

УДК 004

Б.Поляруш, магістр гр. КІ-23М*Центральноукраїнський національний технічний університет*

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ KVM НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ HDBASE-T

У статті розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи KVM на основі технології HDBase-T. Метою розробки є дослідження та програмна реалізація системи KVM на основі технології HDBase-T. Об'єктом дослідження є процес KVM на основі технології HDBase-T. Предметом дослідження є методи KVM на основі технології HDBase-T. Методи дослідження базуються на методах теорії кодування, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення. Результат роботи – програмна реалізація системи KVM на основі технології HDBase-T. В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих апаратних та програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

Постановка проблеми. Комп'ютерне встаткування створює шум, виділяє багато тепла й займає чимало місця. Застосування перемикачів і подовжувачів KVM дозволяє рознести обчислювальні блоки й периферію. Розмістивши комп'ютери в серверній кімнаті, можна створити в офісних і інших приміщеннях більше комфортні умови для роботи співробітників, забезпечити необхідні кліматичні параметри для обчислювального встаткування й підвищити рівень захищеності всього рішення.

Така конфігурація широко застосовується в різних центрах керування, демонстраційних залах, навчальних аудиторіях. При цьому все частіше потрібно забезпечити передачу відео у форматі HD без втрати якості.

Потреба в подовженні з'єднань між джерелами й одержувачами сигналу і їхньої комутації виникає при виконанні багатьох завдань. Використання подовжувачів і перемикачів дозволяє ефективно здійснювати моніторинг і керування робітничими середовищами й процесами автоматизації.

У застосовуванні для цих цілей сучасних рішеннях знайшли відбиття наступні тенденції й запити:

- перехід від аналогової до цифрової комутації;
- потреба в розподілі цифрового відео;
- гнучкість контролю за периферією й засобами відображення;
- спрощення й здешевлення схем підключення при розширенні функціональності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При аналізі останніх досліджень і публікацій [1-10] було виявлено певні прогалини у забезпеченні системи KVM на основі технології HDBase-T.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є дослідження та програмна реалізація системи KVM на основі технології HDBase-T.

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

- Огляд існуючих систем KVM на основі технології HDBase-T.
- Дослідження системи KVM на основі технології HDBase-T.
- Програмна реалізація системи KVM на основі технології HDBase-T.

Об'єктом дослідження є процес KVM на основі технології HDBase-T.

Предметом дослідження є методи KVM на основі технології HDBase-T.

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

Виклад основного матеріалу. HDBase-T в KVM

Технологія передачі високої щільності по кручений парі (High Density Base-T, HDBase-T) знайшла широке застосування в аудіовізуальній галузі завдяки можливості передавати по симетричному кабелі різні типи сигналів: незжаті відео Ultra-HD/3D, 2K/4K і відповідну службову інформацію; аудіо в «важких» форматах; кадри Ethernet зі швидкістю 100 Мбіт/с; керуючі сигнали CEC, RS-232 і інфрачервоні; USB 2.0 і живлення до 100 Вт. При наявності в передавальному й приймаючому пристроях мікросхеми Valens мультимедійні дані в дозволі 4K можна передавати на відстань до 150 м по кабелю крученою парою без використання додаткових пристроїв, що на даний момент є самим передовим способом.

Для передачі відео й інших сигналів KVM більшість постачальників цих пристроїв використовують, як і колись, власні технології, які для багатьох становлять предмет гордості. Так, Raritan підтримує свою технологію обробки відео, що «базується на 30-літньому досвіді компанії». Технологія, розроблена Guntermann & Drunck, дозволяє передавати відео з дозволом до 4K без втрати якості (lossless), а також всі сигнали, включаючи HID, USB 3.0 і RS-232.

