

ПОБУДОВА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

В даній статті здійснено обґрунтування необхідності створення системи моніторингу, проведений аналіз останніх публікацій та сформульовані завдання, які покладаються на системи моніторингу інформаційно-телекомунікаційної інфраструктури з урахуванням міжнародних рекомендацій. Детально проаналізовані основні переваги та недоліки найбільш поширених систем моніторингу, сформульовані загальні вимоги та загальна архітектура подібних систем. На основі головних функціональних параметрів зроблений вибір функціонування системи моніторингу контролю стану інформаційно-телекомунікаційної інфраструктури Збройних сил України, телекомунікаційного обладнання та автоматизації дій особового складу. Основні параметри вибраної системи підтверджені проведеним дослідженням.

Руденко В.И., Станович А.В., Михайлюк С.С., Остапук А.И. Разработка и внедрение системы мониторинга информационно-телекоммуникационной инфраструктуры Вооруженных сил Украины. В данной статье осуществлено обоснование необходимости создания системы мониторинга, проведен анализ последних публикаций, сформулированы задачи, которые возлагаются на системы мониторинга информационно-телекоммуникационной инфраструктуры с учетом международных рекомендаций. Детально проанализированы основные преимущества и недостатки наиболее распространенных систем мониторинга, сформулированы общие требования и общая архитектура подобных систем. На основании главных функциональных параметров сделан выбор функционирования системы мониторинга контроля состояния информационно-телекоммуникационной инфраструктуры Вооруженных сил Украины, телекоммуникационного оборудования и автоматизации действий личного состава. Основные параметры выбранной системы подтверждены проведенным исследованием.

V. Rudenko, O. Stanoviec, S. Mikhailuk, O. Ostapuk. Development and implementation of the IT infrastructure monitoring system of the Armed Forces of Ukraine. This article justifies the need to create a monitoring system, analyzes the latest publications, formulates the tasks that are assigned to the monitoring systems of information and telecommunications infrastructure, taking into account international recommendations. The main advantages and disadvantages of the most common monitoring systems are analyzed in detail, the general requirements and the general architecture of such systems are formulated. Based on the main functional parameters, the functioning of the monitoring system for monitoring the state of the information and telecommunications infrastructure of the Armed Forces of Ukraine, telecommunications equipment and automation of personnel actions was made. The main provisions of the selected system are confirmed by the research.

Ключові слова: *аналіз систем моніторингу, вибір, розробка, програмне забезпечення, експеримент, діагностика, підтвердження стану інфраструктури, подальше впровадження.*

1. Постановка задачі

На ряду з розвитком телекомунікацій швидкими темпами розвивається і система зв'язку Збройних сил України, впроваджуються перспективні апаратно-програмні засоби різного призначення (комутатори, маршрутизатори, засоби криптографічного захисту інформації, мультиплексори і т.п.), які базуються на передових телекомунікаційних технологіях. В модернізованих системах зв'язку розширюється номенклатура послуг, що надається, суттєво збільшується обсяг мережевого навантаження, ускладнюються структура, топологія та архітектура телекомунікаційних мереж.

В зв'язку з цим система зв'язку ЗС України ускладнюється, становиться все більш неоднорідною, як за структурою, так і за використанням технічних та програмних засобів. Все це визначає необхідність більш раціонального і комплексного використання ресурсів системи зв'язку ЗС України. Підвищення ефективності використання ресурсів системи зв'язку може бути досягнуто за рахунок розвитку і вдосконалення системи управління зв'язком ЗС України, в першу чергу, за рахунок її автоматизації [1 – 10].

Автоматизована система управління зв'язком (АСУЗ) є основним інструментом багаторівневої підтримки прийняття рішень посадових осіб управління зв'язком для

забезпечення планування, підготовки до застосування за призначенням, застосування і відновлення системи зв'язку та боєздатності сил (засобів), а також бойового застосування частин та з'єднань зв'язку з виконанням вимог стійкості, безперервності, оперативності та скритності [6].

