

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ENVIRONMENTAL SAFETY

УДК 004.735

Stanislav O. Dovgii, Member of the National Academy of Sciences of Ukraine, D. S. (Computer science), Professor, Director-organizer
ORCID ID 0000-0003-1078-0162 *e-mail*: s.dovgii@gmail.com

Oleh V. Kopyika, D. S. (Computer science), Head of a department
ORCID ID 0000-0003-0189-3915 *e-mail*: okopiyka@gmail.com

Oleksii S. Kozlov, Postgraduate student
ORCID ID 0000-0003-1889-3153 *e-mail*: alexey.ua84@gmail.com

Institute of Telecommunications and Global Information Space of NASU, Kyiv, Ukraine

SYNTHESIS OF INFORMATION AND TELECOMMUNICATION NETWORKS OF AUTOMATIZED ENVIRONMENTAL SECURITY SYSTEMS WITH THE PURPOSE OF GAINING MAXIMUM NOISE RESISTANCE WITH A GIVEN EFFICIENCY

***Abstract.** The article defines the system features, properties and characteristics of information and telecommunication networks of automated environmental safety systems: information reliability and proven efficiency as a fundamental characteristic of system perfection. The main task of this research is to standardize the highest level of information and telecommunications networks architecture that provide the creation, processing, storage, deletion and transportation of information. In this case, the architecture is considered as a single for: all types of networks (including network services): optical transport network, Internet network (data network), fixed telephone network, mobile network and all types of products, customers, services, resources, aspects of management. A very important requirement is that the system architecture should not change when changing the structure of products, market requirements or the structure of the company. Standardization of information systems architecture involves: defining a complete list of architecture components; determination of functional boundaries of components; definition of interfaces (protocols) of interaction of components. The main purpose of architecture standardization is: to reduce the implementation of telecommunications services by reducing the time for implementation and modernization of information systems, and increase the efficiency of implementation of information systems, as well as reduce costs for their creation and operation by: avoiding duplication of functions; use of open interfaces; repeated use of the same type of elements. The research concerns the structural synthesis of the architectures of four main telecommunication networks: transport, IP, mobile and fixed. Eight sets of network resources (levels) were selected to standardize each network*

architecture. Based on the results of the analysis, it is possible to draw a conclusion about the development potential of each network depending on the trends of modern telecommunications services. The telecommunication services means of production architecture, which include platforms of network resources and network services, is considered. The article proposes a methodological basis for the synthesis of information and communication technology systems in order to establish a single information platform, which is presented as a universal architecture of information and communication systems. The messaging service is considered in the context of: one workstation, one domain and interconnection between domains. The efficiency of information transmission systems is considered. When evaluating different communication systems, two indicators were taken into account: efficiency and noise immunity; their combination gives a fairly complete description of the system. The most perfect system is the one that provides the greatest efficiency at a given noise immunity or, conversely, the greatest noise immunity at a given efficiency.

Keywords: system architecture; IT-infrastructure; standardization and unification; telecommunication and IT field

С.О. Довгий, О.В. Копійка, О.С. Козлов

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України,
м. Київ, Україна

СИНТЕЗ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ З МЕТОЮ ОТРИМАННЯ НАЙБІЛЬШОЇ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ ПРИ ЗАДАНІЙ ЕФЕКТИВНОСТІ

Анотація. В статті визначаються системні ознаки, властивості й характеристики інформаційно-телекомунікаційних мереж автоматизованих систем екологічної безпеки: інформаційна надійність та доведена ефективність, як фундаментальна характеристика досконалості системи. Основне завдання даних досліджень – це стандартизація вищого рівня архітектури інформаційно-телекомунікаційних мереж, що забезпечують створення, обробку, зберігання, видалення і транспортування інформації. При цьому, архітектура розглядається в якості єдиної для усіх типів мереж (включаючи мережеві послуги): оптична транспортна мережа, Інтернет мережа (мережа передачі даних), фіксована телефонна мережа, мережа мобільного зв'язку та усіх типів продуктів, клієнтів, послуг, ресурсів, аспектів управління. Дуже важливою вимогою є те, що архітектура систем не повинна змінюватися при зміні структури продуктів, вимог ринку або структури компанії. Стандартизація архітектури інформаційних систем передбачає: визначення повного переліку компонентів архітектури; визначення функціональних кордонів компонентів; визначення інтерфейсів (протоколів) взаємодії компонентів. Основною метою стандартизації архітектури є: скорочення термінів впровадження телекомунікаційних послуг, за рахунок зменшення часу на впровадження та модернізацію інформаційних систем, і підвищення ефективності впровадження інформаційних систем, а також зменшення витрат на їх створення і експлуатацію за рахунок: недопущення дублювання функцій; застосування відкритих інтерфейсів; багаторазового застосування однотипних елементів. Дослідження стосується структурного синтезу архітектур чотирьох основних телекомунікаційних мереж: транспортної, IP, мобільної та фіксованої. Для стандартизації кожної мережевої архітектури було обрано