Разом з тим всі частіше виробники KVM як базова технологія застосовують у своїх подовжувачах HDBase-T. Наприклад, у новій лінійці відеоматриць Blustream використовується HDBase-T, відзначає Микола Клаптиків, технічний фахівець компанії IMS. У більшості моделей подовжувачів і KVM компанії Rexton використовується HDBase-T. Подовжувачів можуть передавати й трафік Ethernet, і сигнали керування через інфрачервоний порт (крім того, одна з моделей приймача має убудований підсилювач потужності для аудіо). При використанні встаткування з підтримкою HDBase-T замовник не прив'язаний до певного виробника: передавач може бути випущений однією компанією, а приймач – іншою. Головна умова – єдина версія протоколу HDBase-T, що робить дану технологію ще більш гнучкою й зручною в експлуатації. Однак такі подовжувачі, як Pacific X-HDU від Avitech з повною підтримкою HDBase-T, скоріше виключення, чим правило. HDBase-T – дуже гарна й приваблива ідея об'єднати сигнали п'яти різних типів у єдиному інтерфейсі (5 Play). На практиці ж деякі виробники реалізують повну специфікацію 5 Play. Більшість пропонують 3 Play (аудіо, відео, RS-232), а те й 2 Play (аудіо-відео), що, природно, не вирішує завдань KVM.

Стандарт не передбачає строгих вимог до передавачів і приймачів; його специфікації засновані на рекомендаціях. Відповідно, виробники KVM не поспішають відмовлятися від власних пропріетарних технологій на користь HDBaset-T. Крім потенційних проблем із сумісністю, на шляху до широкого застосування HDBase-T для завдань KVM є й інші перешкоди – наприклад, обмеження на дальність, оскільки ця технологія припускає використання кручений пари. KVM всі частіше застосовуються для підключення вилучених комп'ютерів із двома відеовиходами (Dual Head). Як указують в IMS, з допомогою пристроїв на базі HDBT підключити два відеопотоки по одному кабелі не можна, а із застосуванням професійних KVM-подовжувачів – можна. В Extron відзначають, що комутація сигналів HDBase-T – ще більш складне завдання, і кожний виробник змушений вирішувати її по-своєму. Всі ці труднощі ведуть до подорожчання рішення й роблять його неконкурентоспроможним у порівнянні із традиційними KVM.

Таким чином, HDBase-T поки не відповідає повною мірою всім вимогам, які пред'являються до KVM. Можливість передачі USB-сигналів паралельно з відеоінформацією дозволяє використовувати цю технологію в KVM-системах, але це не означає, що потрібно відмовитися від всіх інших, особливо в проектах, де пред'являються особливі вимоги до надійності й відказостійкості. HDBase-T – проміжна технологія на шляху до повноцінної передачі цифрових відеоінтерфейсів по IP.

Для передачі відео на більшу відстань (або по більше вузьких каналах) може використовуватися стиск. У такому випадку сигнал передається по стандартній IP-мережі –

як локальної, так і глобальної. Стиск зовсім не припускає низької якості відео – воно може вироблятися без втрати деталей зображення. Разом з тим в інтернет-трансляціях звичайно застосовуються алгоритми, що не уникають втрат, зокрема H.264. Такі алгоритми забезпечують високу якість зображення для звичайного перегляду, але для докладного розгляду важливих деталей, необхідних для фахівців центрів керування або медичних установ, його недостатньо.

Кращі сучасні алгоритми дозволяють передавати по локальній мережі комп'ютерні зображення або повноцінне відео HD-якості в деталях і без яких-небудь візуальних перекручувань. Однак через високі вимоги до пропускну здатності їхнє застосування звичайно не поширюється на глобальні мережі й Інтернет.

Розробка структурної схеми

Матричні подовжувачі

Матричні перемикачі дозволяють комутирувати різні типи сигналів між безліччю джерел і користувачів. По суті це ті ж подовжувачі сигналів, але в конфігурації «багато хто з багатьма»: джерела й одержувачі сигналу теж підключаються через передавачі й приймачі, при цьому матричний перемикач виступає в ролі свого роду посередника, що дозволяє їм установити з'єднання між собою в довільній комбінації. Поряд з функціональністю KVM вони забезпечують маршрутизацію, комутацію й багатоточковий розподіл цифрових відеосигналів різних форматів високого дозволу.