Сучасний стан АСУЗ характеризується недостатнім рівнем автоматизації відповідних процесів. В діючих системах зв'язку використовуються здебільшого напівавтоматизовані процеси управління та окремі АСУ, що виконують певні завдання на рівнях управління елементами телекомунікаційних мереж та, частково, на рівні управління телекомунікаційною мережею. Зараз ідуть інтенсивні розробки та створення АСУЗ ЗС України на різних рівнях управління.

Для виконання основних функцій АСУЗ застосовується система моніторингу та оперативно-технічного управління, яка є функціональною підсистемою АСУЗ інформаційно-телекомунікаційної (ІТ) інфраструктури ЗС України.

ІТ-інфраструктура – це комплексна структура, яка об'єднує всі інформаційні технології та ресурси, які використовуються в ЗС України та включає в себе всі комп'ютери, встановлене програмне забезпечення, системи зв'язку, інформаційні центри, мережі та бази даних.

Розробка та впровадження системи моніторингу та оперативно-технічного управління ІТ-інфраструктури повинна забезпечувати [7]:

нормовану якість обслуговування абонентів постійно та під час пошкоджень, перевантажень і в умовах надзвичайних ситуацій;

отримання об'єктивної статистичної інформації про структуру та напрямки навантаження, відмови та відновлення працездатності елементів і фрагментів мережі тощо.

Розробка та впровадження системи моніторингу ІТ-інфраструктури у ЗС України забезпечить автоматизацію процесів управління функціонування системи зв'язку протягом усього її життєвого циклу, від введення в експлуатацію (планування, створення баз даних, у встановлення обладнання) так і в процесі експлуатації (технічне обслуговування, відновлення зв'язків, управління трафіком, контроль якості і т.п.).

2. Аналіз останніх публікацій

Загальні поняття ролі системи управління, її взаємозв'язок з телекомунікаційною мережею та з її технічною експлуатацією получило новий розвиток та наповнення в розробленій в рамках Міжнародного союзу електрозв'язок (МСЕ-Т) концепції мережі управління електрозв'язком (TMN – Telecommunication management network). Послуги управління стандартизуються у рамках Рекомендацій МСЕ-Т серії М [1–5]. В даних рекомендаціях визначені принципи організації TMN. Дана мережа є окремою мережею, яка має інтерфейси з однією або великою кількістю мереж зв'язку у декількох точках. TMN обмінюється з цими мережами інформацією і управляє їх функціонуванням. Відділення мережі управління від мереж зв'язку реалізується на фізичному або логічному рівні. На логічному рівні TMN може частково використовувати інфраструктуру мережі над якою здійснюється управління. В Рекомендації М.3010 визначені принципи організації та області застосування, приведені функціональна та інформаційна архітектури, надані приклади фізичної архітектури та пропонується функціональна еталонна модель операційних систем TMN. В Рекомендації М.3020 представлена методологія опису функціональних характеристик та специфікація інтерфейсів мережі (протоколів для інтерфейсів), М.3100 пропонує загальну інформаційну модель мережі, яка описує класи керованих об'єктів та їх властивості. М.3200 описує загальне використання TMN в різних телекомунікаційних мережах та послуги управління, М.3400 визначає функції управління керованими ресурсами телекомунікацій. В роботі [6] запропоновані основні концептуальні підходи щодо побудови системи управління мережами зв'язку військового призначення. Визначені поняття предметної області, цілі функціонування системи управління, обґрунтовані принципи її побудови, структура та функції, показники та критерії ефективності.

Даний [7] нормативний документ поширюється на телефонну мережу загального користування, як складову телекомунікаційної мережі загального користування. В ньому визначаються основні технічні вимоги до телефонної мережі загального користування, принципи побудови та шляхи подальшого розвитку цифрової частини мережі, встановлює правила взаємодії та принципи побудови телефонної мережі загального користування.

В монографії [8] розкриті системні проблеми та способи їх вирішення при організації управління сучасними телекомунікаційними мережами. Розглянуті основні положення по організації автоматизованого управління зв'язком, приводиться її архітектура та основні задачі мережевого управління. Представлені моделі мереж зв'язку, приведені поняття, які визначають ефективність управління мережами та способи їх оцінки, методи та алгоритми рішення задач управління комутаційним обладнанням та телекомунікаційними мережами.