вісім наборів мережевих ресурсів (рівнів). На основі результатів аналізу можна зробити висновок про потенціал розвитку кожної мережі залежно від тенденцій сучасних телекомунікаційних послуг. Розглянуто архітектуру засобів виробництва телекомунікаційних послуг, які включають платформи мережевих ресурсів та мережеві послуги. У статті запропоновано методологічну базу для синтезу систем інформаційних та комунікаційних технологій з метою створення єдиної інформаційної платформи, яка представлена як універсальна архітектура інформаційно-комунікаційних систем. Розглянуто сервіс обміну повідомлень в розрізі: одного АРМ, одного домену та інтерконекту між доменами. Розглянута ефективність систем передавання інформації. Оцінюючи різні системи зв'язку, враховували два показники: ефективність і завадостійкість; їх сукупність дає достатньо повну характеристику системи. Найбільш досконалою системою вважається така, яка забезпечує найбільшу ефективність при заданій завадостійкості або, навпаки, найбільшу завадостійкість при заданій ефективності.

Ключові слова: системна архітектура; ІТ-інфраструктура; стандартизація та уніфікація; телекомунікаційна та ІТ галузі

DOI: <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2021.4.5-20>

Вступ

Автоматизація описує широкий спектр технологій, що зменшують втручання людини у процеси. Це досягається шляхом автоматизованого визначення критеріїв прийняття рішень, зв'язків між підпроцесами та відповідних дій, реалізованих у програмному забезпеченні [1–5]. Новим технологічним стрибком було переведення засобів автоматизації до Дата-центрів [6–11].

Дата-центри в Україні і світі почали розвиватися з 2000 року. Такий пізній період використання Дата-центрів обумовлений відставанням розвитку сучасної транспортної інфраструктури.

Першими клієнтами централізованої обробки, зберігання і розповсюдження інформації були підприємства галузі телекомунікацій, нафтової і газової сфер, банки та інші споживачі, які почали активно впроваджувати в свою діяльність інформаційні технології. З плином часу Дата-центри стали користуватися великою популярністю, і сьогодні спостерігається справжній «бум» їх будівництва. Тому, автоматизовані системи екологічної безпеки також стали використовувати ресурси Дата-центрів. Останнім часом основним фактором переходу до централізованого використання ІТ-ресурсів є поширення «хмарних» технологій.

При цьому виникає перспектива не тільки перенесення серверів в Дата-центри, а й модернізації всієї ІТ-інфраструктури в цілому.

Основне завдання даних досліджень – це стандартизація вищого рівня архітектури інформаційно-телекомунікаційних мереж (ІКМ) автоматизованих систем екологічної безпеки, що забезпечують створення, обробку, зберігання, видалення і транспортування інформації [12–16].

При цьому Архітектура ІКМ (надалі, Архітектура) розглядається в якості єдиної для:

– всіх типів мереж (включаючи мережеві послуги): оптичної транспортної мережі, Інтернет мережі (мережі передачі даних), фіксованої телефонної мережі, мережі мобільного зв'язку;

– всіх типів продуктів, клієнтів, послуг, ресурсів, аспектів управління компанією і бізнесом компанії.

Дуже важливою вимогою є те, що Архітектура систем не повинна змінюватися при зміні структури продуктів, вимог ринку або структури компанії.

Стандартизація архітектури інформаційних систем передбачає:

- визначення повного переліку компонентів архітектури;
- визначення функціональних кордонів компонентів;
- визначення інтерфейсів (протоколів) взаємодії компонентів.

Основною метою стандартизації архітектури є: скорочення термінів впровадження телекомунікаційних послуг, за рахунок зменшення часу на впровадження та модернізацію інформаційних систем, і підвищення ефективності впровадження інформаційних систем, а також зменшення витрат на їх створення і експлуатацію за рахунок:

- недопущення дублювання функцій;
- застосування відкритих інтерфейсів;
- багаторазового застосування однотипних елементів.

У процесі досліджень встановлюється відповідність Архітектури загальноприйнятим стандартам і концепціям в телекомунікаційній і ІТ областях (NGOSS, TM Forum eTOM, TAM, SID, SDF, ETSI TISPAN та ін.).

Всі інформаційні системи повинні відповідати на всіх етапах свого розвитку і експлуатації наступним критеріям:

- Всі нові системи (або їх частини) повинні співвідноситися з певним компонентом архітектури (тобто мати чітку відповідність функціональності) і мати певні відкриті інтерфейси (в першу чергу, функціональні).
- Всі існуючі системи (або їх частини) при необхідності розвитку функцій повинні модифікуватися відповідно до вимог до Архітектури, аналогічно новим.
- Існуючі системи, які не потребують функціонального розвитку, зобов'язані перейти на певні відкриті інтерфейси в разі наявності взаємодії з новими або модифікованими системами.

Платформа мережевих ресурсів

Інформаційно-телекомунікаційні мережі (ІТМ) представлені у вигляді складної організаційно-технічної структури, що перебуває в динамічному стані та забезпечує вирішення завдання обробки інформації і надання послуги із заданою якістю [17, 18]. При передачі інформації із заданими показниками якості відбувається формування можливих маршрутів передачі інформації з використанням різних телекомунікаційних мереж. Вибір оптимального маршруту залежить від географічного місця знаходження клієнта та показників загальносистемного ефекту.