Залежно від числа портів і інших факторів матричні перемикачі мають монолітну або модульну конструкцію. В останньому випадку, як правило, вдається гнучко варіювати спосіб підключення джерел і консолей, вибираючи необхідне середовище передачі – мідь або оптику. Двонаправлені порти перемикача служать як для прийому, так і для передачі сигналу, тобто до них можна підключати як трансівер, так і приймач сигналів. У кращих виробках перемикач між джерелами здійснюється миттєво – протягом одного кадру. Деякі виробники пропонують технології для об'єднання перемикачів, завдяки чому рішення масштабується до декількох тисяч портів.

Для дистанційного підключення периферії до серверів і робочих станцій, коли потрібно одночасно забезпечити передачу відео високої якості, постачальник Interactive Multimedia Solutions (IMS) рекомендує використовувати матричний KVM-перемикач серії DVICenter німецької компанії Guntermann & Drunck. Ці перемикачі забезпечують одночасне керування десятками персональних комп'ютерів. Порти ПК і робочих станцій можуть бути довільно скомбіновані з урахуванням поставлених завдань. Пристрій оснащений резервним блоком живлення, що гарантує його безперебійну роботу у випадку виходу з ладу основного блоку. Рішення забезпечує гнучкі можливості розподілу прав користувачів, для збільшення кількості що підключаються ПК і консольних модулів перемикачі можна каскадувати.

На ринку є моделі з підтримкою сотень портів в одному корпусі. Найбільший на сьогоднішній день перемикач KVM недавно випущений компанією IHSE: у відносно компактному корпусі висотою 25RU розміщається 576 двонаправлених портів. Цей матричний перемикач Draco tera K 480-576 корпоративного класу має архітектуру, що не блокує, і призначений для використання в центрах керування й телевізійних студій. Перемикач має повністю надлишкову системну архітектуру, у тому числі резервуємі джерела живлення, замінні в гарячому режимі модулі й т.д. Міжз'єднання між входом і виходом теж надлишкове: обрив з'єднання між консольним і системним блоками миттєво виявляється, і передача даних здійснюється по резервному каналі.

K 480-576 підтримує відео високого дозволу, у тому числі формати DVI, HDMI, DisplayPort, VGA, HD-SDI і 3 G-SDI (поряд з аналоговими й цифровими аудіоформатами й даними USB 2.0/3.0). При використанні волоконно-оптичних кабелів XV цей перемикач може підтримувати відео UltraHD з дозволом до 4K – 4096x2160. Сьогодні ці потужні пристрої вторгаються в область, де традиційно домінувало таке спеціалізоване встаткування, як відеомікшери, або відеокомутатори (video switcher). Останні розроблялися для перемикачів між різними джерелами відеосигналу й забезпечували в числі іншого

комбінування або змішання сигналів, саме тому їх часто називають відеомікшерами за аналогією з аудіомікшерами. Разом з тим сучасні моделі відеокомутаторів дозволяють перемикаєти не тільки відео, але й інтерфейсні HID-пристрої й іншу USB-периферію.

Коли необхідна передача високоякісної комп'ютерної графіки й відео пропонуємо використовувати рішення Crestron Digital Media. Користувачі одержують можливість доступу до будь-якої робочої станції з будь-якого робочого місця. При цьому ще забезпечується вивід інформації на будь-який екран колективного користування. Звичайне подовження USB у системах АВ-комутації обмежується низькошвидкісними пристроями USB 1.1 або підтримкою тільки HID, таких як клавіатура й миша. У рішення DigitalMedia шляхом відновлення прошивання інтегрована технологія SwitchableUSB компанії Icron, завдяки чому стало можливо підключати до нього будь-які USB пристрої, у тому числі стандарту USB 3.0: Web-камери, флеш-накопичувачі й аудіообладнання зі швидкістю передачі даних до 480 Мбіт/с.