В монографії [9] розглянуті актуальні питання управління телекомунікаційними мережами з детальним розглядом управління складом і конфігурацією мереж, засобів і об'єктів зв'язку та проводиться аналіз мережевих ресурсів і ідентифікація об'єктів управління. Розроблені мета, задачі, функції, загальні вимоги, принципи побудови автоматизованої системи управління і технічного обліку оператора зв'язку та запропонована багаторівнева архітектура. Проводиться аналіз застосування сучасних інформаційних технологій, розглядаються особливості управління та обліку мереж NGN.

В роботі [10] розроблена нова архітектура побудови системи управління безпроводовою сенсорною мережею з різномірними сенсорами, здатними до самоорганізації інформаційного обміну, а також адаптивними до умов функціонування, які неможливо передбачити у процесі проектування. Стаціонарні і мобільні сенсорні вузли збирають та аналізують інформацію про параметри оточуючого середовища і передають її на спеціальні інформаційні центри в реальному масштабі часу для прийняття оптимальних рішень.

В роботі [11] розглядаються найбільш відомі системи моніторингу телекомунікаційних мереж, представляється їх порівняльний аналіз, формулюються загальні вимоги та синтезується загальна архітектура подібних систем. Запропоновані рішення не здатні прогнозувати стан телекомунікаційних мереж, тому в такі системи необхідно включати додаткові модулі обробки статистичної інформації.

Таким чином проведений аналіз основних публікацій показав, що єдиної системи моніторингу телекомунікаційних мереж загального користування не існує.

Метою даної статті є аналіз існуючих систем моніторингу IT-інфраструктури, формування вимог до функціоналу перспективної системи моніторингу мереж, вибір та дослідження її впровадження в ЗС України.

3. Метою впровадження системи моніторингу, з урахуванням військових вимог, є розробка та перевірка функціональних можливостей системи моніторингу контролю стану IT-інфраструктури, телекомунікаційного обладнання та автоматизації діяльності особового складу, а саме:

контролю функціонування IT-інфраструктури та наданих нею сервісів користувачам;

організації службової діяльності особовим складом бойових постів інформаційно-телекомунікаційних вузлів (ІТВ) та пунктів управління (ПУ) інформаційно-телекомунікаційних систем (ІТС) в частині забезпечення контролю функціонування IT-інфраструктури та наданих нею сервісів користувачам;

збору, накопичення, візуалізації і надання користувачам інформації про доступність і продуктивність ресурсів IT-сервісів;

зменшення часу простою IT-сервісів та деградації продуктивності ресурсів за рахунок своєчасної локалізації збоїв;

запобігання збоїв за допомогою проактивного моніторингу;

прозорості управління IT-інфраструктурою та наданих нею сервісів користувачам за рахунок реалізації і підтримки в системі сервісно-ресурсної моделі надання IT-сервісів;

автоматичного формування записів про інциденти в системі Service Desk.

Для досягнення зазначеної мети в ході робіт зі створення системи моніторингу були вирішені наступні завдання:

обстеження, проектування системи моніторингу та деталізація переліку необхідного в проєкті програмного забезпечення;

впровадження підсистеми моніторингу;

впровадження підсистем моніторингу серверів, зберігання даних, операційних систем, мережевого обладнання;

впровадження підсистеми моніторингу телекомунікаційного обладнання;

впровадження підсистеми моніторингу допоміжного обладнання, яке забезпечує функціонування ІТ-сервісів та телекомунікаційного обладнання;

впровадження підсистеми моніторингу додатків;

проведення наукового дослідження.

4. Виклад основного матеріалу

Призначення системи моніторингу та її характеристика

Система моніторингу призначена для централізованого контролю стану ІТ-інфраструктури з використанням автоматичних і автоматизованих механізмів визначення причин можливих збоїв та автоматизації діяльності особового складу бойових постів ІТВ та ПУ ІТС по підвищенню якості і продуктивності ІТ-сервісів функціональним підрозділам ЗСУ. Структурна схема моніторингу ІТ-інфраструктури ЗС України наведена на рис. 1. Архітектура системи побудована за багаторівневим принципом, з метою забезпечити, при необхідності, автономність систем моніторингу при певних ситуаціях.