У нашому дослідженні ми розглядаємо чотири мережі: транспортну, ІР-мережу, мережі мобільного та фіксованого зв'язку [19, 20]. Для уніфікації архітектур для кожної мережі виділяємо вісім комплексів мережевих ресурсів (рівнів):

$Vp_{1i} = f(m_1, m_2, m_3, m_4, m_5, m_6, m_7, m_8)$, де m_1 – мережа клієнта; m_2 – доступ; m_3 – агрегація; m_4 – край; m_5 – ядро; m_6 – обробка даних; m_7 – обробка сигналізації; m_8 – управління мережевими ресурсами.

Можливості платформи сучасних мережевих ресурсів однозначно визначають здатність створення мережевих послуг. Платформа мережевих ресурсів взаємодіє з платформою мережевих послуг виключно через рівень обробки сигналізації.

Всі системи платформи мережевих ресурсів оперують виключно сутністю Ресурс.

Функціональне призначення восьми комплексів (рівнів) платформи мережевих ресурсів можна представити наступним чином (рис. 1).

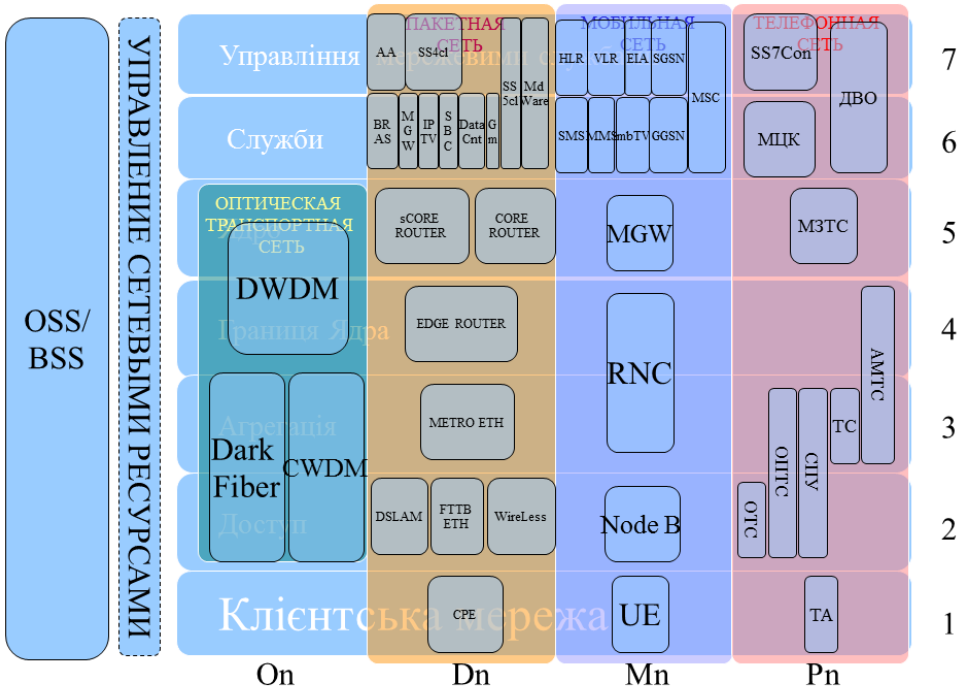


Рис. 1 – Рівні комплексів комунікаційної інфраструктури

Рівень мережі клієнта виконує наступні задачі:

- m₁₁ – введення–виведення інформації;
- m₁₂ – обробка даних;
- m₁₃ – підключення клієнтських терміналів;
- m₁₄ – транспортування трафіку від клієнтських терміналів з рівнем доступу.

Рівень доступу виконує наступні задачі:

- m₂₁ – підключення клієнтських мереж (у виродженому випадку – клієнтського термінала);
- m₂₂ – транспортування трафіку від мереж клієнтів до рівня агрегації.

Рівень агрегації виконує наступні задачі:

- m₃₁ – підключення вузлів доступу (оптичне, xDSL, бездротове);
- m₃₂ – транспортування трафіку від вузлів доступу до рівня краю.

Рівень край виконує наступні задачі:

- m₄₁ – підключення вузлів агрегації;
- m₄₂ – пропуск (із застосуванням політик) даних та сигналізації в мережу (RCEF, C-BGF);

m_{43} – перекодування даних на переходах в інші мережі (T-MGF);
 m_{44} – транспортування трафіку від вузлів агрегації до рівня ядра або в інші мережі.

Рівень ядро виконує наступні задачі:

m_{51} – підключення крайових маршрутизаторів (абонентського доступу, обробки даних, обробки сигналізації, з'єднань з операторами);

m_{52} – транспортування трафіку між крайовими маршрутизаторами.

Рівень обробки даних виконує такі завдання:

m_{61} – обробка клієнтських даних (MRFP).

Рівень обробки сигналізації виконує наступні задачі:

m_{71} – управління клієнтськими запитами на обмін даними (AGCF, P-CSCF, A-RACF, SPDF);

m_{72} – управління запитами на обробку клієнтських даних (MRFC);

m_{73} – управління запитами на обмін даними з іншими мережами (BGCF, MGCF, SGF);

m_{74} – забезпечення обробки в т.ч. маршрутизація всіх запитів (I / S-CSCF).