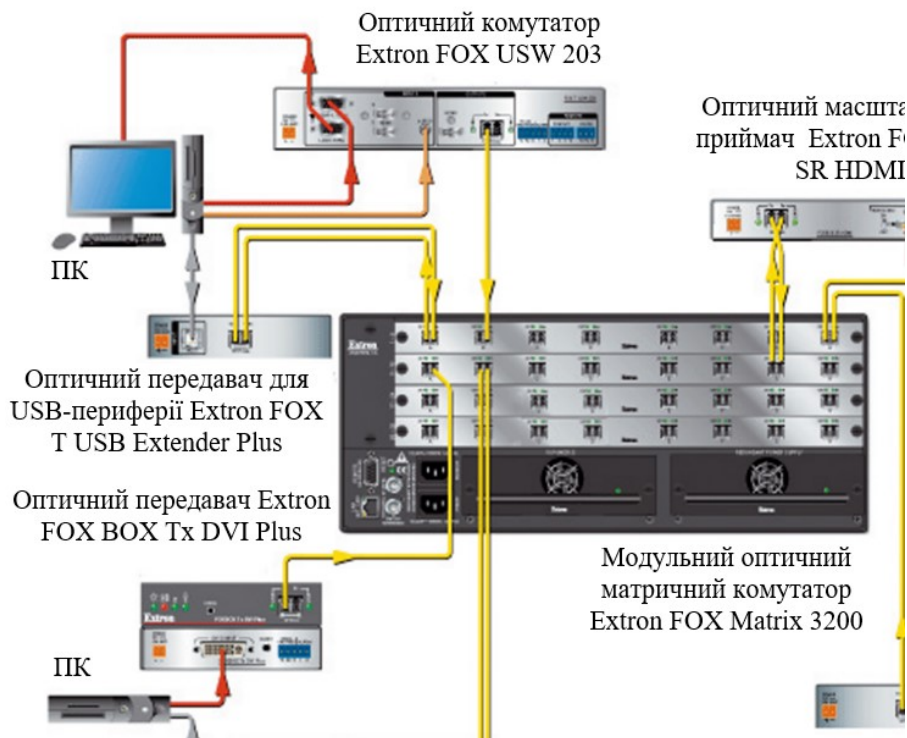


Рисунок 1 – Структурна схема системи

Матричний комутатор Crestron DigitalMedia являє собою централізований пристрій, і у випадку виходу його з ладу створюється ризик зупинки всього комплексу. Щоб забезпечити гарантовану працездатність останнього, ми розробили схему з'єднань декількох матричних комутаторів. Завдяки цьому, навіть якщо один із пристроїв DigitalMedia вийде з ладу, користувачі можуть продовжити свою роботу.

Постачальники комутаційного аудіо-відео-устаткування основний акцент роблять на забезпеченні передачі якісного відео, а функціональність KVM розглядається ними як приватна: рішення компанії орієнтовані на побудову інфраструктури для передачі й обробки сигналів аудіо-відео. Разом з тим практично будь-який подібний проект припускає передачу й комутацію різних аудіо- і відеосигналів від комп'ютерних систем, у тому числі від USB і Ethernet. У лінійці продукції Extron є безліч рішень: від простих АВ-передавачів «точка – точка» по кручений парі або оптичному волокну до складних матричних комутаторів розмірністю тисяча на тисячу входів/виходів. З розрахунком на перспективу була розроблена лінійка матричних комутаторів Extron XTP II Systems із загальною пропускною здатністю 50 Гбіт/с, що дозволяє передавати й комутувати відеосигнали з дозволом до 8K.

Віртуальна матриця

Застосування матричних перемикачів має на увазі створення окремої виділеної інфраструктури. Крім того, сам такий перемикач являє собою спеціалізований пристрій, де, як правило, використовуються нестандартні, пропріетарні технології. Подібні рішення є у всіх провідних постачальників традиційних KVM. Разом з тим багато хто з них стали розвивати альтернативний підхід, коли для комутації сигналів задіюється наявна локальна мережа й стандартні комутатори Ethernet. Останні для забезпечення ефективної роботи й напрямку відеотрафіку тільки тим одержувачам, хто в ньому зацікавлений, повинні підтримувати протокол IGMP. Щоб у мережі не виникали перевантаження, особливо якщо в ній є присутнім і інший трафік, таке рішення повинне бути ретельно сплановано. Із цієї причини воно має обмежену масштабованість або вимагає створення окремої мережі.