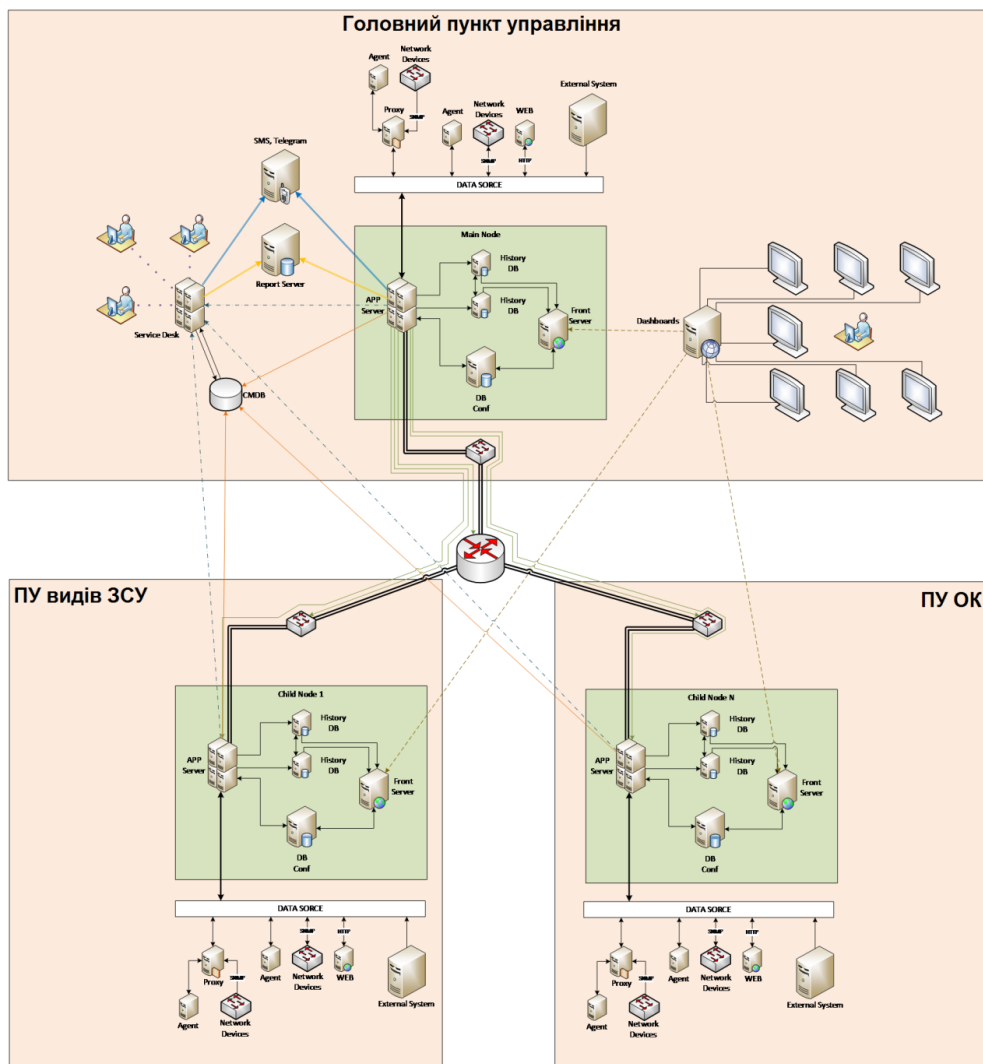


Рис.1 Структурна схема моніторингу

Перелік підрозділів в яких встановлюються сервери системи моніторингу залежить від структури системи зв'язку ЗС України.

Склад об'єктів моніторингу.

Об'єктом автоматизації є організація службової діяльності особовим складом бойових постів ІТВ та ПУ ІТС по підвищенню якості ІТ-сервісів що надаються функціональним підрозділам ЗС України, а саме:

контролю функціонування компонентів ІТ-інфраструктури і забезпечуваних нею ІТ-сервісів;

запобіганням збоїв в роботі ІТ-інфраструктури;

управління усуненням збоїв в роботі ІТ-інфраструктури;

збору, накопичення та надання користувачам інформації про доступність і продуктивність ресурсів та рівня ІТ- послуг;

надання інформації для підготовки планів робіт, прийняття рішень у розвитку інфраструктури.