Рівень управління мережевими ресурсами виконує завдання взаємодії із системами OSS.

Можливості платформи мережеских ресурсів однозначно визначають здатність створення мережеских послуг.

Платформа мережеских ресурсів не включає сервери додатків, управління обліковими записами та ін. Даний функціонал забезпечує платформа мережеских послуг. Платформа мережеских ресурсів взаємодіє з платформою мережеских послуг виключно через рівень обробки сигналізації. Платформа мережеских ресурсів взаємодіє з платформою автоматизації виробничої діяльності через рівень управління мережевими ресурсами і рівень обробки сигналізації.

Платформа мережеских послуг

Дуже важливим елементом Архітектури, особливо в разі надання мультисервісних послуг, є платформа мережеских послуг. Основні завдання цієї платформи: скорочення термінів впровадження послуг в компанії, за рахунок зменшення часу на впровадження і модернізацію продуктів, і підвищення ефективності впровадження продуктів, а також зменшення витрат на їх створення і експлуатацію за рахунок: недопущення дублювання функцій; застосування відкритих інтерфейсів; багаторазового застосування однотипних елементів.

Платформа мережеских послуг Vp_{2i} складається з шести комплексів (рівнів) (рис. 2): $Vp_{2i} = f(p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6, p_7, p_8)$, де

p_1 – абстракція мережеских ресурсів;

p_2 – внутрішні інтерфейси мережеских послуг;

p_3 – логіка мережеских послуг;

p_4 – зовнішні інтерфейси мережеских послуг;

p_5 – загальні функції мережеских послуг;

p_6 – управління мережевими послугами.

Рівень абстракції мережеских ресурсів включає в себе мережескі адаптери (мережескі активатори низького рівня, щоб забезпечити доступ до відповідних мережеских елементів і мережеских можливостей). Рівень абстракції мережеских

ресурсів являє собою шар абстракції мережі. Оперує сутністю «технологічна операція».

Рівень внутрішніх інтерфейсів мережевих послуг абстрагує для рівня, який розташований вище, сервісні можливості мережі. Оперує сутністю «компонента мережевої послуги». Прикладом інтерфейсів цього рівня є набір OSA / Parlay API.

Рівень логіки мережевих послуг абстрагує для рівня, який розташований вище, засоби реалізації послуг в серверах додатків. На цьому рівні, по суті, з'являється закінчена мережева послуга, яка сама по собі має споживчу цінність або може бути включена до складу іншої послуги. Мережева послуга може входити до складу продуктів компанії або може бути виставлена як зовнішній продукт (аутсорсінг) і включена до складу продуктів третіх компаній. Оперує сутністю «мережева послуга».

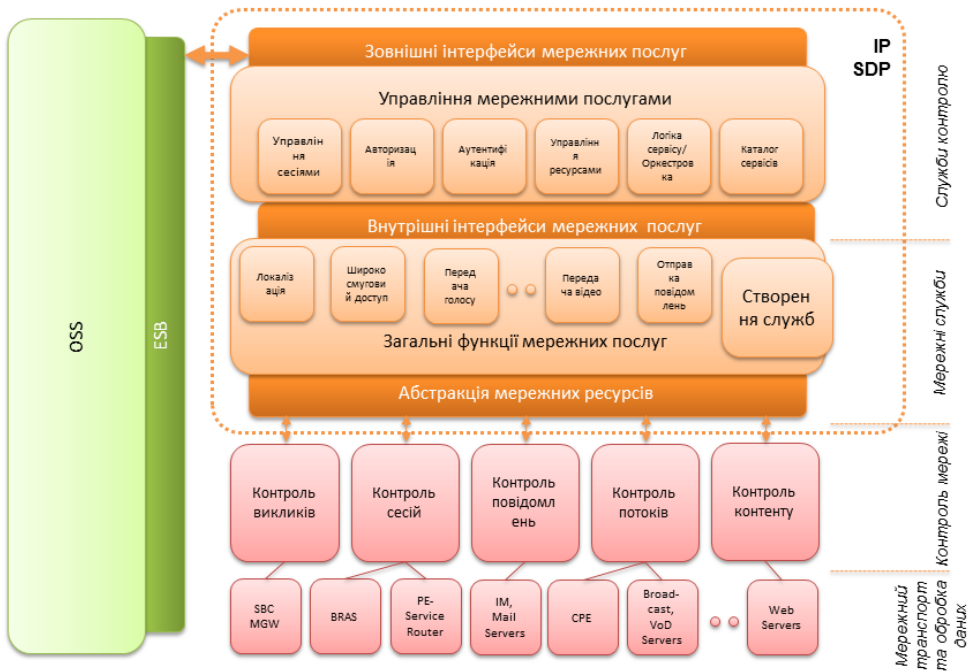


Рис. 2 – Рівні платформи мережевих послуг

Рівень зовнішніх інтерфейсів мережевих послуг забезпечує доступ до сервісів третіх сторін. Прикладом інтерфейсу цього рівня є набір Parlay-X API.