Загальна схема реалізації розподіленої комутуючої матриці загалом однакова у всіх постачальників. До джерел сигналу / системним блокам підключаються передавачі/кодувальники сигналу, а до одержувачів сигналу / периферії – приймачі/декодувальники сигналу. У свою чергу, приймачі й одержувачі приєднуються до комутаторів Ethernet по каналах, пропускна здатність яких повинна бути не менше 1 Гбіт/с. Для збільшення дальності передачі виробники пропонують передавачі й приймачі з оптичними інтерфейсами. Як правило, у мережі встановлюється спеціалізований пристрій або виділений сервер із програмним забезпеченням для керування каналами й правами доступу. Сервер може підключатися в будь-якому місці мережі, при цьому буває досить з'єднання в 100 Мбіт/с.

Крім розподілу високоякісного відео між безліччю одержувачів, таке рішення забезпечує відказостійкість при відповідній конфігурації мережі. Система на основі технології ADDERLink INFINITY дозволяє реалізувати відказостійке рішення на базі стекових комутаторів – при виході з ладу одного з них інші беруть на себе обслуговування трафіку. Це рішення затребуване там, де неприпустимий навіть незначальний простій. Однак є й обмеження, наприклад по кількості одночасно підключених пристроїв. Система передбачає нарощування кількості пристроїв, але при цьому зростає обсяг трафіку будуть позначатися на якості відображення інформації й частоті розгорнення. Тому така система стійко працює при відносно невеликій кількості робочих місць.

Компанія Aten пропонує систему Aten KE System на базі KVM-подовжувачів KE6900 і KE6940. Кожний такий подовжувач складається з пари рознесених пристроїв – приймача й передавача; вони підключаються по локальній мережі Gigabit Ethernet, утворюючи, як затверджується, необмежений віртуальний матричний KVM-перемикач із можливістю формування відеостіни. Крім подовжувачів, до складу рішення входить програмне забезпечення SSCM. Завдяки убудованому високопродуктивному графічному процесору подовжувачі забезпечують стабільну, без затримок передачу й відтворення зображення з дозволом 1920x1200 пікселів. Технологія Fast Switching дозволяє операторові за вилученою консоллю миттєво перемикатися між джерелами з різним дозволом.

До одного приймача може бути підключено кілька передавачів по різних інтерфейсах, у результаті сформована система здатна контролювати по KVM один сервер, управляти по RS232 іншим, підключитися по USB до третього, слухати й передавати (мікрофон) звук на четвертий. Крім того, устаткування можна поєднувати (агрегувати) у кілька блоків під єдиною консоллю керування з підключенням одночасно декількох моніторів на одному робочому місці оператора, що значно розширює можливості, наприклад операторів ситуаційних центрів. Для захисту переданих по мережі даних подовжувач KE застосує кодуючий їх за допомогою 128-розрядного шифрування AES.

Крім Adder і Aten, схожими рішеннями розташовують і інші виробники KVM. Так, Raritan пропонує систему розподілу аудіо й відео по IP Raritan AV-over-IP Distribution System (RAV-IP). Для конфігурації використовується графічний інтерфейс на базі Web. Перемикання каналів введення-виводу може здійснюватися за допомогою пульта дистанційного керування, як на звичайних телевізорах. Компанія позиціонує цей продукт як,

що розгортається швидко систему, для невеликих інсталяцій, де потрібно забезпечити подовження, розподіл і комутацію високоякісного аудіо й відео. Подібно іншим таким же рішенням, RAV-IP призначена для застосування в самих різних сценаріях, включаючи Digital Signage і відображення мультимедійного контенту в магазинах, готельних лобі, приймалень покоех, кімнатах для нарад, центрах керування й т.д.

Крім потенційних обмежень у масштабуванні, у цих рішень є й інші недоліки, які накладають обмеження на їхнє використання. Як відзначає Микола Клаптиків, технічний фахівець компанії IMS, для створення IP-матриці потрібно додатково здобувати досить дороге мережне встаткування, через що витрати на реалізацію проекту збільшуються й стають порівнянні з вартістю побудови волоконно-оптичної KVM-матриці, якість передачі сигналів у якій на порядок вище. Явним мінусом є й імовірність затримок при поширенні сигналів, що неприпустимо для багатьох організацій: військових підприємств, диспетчерських, студій теле- і радіомовлення в прямому ефірі та ін.