Об'єктами моніторингу та управління системи моніторингу є ІТ-інфраструктура: сервери, операційна система, мережеве обладнання, маршрутизатори, телекомунікаційне обладнання, зберігання даних і SAN комутатори, інше кероване обладнання, список сервісів та параметри моніторингу сервісів, ІТ-обладнання та програмного забезпечення.

Аналіз систем моніторингу. З розвитком телекомунікацій, стрімко розвиваються і системи моніторингу. На ринку телекомунікацій існує багато різновидностей систем моніторингу. Найбільш поширеними та цікавими, з точки зору проведення аналізу, являються системи моніторингу, порівняння яких представлено в таблиці 1 [11] :

Таблиця 1

Порівняльний аналіз систем моніторингу

№	Система моніторингу	Операційна система	Параметри аналізу															
1	Argus	Заря ЦОД																
2	Zabbix	Windows																
3	Equipment Manager (EQM)	Windows																
4	AdRem NetCrunch	Windows																
5	NetMRI	Linux																
6	Quest Foglight Network Management System	Windows																
7	NetQoS Performance Center	Windows																
8	Nagios	Windows																
9	OPNET ACE Live	Windows																
10	Scrutinizer	Windows																
11	Opsview	Windows																
12	Zenoss	Windows																

Порівняння систем моніторингу проводилось за наступними функціональними параметрами [11]:

1. Формування звітів SLA (Service Level Agreement) згідно з вимогами TMN (Telecommunication Management Networks) ;

2. Формування основних тенденцій динаміки показників якості роботи ІТ-мережі;

3. Прогнозування зміни динаміки показників якості роботи ІТ-мережі;

4. Аналіз топології мережі. Збір інформації про елементи мережі;

5. Використання агентної моделі моніторингу;

6. Підтримка у використанні протоколу SNMP (Simple Network Management Protocol) для обміну інформацією про стани об'єктів спостереження в режимі реального часу;

7. Протоколювання подій. Формування доповідних записів про стан елементів мережі;

8. Наявність можливості оповіщення про виникнення критичних ситуацій, при негативних тенденціях зміни показників якості роботи ІТ-мережі;

9. Розподілений моніторинг сигнального обміну на предмет відповідності роботи обладнання певним специфікаціям протоколів.

Проведений аналіз показав, що більшість запропонованих систем моніторингу схожі за функціями, що ними виконуються.

Всі вони надають схожий мінімальний набір можливостей, проте кожна з них має певні відмінності та недоліки. В більшості систем взагалі не реалізовані можливості прогнозування основних тенденцій динаміки показників якості роботи ІТ-мережі, а в системах, де вони реалізовані, побудова відбувається на основі застарілої статистичної інформації. Подібне прогнозування не враховує фрактальність трафіку і нестационарність процесів, що відбуваються в ІТ-системі.

Узагальнивши рішення систем моніторингу та використавши матеріали досліджень [11], був зроблений висновок, що доцільно застосувати систему Zabbix, яка буде забезпечувати не тільки функціонування ІТ-інфраструктури ЗС України, але і її модернізацію та розвиток. Дана система моніторингу підтримує функції прогнозування стану ІТ-інфраструктури та уже використовується в ЗС України.

Zabbix – система моніторингу відкритого коду і відстеження статусів різноманітних сервісів телекомунікаційної мережі, серверів та мережевого обладнання з можливістю розподіленого моніторингу до 1000 вузлів. Конфігурація підлеглих вузлів повністю контролюється старшими вузлами, що перебувають на більш високому рівні ієрархії.

Для зберігання даних використовується MySQL, PostgreSQL, SQLite або Oracle. Веб-інтерфейс написаний на PHP. Zabbix підтримує кілька видів моніторингу:

Simple checks – може перевіряти доступність і реакцію стандартних сервісів, таких як SMTP або HTTP, без встановлення будь-якого програмного забезпечення на спостережувальному хості.