Рівень загальних функцій мережевих послуг включає компоненти, необхідні для реалізації всіх послуг, їх складових та інтерфейсів. На цьому рівні описуються необхідні передумови для нормального функціонування сервісу. Рівень загальних функцій мережевих послуг включає в себе функціональність SDF Infrastructure Support Service (TM Forum). Рівень забезпечує функціональність:

- p₅₁ – управління сесіями;
- p₅₂ – управління ідентифікацією;
- p₅₃ – управління профілем;
- p₅₄ – управління ресурсами;

p₅₅ – каталогу послуг;

p₅₆ – середовища виконання.

Рівень управління мережевими послугами забезпечує підтримку життєвого циклу мережеских послуг. Рівень управління мережевими послугами включає в себе функціональність SDF Management Support Service (TM Forum).

Платформа мережеских послуг взаємодіє з платформою мережеских ресурсів виключно через рівень абстракції мережеских ресурсів.

У рамках забезпечення процесів надання комунікаційних послуг сервісна платформа взаємодіє з платформою підтримки операційних процесів через рівні управління мережевими послугами і логіки мережеских послуг. За цих інтерфейсів сервісна платформа віддає дані про обсяги споживання послуг і також бере команди на активацію / деактивацію сервісів на мережі (при цьому обробкою замовлення на продукт, його декомпозицією на послуги, управлінням послідовністю операцій активації сервісів на мережі займається платформа підтримки операційних процесів).

Платформа мережеских послуг у цілому оперує сутністю «мережева послуга».

Можливості платформи мережеских послуг визначають, які саме послуги можуть бути реалізовані для споживачів. Такий підхід забезпечує можливості для формування нової архітектури телекомунікаційних систем і послуг за рахунок використання «хмарних технологій».

Структурна діаграма обміну повідомленнями в розрізі одного АРМ

Одним з основних сервісів для автоматизованих систем екологічної безпеки, який вимагає найбільшої завадостійкості при заданій ефективності, є сервіс транспорту повідомлень.

Для поділу задач прикладного програмування і задачі транспорту повідомлень – була обрана загальна шина для обміну між різними рівнями. Тобто при необхідності у такій архітектурі можемо програмувати і міняти модулі на окремому рівні без переписування програмного забезпечення іншого рівня.

Наприклад, можливо замінити транспорт для повідомлень між АРМами з brokercentric MQTT на brokerless ZeroMQ, не зачіпаючи прикладні програми. І навпаки, можна, наприклад, поміняти Java-backend на Go-backend, не перероблюючи забезпечення на рівні мережі.

MQTT в якості загальної внутрішньої шини обрано за такими факторами – широко розповсюджений протокол з коннекторами практично до будь-якої бібліотеки чи софту, використовує архітектуру public-subscribe, не прив'язаний до формату повідомлень (data-agnostic), реалізації й протокол сам по собі достатньо легкі по відношенню до ресурсів, і також при необхідності є можливість переключати клієнтські коннекти з внутрішньо-комп'ютерних на зовнішньо-мережеві без структурних змін.

Нижче наведена схема такого обміну через загальну шину.

Messaging and Queueing (MQ): ARM slice

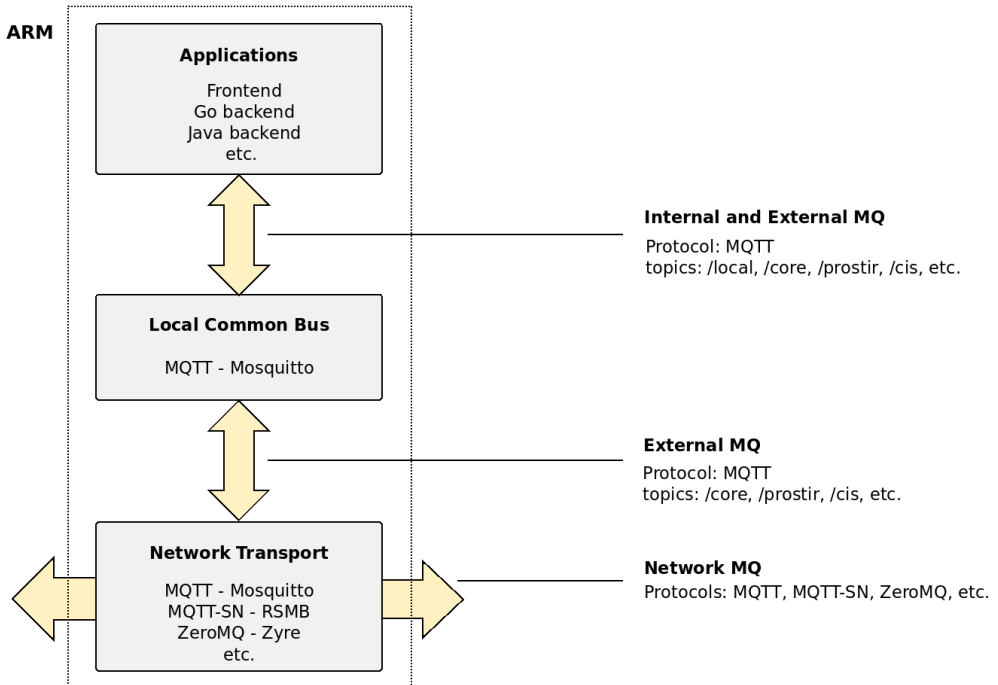


Рис. 3 – Схема обміну через загальну шину

Структурна діаграма обміну повідомленнями в розрізі одного домену

Розглянемо декілька типів обміну повідомленнями в рамках одного домену. Розподіл за типами організації обміну: система з центральним брокером і системи без виділеного брокера. І другий розподіл – обмін повідомленнями Peer-to-Peer (P2P, зазвичай TCP unicast) або ж One-to-Many (зазвичай це – UDP multicast). На рисунку 4 наведені діаграми відповідно до таких типів обміну:

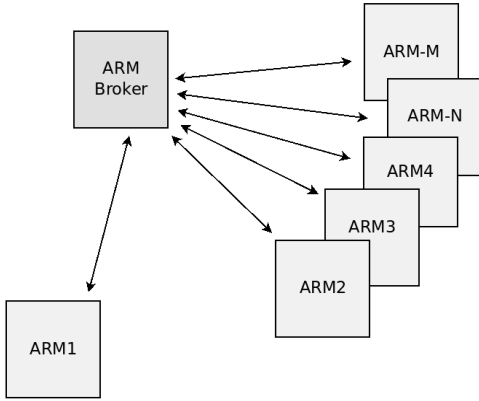
- A: Broker-centric + Peer-to-Peer
- B: Broker-less + Peer-To-Peer
- C: Broker-less + One-to-Many.

Відмітимо, що немає одного єдиного типу обміну, найкращого в усіх випадках, – при деяких шаблонах роботи краще використовувати P2P обмін, в інших – multicast розсилку. Тому можливо, що в деяких застосуваннях оптимальним є використання двох типів в рамках однієї моделі.

Реалізація, яка використовувалась в проєкті, – модель з центральним брокером і розсилкою повідомлень один-всім в усіх випадках.

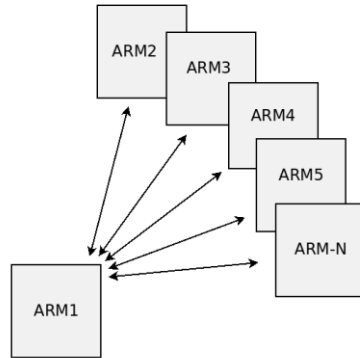
Messaging and Queuing (MQ): domain slice

Option A - Broker-centric model



Messaging and Queuing (MQ): domain slice

Option B - Brokerless and P2P (Peer-To-Peer)



Messaging and Queuing (MQ): domain slice

Option C - Brokerless and Multicast (One-To-Many)

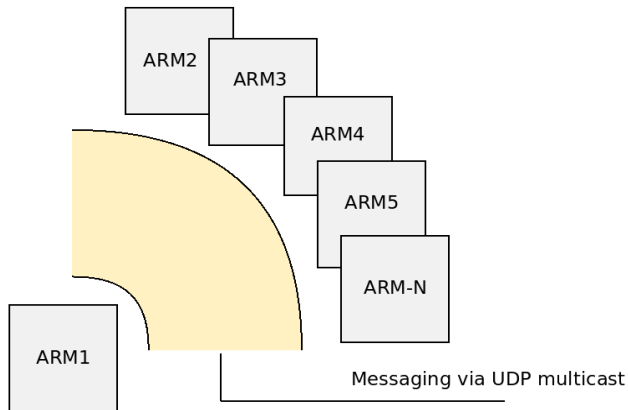


Рис. 4 – Діаграми відповідно до таких типів обміну: А – Broker-centric + Peer-to-Peer; В – Broker-less + Peer-To-Peer; С – Broker-less + One-to-Many

Структурна діаграма обміну повідомленнями в розрізі інтерконекту між доменами

Виходячи з сутності інтерконекту, це зазвичай P2P з'єднання (Peer-to-Peer). Відповідно – найбільш природно на такому з'єднанні виглядає P2P брідж між брокерами.

Наприклад, на рисунку 5 наведено діаграму такого з'єднання між двома доменами різного типу (між Peer-to-Peer та One-to-Many доменами).

Messaging and Queueing (MQ): interdomain slice

P2P (peer-to-Peer) interconnect

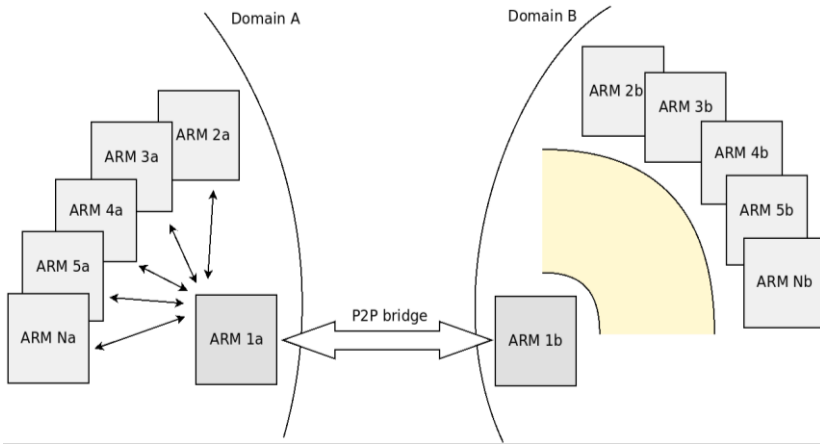


Рис. 5 – Діаграма з'єднання між двома доменами різного типу (між Peer-to-Peer та One-to-Many доменами)