Відео окремо, керування окремо

Гібридна схема з розділними середовищами для передачі відео й керуючих сигналів клавіатури й миші використовується в рішенні компанії RGB Spectrum: для доставки відео задіється виділена інфраструктура, а для пересилання керуючих сигналів – локальна мережа (по міркуваннях безпеки теж найчастіше виділена).

Такий підхід пов'язаний з тим, що для передачі й комутації якісного відео потрібні виділені ресурси. Інтегрована KVM-система Enterprise MultiPoint Control Room Management System (Enterprise MCMSTM) від RGB Spectrum дозволяє групі користувачів управляти роботою безлічі комп'ютерів і джерел даних, при цьому вона забезпечує вивід зображень від джерел на персональні монітори співробітників і на екран відеостіни в багатовіковому режимі.

Центральним елементом KVM-системи RGB Spectrum є комутаційне встаткування. За доставку високоякісних відеосигналів від джерел до засобів відображення відео в системі Enterprise MCMSTM відповідають професійні матричні комутатори LINX і OPTO. Сигнали можуть передаватися як по кручений парі, так і по оптиці. У першому випадку використовуються пристрої CAT LINX на базі технології HDBase-T, у другому – оптичні передавачі й приймачі серії OPTO. Вивід зображень у багатовіковому режимі на екран відеостіни забезпечується процесорами відеостін серій MediaWall і MediaWall V. Останні підтримують джерела відеосигналу з дозволом 4K і вивід зображень на 4K-дисплеї. Робота всіх пристроїв (матриць, процесорів відеостін і т.д.) і призначення прав операторів контролюються спеціальним сервером.

Сигнали керування в системі Enterprise MCMSTM передаються по окремій замкнутій локальній мережі IP. Для забезпечення безпеки передачі даних вона може бути ізольована від зовнішніх мережних підключень і здійснювати передачу команд керування тільки між пристроями RGB Spectrum, що входять до складу Enterprise MCMSTM, і ПК-джерелами, якщо останнє не заборонено на конкретному об'єкті оснащення. Таким чином, сигнали клавіатур і мишей, підключених до робочих станцій операторів, передаються по IP-мережі Enterprise MCMSTM. Вони будуть передані джерелу, тільки якщо оператор зареєстрований на сервері й має права на керування даним джерелом.

Дистанційне з'єднання з комп'ютером може бути встановлено двома способами: за допомогою встановленого на комп'ютері програмного агента (Remote Desktop Agent, RDA) або через зовнішній адаптер (External Desktop Adapter, EDA), запатентований компанією RGB Spectrum. Адаптер EDA – це апаратний пристрій, що працює на фізичному рівні моделі OSI і забезпечує односпрямовану передачу сигналів керування. EDA одержує сигнали від клавіатури й миші через мережу Enterprise MCMSTM і відсилає їхньому комп'ютеру-джерелу через порт PS/2 (допускається використання адаптера PS/ 2-to-USB). Оскільки порт PS/2 односпрямований, команди можуть бути передані на комп'ютер, але одержати доступ до даних комп'ютера або скомпрометувати їх неможливо. Таке рішення особливо ефективно, коли потрібно забезпечити високий рівень безпеки й/або мережної ізоляції ПК-джерела.

Завдяки всім цим обережностям система Enterprise MCMSTM може працювати як у захищених, так і незахищених мережах.

За межами локальної мережі

Сучасні системи для комутації сигналів KVM здатні забезпечити передачу по локальній мережі відео високого дозволу до 1920x1200 пікселів (і навіть вище) із частотою кадрів до 60 Гц при кольоровості глибиною до 24 біт. Однак якщо доступ до керованого встаткування треба надати для тих, хто перебуває за межами локальної мережі, якістю відео прийде поступитися. При цьому головна проблема скоріше не технічна (хоча питання затримки коштує ще більш гостро), а економічна: створення виділеної мережі з необхідною пропускну здатністю обійдеться занадто дорого. На даний момент передача високоякісного відео по мережах загального користування нереалізована, тому що потрібне виділення гарантовано високої пропускну здатності.