Zabbix agent – може бути встановлений на UNIX-подібних або Windows-хостах для отримання даних про навантаження процесора, використання мережі, дискового простору і т.д.

External check – виконання зовнішніх програм. Zabbix також підтримує моніторинг через SNMP.

Архітектура системи:

Zabbix сервер – центральний компонент системи, він отримує і обробляє дані від агентів і проксі, аналізує їх, робить певні дії по ситуації.

Агенти – збирають локальну оперативну інформацію з вузлів мережі і відправляють серверу. Агент встановлюється на кожен пристрій. Реалізовано пасивні і активні перевірки.

Zabbix проху (проксі) – це процес, який збирає дані з одного або ряду пристроїв і відправляє їх серверу (це робиться для зниження навантаження на сервер).

База даних – зберігає зібрану статистику, дані про конфігурацію і оперативну інформацію.

Для кожного елемента даних можна вказати свій параметр, період оновлення, спосіб зберігання. За даними будь-якого параметра система зможе побудувати графік зміни за будь-який проміжок часу з максимальною роздільною здатністю.

Zabbix надає гнучкі можливості по налаштуванню умов-тригерів; при аваріях і неполадках система подає сигнал – повідомлення про порушення штатного режиму роботи.

Дана система моніторингу та діагностики забезпечує:

збір інформації про елементи мережі;

підтримку і використання протоколу SNMP v1, 2, 3;

SLA моніторинг;

розподілений моніторинг;
гнучку систему шаблонів та груп;
централізований моніторинг лог-файлів;
повний доступ через Web;
звітність та тенденції;
використання агентної моделі моніторингу;
прогнозування подій (trending prediction);
інвентаризацію;
моніторинг підключення USB пристроїв;
розширення функцій за рахунок використання зовнішніх програм;
аналіз топології мережі;
гнучкий механізм повідомлень і надання звітів;
ієрархію вузлів;
зберігання історії та конфігурації в базі даних;
графіки в режимі реального часу;
створення карти мережі;
наявність інших вбудованих засобів візуалізації;
баз даних SQLite, MySQL, PostgreSQL, Oracle.

Ця система моніторингу являється найбільш зручною для створення на її основі власного рішення по моніторингу та управлінню IT-інфраструктурою ЗС, тому що вона дозволяє:

створювати власні перевірки, компоненти та власний метод конфігурування;
здійснювати взаємодію з мережевим обладнанням різних виробників.

Обрана система моніторингу забезпечує розподілений моніторинг мереж великої розмірності – IT-інфраструктури ЗС України, являється сучасною розробкою та вільно розповсюджується. Програмне забезпечення регулярно оновлюється.

Порядок проведення наукового дослідження. Наукове дослідження системи моніторингу проводились на базі ПУ Головного ІТВ, ІТВ Видів ЗС, оперативних командувань (ОК), інших військових частин на серверах моніторингу для збору даних стану обладнання IT-інфраструктури та телекомунікаційного обладнання, автоматизовані робочі місця (АРМ) операторів системи моніторингу, програмного забезпечення з використанням програмних продуктів Zabbix редакція PN і OTRS.

Для проведення досліджень були розгорнуті 4 сервери та 5 АРМ (начальник чергової обслуги бойового поста (НЧО БП), черговий пункту управління лінії (Ч ПУЛ), оперативні чергові пунктів управління системою зв'язку (ОЧ ПУСЗ)) обслуг операторів системи моніторингу силами та засобами ІТВ ПУ під керівництвом оперативного чергового головного пункту управління (ОЧ ГПУ) ІТС ЗС України у відповідності зі схемою, яка представлена на рис. 2:

Був визначений:

перелік об'єктів моніторингу та управління;
обладнання системи зберігання даних;
активне мережеве обладнання LAN, WAN;
обладнання забезпечення;
інформаційні сервіси;
типові параметри моніторингу для різних категорій об'єктів моніторингу.

Оцінювались:

створення довільних уявлень даних користувачів (Dashboards);
інформування про виникнення подій у системі (Email);
створення автоматичних сценаріїв дій на проблеми, які виникли;
підсистема генерування інцидентів на проблеми, що виникли.