Ефективність систем передавання інформації

Пропускна здатність каналу зв'язку C визначає максимальну швидкість передавання інформації, тобто є тією границею, якої можна досягти при ідеальному кодуванні. Природно, що в реальних каналах швидкість передавання R завжди буде меншою за C . Ступінь залежності R від C визначається тим, наскільки раціонально вибрана і ефективно використовується система зв'язку. Найбільш загальною оцінкою ефективності системи зв'язку є *коефіцієнт використання каналу*:

$$\eta = \frac{R}{C}. \tag{1}$$

Для *дискретних* систем зв'язку $\eta = \eta_1 \cdot \eta_2$, де η_1 і η_2 – ефективність системи кодування і ефективність системи модуляції. Вводячи надлишковість повідомлення $x_1 = 1 - \eta_1$ та надлишковість сигналу $x_2 = 1 - \eta_2$, отримаємо

$$\eta = 1 - x, \tag{2}$$

де $x = x_1 + x_2 - x_1 x_2$ – повна надлишковість системи.

При передаванні *неперервних* повідомлень

$$\eta = \frac{F_m \log\left(\frac{P_c^*}{P_0^*} + 1\right)}{F \log\left(\frac{P_c}{P_0} + 1\right)}, \tag{3}$$

де F_m – ширина смуги модульованого сигналу; P_c^*/P_0^* – відношення сигнал-шум для модульованого сигналу; F – ширина смуги первинного сигналу; P_c/P_0 – відношення сигнал-шум для первинного сигналу

$$\eta_p = \frac{RN_0}{P_c}, \quad (4)$$

де N_0 – інтенсивність завади, а *коефіцієнт використання смуги частот каналу*

$$\eta_F = \frac{R}{F}. \quad (5)$$

Коефіцієнт η_p є основним показником ефективності для тих систем, в яких потужність сигналу жорстко обмежена (наприклад, радіоканали спеціального призначення). У системах проведеного зв'язку більш важливим показником є коефіцієнт η_F .

Згідно з (2), ефективність системи зв'язку повністю визначається її надлишковістю. Тому задача підвищення ефективності зв'язку зводиться до зменшення надлишковості повідомлення та сигналу.

Надлишковість повідомлення, як ми бачили, зумовлена тим, що елементи повідомлення не є рівномірними і між ними існує статистичний зв'язок. При кодуванні можна перерозподілити ймовірності вихідного повідомлення так, щоб розподіл імовірностей символів коду наближався до оптимального (рівномірного для передавання дискретних повідомлень або нормального для неперервних). Такий перерозподіл дозволяє усунути надлишковість, що залежить від розподілу ймовірностей елементів повідомлення. Прикладом подібного кодування є код Шеннона – Фано. Якщо перейти від кодування окремих символів повідомлення до кодування цілих груп символів, то можна усунути взаємозв'язок між ними і тим самим зменшити надлишковість. Загальна ідея такого методу кодування, який називають *методом збільшення*, полягає в наступному. Вихідне повідомлення розбивається на відрізки по k символів у кожному. Такі відрізки можуть розглядатися як збільшені елементи повідомлення. Можна показати, що ймовірнісні зв'язки між такими збільшеними елементами слабкіші, ніж між елементами вихідного повідомлення. Очевидно, що чим більше k (більші відрізки), тим слабшим буде зв'язок між ними. Далі збільшені елементи кодуються з урахуванням їх розподілу ймовірностей.

Слід зазначити, що в разі збільшення елементів відбувається перетворення, котре полягає в переході до коду з більш високою основою: $m = m^k$, де m – початковий стан.

Своєрідним прикладом методу збільшення повідомлень є стенографічний текст. Кожний стенографічний знак в цьому тексті зображує ціле слово або навіть групу слів.

Що стосується сигналу, то його надлишковість залежить від способу модуляції та виду переносника. Процес модуляції звичайно супроводжується розширенням смуги частот сигналу в порівнянні зі смугою частот повідомлення, яке передається. Це розширення смуги і є надлишковим. Частотна надлишковість також збільшується при переході від синусоїдального переносника до переносника імпульсного чи шумоподібного.

З точки зору підвищення ефективності передачі слід було б вибирати такі способи модуляції, які мають малу надлишковість. До таких систем, частково, належить односмугова передача, при якій сигнали, що передаються, не містять

частотної надлишковості – вони є просто копіями повідомлень, які передаються. Однак, говорячи про ефективність системи зв'язку, не можна забувати про її завадостійкість. Усунення надлишковості підвищує ефективність передавання, але знижує при цьому вірогідність (завадостійкість), і навпаки, збереження чи введення надлишковості дозволяє забезпечити високу вірогідність передавання. Наприклад, усунення надлишковості при телеграфному передаванні тексту призводить до ускладнення виправлення помилок у повідомленні і, врешті-решт, до зниження завадостійкості. Зі збереженням надлишковості в тексті завадостійкість буде вищою.