За межами мережі, виділеної для критично важливих додатків, важко гарантувати передачу високоякісного відео. Якщо для з'єднань «точка – точка» ще їсти шанс забезпечити належну якість, то для багатоточечних з'єднань це проблематично. У тих же ситуаціях, коли безперебійної роботи використовуваних додатків не потрібно, для передачі відео можуть задіятися й Інтернет-З'єднання. Проте навіть у цьому випадку необхідно передбачити широкий канал доступу в Інтернет, оскільки для відео високого дозволу потрібна «гарна пропускна здатність».

Як правило, виробники KVM більше оптимістичні відносно можливостей і перспектив IP KVM, чим постачальники систем для комутації аудіо-відео. IP KVM – гнучка технологія, що може бути сконфігурована для використання в локальних і територіально розподілених мережах, і навіть у глобальні. Деяким компаніям, наприклад віщальним, можуть знадобитися рішення, де стиск і затримки зовсім неприпустимі, так що їм необхідні більше дорогі (і при цьому менш гнучкі) рішення на базі виділеної мережі з оптичною проводкою. Разом з тим IP KVM здатні, на його думку, забезпечити від 90 до 100% вимог до відео з боку більшості компаній, у тому числі до високопродуктивного відеодоступу, реалізованому на основі більше гнучкого, простого в розгортанні й економічного рішення.

Здатність IP KVM задовольнити необхідні вимоги до передачі високоякісного відео залежить не тільки від правильності схеми використання й підбора встаткування, але й від рівня розвитку мережної інфраструктури, у якій будуть застосовуватися ці схеми, а також від грамотного розподілу її ресурсів. При поширенні цих завдань за межі локальної мережі перераховані умови поширюються й на зовнішню інфраструктуру. На сьогоднішній день IP KVM здатні задовольнити вимоги до передачі високоякісного відео в локальній мережі, а в міру розвитку зовнішньої мережної інфраструктури це стане можливо й за її межами.

Таким чином, застосування сучасних рішень для подовження цифрових відеосигналів і периферії дозволяє реалізувати безліч конфігурацій для самих різних завдань, де потрібно організувати дистанційне підключення пристроїв для керування й відображення, установлених у ситуаційних центрах, телевізійних студіях, переговорних кімнатах, навчальних аудиторіях, медичних установах і т.д. При цьому технології й рішення на базі KVM всі частіше використовуються для виконання традиційних завдань із області АВ, таких як Digital Signage, і навпаки. У результаті споживачі одержують широкий вибір можливих продуктів, що відрізняються за ціною, характеристикам і функціональністю.

Висновки. У статті наведені теоретичне узагальнення й рішення наукового завдання дослідження методів KVM на основі технології HDBase-T.

Рішення даного завдання полягало у вирішенні наступних задач:

- Був проведений огляд існуючих систем KVM на основі технології HDBase-T.
- Досліджена система KVM на основі технології HDBase-T.
- На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи KVM на основі технології HDBase-T.

Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання

KVM на основі технології HDBase-T. 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. 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.
2. Smirnov, O., Sydorenko, V., Aleksander, M., Zhyharevych, O., Yenchov, S. «Simulation of the cloud IoT-based monitoring system for critical infrastructures». *CEUR Workshop Proceedings*, Volume 3530, 2023, pp. 256-265.
3. 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.
4. 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,
5. Smirnov O., Smirnova T., Anas M. Al-Oraiqat, Drieiev O., Polishchuk L., Sherov 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.
6. 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>
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Kuznetsova T. «Non-binary constant weight coding technique». *CEUR Workshop Proceedings*. Volume 2740, 2020, Pages 102-114.
11. 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.
12. 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.
13. Smirnov O., Kuznetsov A., Onikiychuk A., Makushenko T., Anisimova O., Arischenko A. «Adaptive pseudorandom 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.
14. 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.
15. Smirnov O., Kuznetsov A., Pushkar'ov A., Serhienko 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.
16. 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.
17. 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.
18. 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.
19. 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.
20. 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.

21. 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.
22. 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.
23. 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.
24. 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.
25. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kavun, S., Babenko, B., Nakisko, O., Kuznetsova, K., «Malware Correlation Monitoring in Computer Networks of Promising Smart Grids», 2019 IEEE 6th International Conference On Energy Smart Systems (2019 IEEE ESS), Kyiv, Ukraine April 17-19, 2019 P. 347-352.