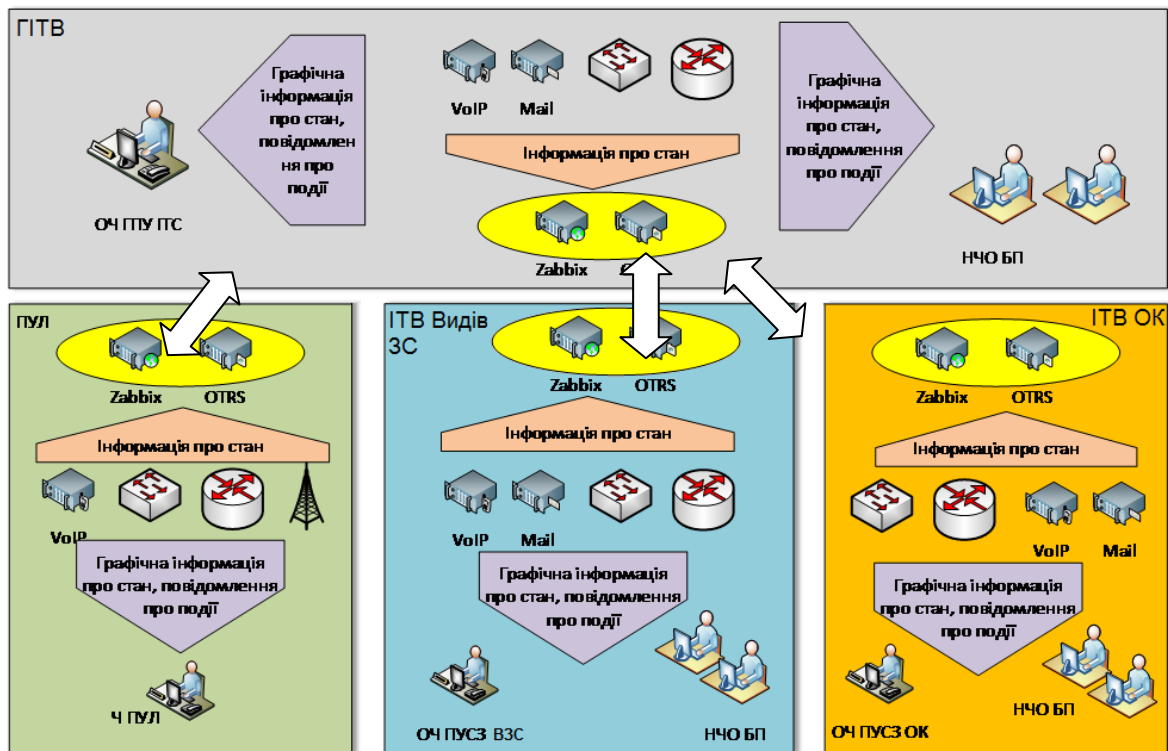


Рис. 2. Схема взаємодії системи моніторингу Zabbix

Наукове дослідження системи моніторингу проводилось в 3 етапи:

1. Попередні випробування;
2. Дослідна експлуатація;
3. Приймальні випробування.

За результатами дослідження було відпрацьовано:

- технічне завдання;
- програми та методики випробувань;
- протоколи та акти випробувань;
- експлуатаційна документація на систему моніторингу.

Під час досліджень були визначені працездатність, правильність функціонування та виконані контрольні завдання на підставі розроблених Програм та Методик системи моніторингу. Дослідження системи моніторингу виконані повним обсягом. Параметри та характеристики обладнання системи моніторингу відповідають документації постачальника та забезпечують заявлені режими роботи. Розгорнуті елементи системи моніторингу ІТ-інфраструктури ЗС України функціонують правильно.

