*Экология предприятия. - 2015. - №2. – С. 38-45.*

Володимир Порєв,

Завідувач кафедри наукових, аналітичних та екологічних приладів і систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут», Геннадій Порєв,

Доцент кафедри інтелектуальних та інформаційних систем Київського національного університету [ім. Тараса Шевченка](http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.univ.kiev.ua%2F&ei=BnayVMLhJMq7UcOwg8gC&usg=AFQjCNEaGJMc8KaYWbpA3PVkV21_dMvZbg&bvm=bv.83339334,d.d24)

**Перспективи розвитку архітектури комп’ютерних**

**мереж екологічного моніторингу**

*Використання архітектури територіально розосереджених однорангових комп’ютерних мереж при створенні інформаційних технологій екологічного моніторингу довкілля забезпечить балансування навантаження, автоматичне усунення наслідків збоїв каналів зв’язку, підвищить достовірність та оперативність надходження даних.*

Проблема вдосконалення технологій контролю та обліку небезпечних викидів забруднюючих речовин і парникових газів в атмосферу, а також прогнозування їх розповсюдження в атмосфері, на сьогодні надзвичайно актуальна, що не в останню чергу є наслідком відсутності адекватного підходу до її вирішення, який би враховував тенденції розвитку екологічного приладобудування і сучасні вимоги до інструментального та інформаційного забезпечення екологічного моніторингу.

Оскільки елементна база, системотехніка та технологія виробництва екологічних приладів на сьогодні досягли високого рівня і намітилась тенденція до стабілізації, то істотне підвищення достовірності екологічного моніторингу можливе тільки на шляху вдосконалення інформаційно-комунікаційної інфраструктури.

Зростання обсягу задач збирання, обробки та передавання даних з територіально віддалених районів та поява нових спеціалізованих методів і технічних засобів їх вирішення висуває нові вимоги до мережевих рішень. При цьому сучасні підходи до створення інформаційних технологій контролю та обліку викидів забруднюючих речовин і парникових газів мають численні недоліки. Побудова прикладних реалізацій інформаційних технологій із залученням традиційних рішень фактично консервує принципові архітектурні недоліки «клієнт-серверних» мереж, зокрема, наявність так званої «єдиної точки відмови» — ланки системи, відмова якої або втрата зв’язності з якою виключає всю систему цілком, приводячи до втрати актуальності накопичених даних, а при тривалій відмові — до втрати накопичених даних. З появою комп’ютерних мереж взагалі і глобальних комп’ютерних мереж зокрема, парадигма «клієнт-сервер» стала і залишається домінантною в мережах і до теперішнього часу, коли на ній базується переважна більшість інформаційних ресурсів.

В той же час перспективним рішенням може бути використання однорангових мереж, зокрема таких архітектурних особливостей, як відсутність центрального вузла, для проектування комунікаційних структур та протоколів в задачах територіально розосередженого екологічного моніторингу. Територіально розосереджені мережі взагалі, i однорангові мережі зокрема, по праву вважаються однією із найбільш перспективних технологій для вирішення існуючих та майбутніх задач науки і техніки без притаманних «клієнт-серверній» архітектурі недоліків.

Теоретичні розробки та практичні реалізації однорангових та розосереджених мереж до початку 21-го сторіччя мали вузько-спеціалізоване застосування, але до сьогодення однорангові і розосереджені мережі набули надзвичайно широкого користувацького вжитку як в мережі Інтернет, так і в корпоративному секторі. За порівняно короткий проміжок часу свого існування, однорангові мережі викликали цілу множину похідних від них технологій, зокрема файловий обмін, миттєві текстові повідомлення, мультимедіа на вимогу, доставка програмного забезпечення тощо.

