. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Gorbacheva, L., Babenko, V., «Hiding data in images using a pseudo-random sequence», *CEUR Workshop Proceedings* Volume 2608, 2020, Pages 646–660.

21. Zhurakovskiy, B., Tsopa, N., Batrak, Y., Odarchenko, R., Smirnova, T. «Comparative analysis of modern formats of lossy audio compression». Workshop Proceedings, 2020, 2654, стр. 315-327.
22. Smirnov O., Kuznetsov A., Zaichenko 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.
23. 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.
24. 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.
25. 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.
26. 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.