Впровадження даної системи моніторингу забезпечить:

- якісний контроль функціонування ІТ-інфраструктури та наданих нею сервісів;
- прозорість управління ІТ-інфраструктурою та наданих нею сервісів, відслідковування впливу відмов у роботі обладнання на функціонування кожного ІТ-сервісу окремо;
- чітку організацію службової діяльності агентів в частині забезпечення контролю функціонування ІТ-інфраструктури;
- збір, накопичення, візуалізацію і надання інформації про доступність і продуктивність ресурсів та ІТ-сервісів;
- зменшення часу простою ІТ-сервісів та деградації продуктивності ресурсів за рахунок своєчасної локалізації збоїв;
- автоматичне формування записів про інциденти в системі та інформування по ел. пошті (Email) про виникнення подій;
- запобігання збоєм за допомогою проактивного моніторингу;
- надання інформації про доступність активного мережевого обладнання, ІТ-сервісів, каналів зв'язку, використання ресурсів, нетипову поведінку в каналах зв'язку;

накопичення бази знань по проблемам, інцидентам з ІТ-об'єктами, активним мережевим обладнанням;

формування необхідних звітів для аналізу функціонування ІТ-інфраструктури, та:

скоротить терміни і витрати на виконання поточних завдань, включаючи активацію послуг;

підвищить віддачу від існуючих ресурсів мережі і поліпшить якість планування їх майбутнього розвитку;

знизить потреби в персоналі і, як наслідок, скоротить поточні витрати;

повніше реалізує потенціал сучасного мережевого обладнання за рахунок розробки та реалізації нових послуг;

зведе до мінімуму ризику зниження якості послуг;

скоротить терміни реагування на події що відбуваються в мережі;

скоротить терміни введення в експлуатацію нових послуг;

підвищить якість та оперативність обслуговування користувачів мережі за рахунок чіткої координації та інформаційної підтримки робіт;

забезпечить в режимі реального часу координацію взаємодії персоналу, що знаходиться у віддалених підрозділах.

5. Висновок

Запропонована система моніторингу Zabbix забезпечує автоматизований контроль та функціонування мережі у відповідності з відпрацьованою схемою ІТ-інфраструктури ЗС України з заданими показниками ефективності під час зовнішнього та внутрішнього впливу.

Напрямок подальшого наукового дослідження. Одночасно з впровадженням АСУ і використанням системи моніторингу Zabbix у світі розвиваються багато інших системи. За останній час активно розвивається програмно-управляема мережа (Software Defined Networking, SDN), яка буде допомагати створенню автоматизованих, програмованих, гнучких та економічних мереж інфраструктури. Тому в подальшому є необхідність розглянути більш глибоко та детально дану систему з точки зору військового застосування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рекомендації МСЕ-Т М.3010 Принципи для мереж управління електрозв'язком, 2000.
2. Рекомендації МСЕ-Т М.3020 Методологія специфікації інтерфейсу TMN, 2000.
3. Рекомендації МСЕ-Т М.3100 Загальна інформаційна модель мережі, 2005.
4. Рекомендації МСЕ-Т М.3200 Послуги управління TMN та керовані області електрозв'язку, 1997.
5. Рекомендації МСЕ-Т М.3400 Функції управління TMN, 2000.
6. Бовда Е.М. Концептуальні основи синтезу автоматизованої системи управління зв'язком військового призначення / Е.М. Бовда, Ю.А. Плуговий, В.А. Романюк // – К.: Збірник наукових праць ВІТІ. – 2016. – № 1 – С. 6 – 18.
7. Нормативний документ Адміністрації Держспецзв'язку. Телекомунікаційна мережа загального користування. Телефонна мережа. Технічні вимоги. Частина 1, 2015.
8. Курносов В.И. Теоретические основы управления современными телекоммуникационными сетями: / А.Н. Буренин, В.И. Курносов // – М.: Наука, 2011. – С. 18 – 20.
9. Гребешков А.Ю. Управление и технический учёт ресурсов в телекоммуникациях – М.: ИРИАС, 2008. – 326 с.: илл., прил.
10. Романюк В.А. Підходи до розробки нової архітектури системи управління неоднорідними безпроводовими сенсорними мережами / В.А. Романюк, О.І. Лисенко, І.В. Алексеєва, А.В. Романюк, В.І. Новіков // – К.: Математичні машини і системи, – 2017. – № 2 – С. 15 – 23.
11. Высочина О.С. Анализ систем мониторинга телекоммуникационных сетей / О.С. Высочина, С.И. Шматков, Салман Амер Мухсин // ЗНТУ. Науковий журнал. Радіоелектроніка, інформатика, управління, 2010. – № 2 – С. 139 – 142.