Однорангова мережа за своїм визначенням є мережею спільного використання ресурсів. Специфіка однорангової мережі, зокрема, виконання її вузлами серверних функцій при негарантованості підключення кожного вузла, накладає певні обмеження на типи ресурсів. Надавати обчислювальні потужності в середовищі однорангової мережі недоцільно, тому що це потребує створення складних алгоритмів контролю, які будуть шукати баланс між кількістю навантажених однією і тією самою задачею вузлів і гарантуванням та забезпеченням доставки результатів обчислень до вузла-замовника. Зокрема, використовувати однорангову мережу для надання зв’язності з зовнішнім каналом може виявитися доречним тільки у вузькоспеціалізованих інформаційних технологіях, коли можна гарантувати гомогенність апаратно-програмного забезпечення мережі і коли об’єми даних і швидкості передачі несуттєво впливають на ефективність мережі в цілому. Крім того, тенденція розвитку цієї індустрії така, що з часом стають необхідні дедалі більші об’єми пам’яті тривалого зберігання для нових задач. Природно, що переважна кількість сучасних однорангових мереж орієнтована саме на використання розосередженої пам’яті тривалого зберігання, зокрема для файлового обміну, безпечного зберігання архівних даних тощо.

На відміну від однорангових мереж, які чітко визначені принципом суміщення клієнтських і серверних ролей, розосереджені мережі можуть мати диференціацію таких ролей. В них можна виділити вузли з чітко серверними та чітко клієнтськими функціями. В розосереджених мережах, так як і в однорангових, відсутня інфраструктура централізації, тобто вузол або група вузлів, яка контролює роботу всіх інших. Розосереджені мережі також не мають гарантованих в будь-який час підключень.

В цілому, технологічний перехід від централізованих комп’ютерних мереж до розосереджених — це не раптова і організована зміна технологій, але поступова еволюція засобів виробництва і керування в умовах, що створені поставленими задачами.

Застосування однорангових мережних технологій для задач глобального екологічного моніторингу дозволить підвищити їх ефективність, здатність до масштабування та стійкість до відмов при збереженні або зменшенні витрат на виготовлення апаратури та програмного забезпечення. Застосування однорангових мережних технологій може бути особливо ефективним в групі задач екологічного моніторингу державного та регіонального рівнів, об’єднаних в державну систему моніторингу довкілля (ДСМД), в розосередженій системі спостереження за параметрами національних енергетичних мереж, такій як мобільна система моніторингу екологічних параметрів та інших.

ДСМД, яка створюється згідно Постанови Кабінету Міністрів України № 391 від 30 березня 1998, забезпечує інформаційну технологію спостереження, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізу інформації про стан довкілля, прогнозування його змін і розроблення науково-обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень про запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання вимог екологічної безпеки. Проектна структура ДСМД передбачає понад 600 постів спостереження (ПС) за станом атмосферного повітря, за хімічним складом і кислотністю опадів та снігового покрову, за хімічним складом та якістю поверхневих вод, за радіаційним забрудненням атмосферного повітря, поверхневих вод та опадів тощо.

Проектним рішенням ДСМД як розосередженої комп’ютерної мережі є «клієнт-серверна» архітектура, в якій ролі клієнтських вузлів виконують ПС з індивідуальними каналами зв’язку до серверного вузла. З врахуванням оціночного рівня відмов каналів зв’язку в 2% технічне забезпечення таких каналів потребує резервування швидкості 6.58 Мбіт/с для передавання даних до та від серверного вузла.

Алгоритмічним забезпеченням типової організації ДСМД передбачено, що у випадку збою каналу зв’язку ПС із центральним сервером, апаратно-програмне забезпечення ПС виконує накопичення виміряних даних спостереження в тимчасову пам’ять з подальшим передаванням всього пакету при відновленні зв’язку.

Архітектурним рішенням ДСМД надається можливість виконувати автоматичне оновлення програмного та мікро-програмного забезпечення компонентів ПС шляхом перевірки та автоматичного завантаження і встановлення оновлених модулів. Оновлення програмного та мікро-програмного забезпечення ПС ДСМД за умови, що об’єм типового пакету оновлення 10 Мбайт та з врахуванням розрахункової пікової пропускної здатності серверного каналу зв’язку потребує 124 хвилини.

При побудові ДСМД за архітектурними принципами однорангових мереж алгоритмічне забезпечення ДСМД модифікується таким чином, щоб у випадку збоїв каналу зв’язку ПС з серверним вузлом пакети збереженої інформації передавалися за допомогою оверлейної маршрутизації на інші вузли мережі відповідно до метрики локальності. При цьому жодний з каналів зв’язку системи не буде навантажений в режимі повного насичення. Це дозволяє планувати гарантовану пропускну здатність каналу зв’язку не більше 11 КБіт/с, що в цілому підвищує стабільність каналу зв’язку, зокрема для телефонних ліній, де чутливість лінії передавання до завад пропорційна швидкості передавання даних.

Оновлення програмного та мікро-програмного забезпечення за тим же об’ємом типового пакету оновлення при застосуванні принципів масової доставки контенту в територіально розосереджених однорангових мережах виконується в два етапи: перший етап — первинне розповсюдження частин оновлення (з врахуванням резервованої швидкості на серверному вузлі) на 168 вузлів оверлею протягом 12 секунд при повному використанні каналу зв’язку центрального сервера; другий етап — подальше розповсюдження пакету оновлення серед вузлів мережі за принципом однорангового обміну протягом 4 умовних циклів загальною тривалістю 54 секунди при умові збереження повної працездатності серверного вузла та 72% працездатності вузлів ПС в будь-який момент часу.

Отже, якщо типова «клієнт-серверна» архітектура на оновлення програмного забезпечення потребує 124 хвилини виведення 100% вузлів системи з вимірювально-інформаційного обміну, що може привести до втрати актуальності виміряних даних в контексті контролю в реальному часі, то при застосуванні однорангового архітектурного принципу час оновлення системи зменшується практично до 1 хвилини і в кожний момент цього часу залишаються активними не менше 72% вузлів ПС.

Для прикладу розглянемо ДСМД, побудовану за архітектурою «клієнт-серверної» мережі та при наступних умовах: швидкість передачі даних від районного рівня до обласних концентраторів — 100 КБіт/с, швидкість передачі даних від обласних концентраторів до центральної магістралі — 4 МБіт/с, пропускна здатність центральної магістралі — 100 МБіт/с, щодобовий обсяг даних — 8 ТБайт, кількість фрагментів типового блоку публікації —20, середня швидкість відвантаження — 0.5 МБіт/с, швидкість зміни стану вузла — 1 зміна в секунду на 100 вузлів, середній об’єм інформації, що надходить від вузла — 10 Кбіт/с, пропускна здатність каналу зв’язку за допомогою виділеного каналу в мережах мобільних операторів стандарту GSM та UMTS — 50 Кбіт/с, доля збоїв каналу зв’язку вузла з центральним вузлом при умовному критичному стані системи — 2%. При таких параметрах середній рівень виникнення помилок в каналах передачі даних становитиме 1 збій на кожному 30-му вузлі протягом 1 доби.

В разі використання технології територіально розосереджених однорангових мереж при наведених вище даних середній рівень виникнення помилок в каналах передачі даних становитиме 1 збій на кожному 200-му вузлі протягом 1 доби. Отже, використання надлишкового резервування, притаманного ІТ-рішенням на основі архітектури територіально розосереджених однорангових мереж, дозволяє уникнути додаткових витрат на діагностику, пошук і усунення виявлених помилок, які в альтернативному варіанті «клієнт-серверної» архітектури складають від 8.0 до 12.0 тисяч гривень щодобово.

Така реалізація ДСМД дозволить запровадити технологічну уніфікацію вузлів системи, зменшити їх енергоспоживання та матеріальні витрати на розгортання системи, а також здійснити перехід до енергозберігаючих технологій.

Зауважимо, що архітектурні міркування в контексті застосування однорангових технологій в задачах екологічного моніторингу державного та регіонального рівнів не є специфічними саме до таких видів екологічного моніторингу. Наприклад, в лютому 2013 р. було оприлюднено для обговорення [проект постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження порядку проведення моніторингу навколишнього природного середовища підприємствами, установами та організаціями, діяльність яких призводить або може призвести до погіршення стану навколишнього природного середовища та положення про автоматизовану інформаційно-аналітичну систему моніторингу навколишнього природного середовища та забезпечення доступу до екологічної інформації».](http://www.menr.gov.ua/media/files/PrPostKMU25022013.rar)

Проект врахує процеси, які спостерігаються в останні роки та які триватимуть і надалі: зростання обсягів екологічної інформації, що передається, збільшення кількості датчиків-передавачів і користувачів-отримувачів екологічної інформації, погіршення умов роботи інфраструктурних і структурних елементів економіки, пов’язане з глобальними змінами клімату.

Чільне місце в цьому документі відведено інформаційно-аналітичним системам моніторингу (ІАСМ), які можуть забезпечувати інформаційну технологію спостереження, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізу інформації про стан довкілля, обсяги викидів та використаної енергії, прогнозування змін і розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття відповідних рішень. В документі конкретизовано, що ІАСМ формується шляхом розвитку інформаційної інфраструктури відповідно до сучасних вимог на основі новітніх наукових досягнень та автоматизованих гео-інформаційних технологій.

Очевидно, що перспективним варіантом побудови ІАСМ є використання архітектурних принципів однорангових мереж. При цьому жодний з каналів зв’язку системи не буде навантажений в режимі повного насичення, що в цілому підвищує стабільність каналу зв’язку при зменшенні витрат на виготовлення апаратури та програмного забезпечення.

Застосування однорангових мережних технологій може бути доцільним в групі задач екологічного моніторингу локального рівня, наприклад, в системі моніторингу екологічних параметрів мегаполісу, яка побудована на мобільних пересувних вузлах з використанням ресурсів розосереджених мереж і забезпечує отримання експериментальних даних про характер екологічних параметрів в умовах стресових навантажень або під час територіальної переконфігурації системи для фокусування моніторингу в заданому районі з метою відстеження надзвичайних ситуацій.

Застосування архітектурних принципів однорангових мереж може бути доцільним при створенні глобальної технології обліку техногенних викидів парникових газів, в задачах моніторингу національних енергетичних, автотранспортних, залізничних, повітряних та інших систем.

Принциповою рушійною силою для виникнення однорангових мереж зокрема, і парадигми розосередженого обміну і зберігання даних взагалі була, в першу чергу, необхідність розвантаження серверних ферм дата-центрів в задачах масової доставки контенту. Використання однорангових мереж для такого класу задач дозволяє звести роль дата-центру до суто керівних аспектів функціонування мережі, таких як управління життєвим циклом публікацій, надання веб-інтерфейсу підтримки користувачів тощо.

Вагомим ефектом такого підходу є економія споживаної електричної енергії. Типова серверна ферма дата-центру хостингової компанії, до складу якої входить промисловий кондиціонер для охолодження приміщення з 200 продукційних серверів, 3 маршрутизаторів та численного допоміжного обладнання (KVM, NAS, комутатори тощо) потребує джерела безперебійного живлення класу від 15 кВт та вище, а подекуди для забезпечення високого рівня доступності такі джерела живлення резервуються та працюють паралельно.

В той же час типову інфраструктуру для масової доставки мультимедійного контенту того ж масштабу можна, при використанні розосереджених однорангових комп’ютерних мереж, звести до одного контролюючого сервера та одного мережного сховища даних, вимоги до живлення яких не перевищать 1 кВт навіть під піковим навантаженням.