При кодуванні в низці випадків надлишковість навмисно вводиться з метою підвищення вірогідності передачі. Прикладом такого кодування є коректувальні коди.

Аналогічна ситуація має місце й у відношенні надлишковості сигналу. Частотна надлишковість при різних видах модуляції використовується по-різному. Частотна модуляція, наприклад, дає вигаш у завадостійкості більший, ніж амплітудна модуляція, а кодова імпульсна модуляція – більший, ніж частотна. Частотна надлишковість шумового переносника дозволяє знизити вплив завмирань і зосереджених завад.

Отже, оцінюючи різні системи зв'язку, необхідно враховувати принаймні два показники: ефективність і завадостійкість; їх сукупність дає достатньо повну характеристику системи.

Найбільш досконалою системою вважається така, яка забезпечує найбільшу ефективність при заданій завадостійкості або, навпаки, найбільшу завадостійкість при заданій ефективності.

Висновки і пропозиції

Запропонована стандартизація вищого рівня архітектури інформаційно-телекомунікаційних мереж, що забезпечують створення, обробку, зберігання, видалення і транспортування інформації.

Стандартизація архітектури інформаційних систем передбачає: визначення повного переліку компонентів архітектури; визначення функціональних кордонів компонентів; визначення інтерфейсів (протоколів) взаємодії компонентів.

Основною метою стандартизації архітектури є: скорочення термінів впровадження телекомунікаційних послуг, за рахунок зменшення часу на впровадження та модернізацію інформаційних систем, і підвищення ефективності впровадження інформаційних систем, а також зменшення витрат на їх створення і експлуатацію за рахунок: недопущення дублювання функцій; застосування відкритих інтерфейсів; багаторазового застосування однотипних елементів.

Запропоновано структурний синтез архітектур чотирьох основних телекомунікаційних мереж: транспортної, IP, мобільної та фіксованої. Для стандартизації кожної мережевої архітектури було обрано вісім наборів мережевих ресурсів (рівнів).

Розглянуто архітектуру засобів виробництва телекомунікаційних послуг, які включають платформи мережевих ресурсів та мережеві послуги.

Запропоновано методологічну базу для синтезу систем інформаційних та комунікаційних технологій з метою створення єдиної інформаційної платформи, яка представлена як універсальна архітектура інформаційно-комунікаційних систем.

Розглянуто сервіс обміну повідомлень в розрізі: одного АРМ, одного домену та інтерконекту між доменами.

Розглянута ефективність систем передавання інформації. Оцінюючи різні системи зв'язку, враховували два показники: ефективність і завадостійкість; їх сукупність дає достатньо повну характеристику системи. Найбільш досконалою системою вважається така, яка забезпечує найбільшу ефективність при заданій завадостійкості або, навпаки, найбільшу завадостійкість при заданій ефективності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Dr. Ralf C. Schlaepfer, Markus Koc. Deloitte AG, Industry 4.0: Challenges and Solutions for the Digital Transformation and Use of Exponential Technologies, Audit, Tax, Consulting, Corporate Finance. 2015.
2. William M. D. 2014. Industrie 4.0 – Smart Manufacturing For The Future. Berlin: Germany Trade & Invest.
3. H. Kagermann, W. Wahlster, J. Helbig. 2013. Recommendations For Implementing The Strategic Initiative Industrie 4.0: Final Report of the Industrie 4.0 Working Group. Ulrike Findelee: Acatech – National Academy of Science and Engineering.
4. Kamarul Bahrin, Mohd Aiman; Othman, Mohd Fauzi; Nor Azli, Nor Hayati; Talib, Muhamad Farihin (2016). "Industry 4.0: A Review on Industrial Automation and Robotic". *Jurnal Teknologi*. 78 (6–13). doi: <https://doi.org/10.11113/jt.v78.9285>
5. Lars Adolph & et al. 2016. German Standardization Roadmap: Industry 4.0. Version 2. Berlin: DIN e.V.
6. Jew Jonathan. BICSI Data Center Standard: A Resource for Today's Data Center Operators and Designers / Jew Jonathan // BICSI News Magazine, May/June 2010. – P. 28.
7. Niles Susan. Standardization and Modularity in Data Center Physical Infrastructure / Niles Susan // 2011, Schneider Electric. – P. 4.
8. Копейка О.В. Сетевые службы и службы сетевых устройств в Дата-центрах / О.В. Копейка // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2013. – Випуск 4 (28). – С. 98–104.
9. Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers // TIA STANDARD TIA-942. Telecommunications Industry Association. – April 2005. – 135 p.
10. Копійка О.В. Архітектура мережі в сучасних дата-центрах / О.В. Копійка // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. – 2014. – No 2(30). – С. 34–41.
11. Data Center Design and Implementation Best Practices // ANSI/BICSI 002-2011. Committee Approval. – January 2011. First Published : March 2011. – 367 p.
12. Таненбаум Э., ван Стеен М. Распределенные системы: Принципы и парадигмы. – СПб.: Питер, 2003. – 877 с. – (Серия «Классика computer science»).
13. Колесов Ю.Б., Сеничев Ю.Б. Моделирование систем: Объектно-ориентированный подход. – БХВ-Петербург, 2006. – 192 с.
14. Довгий С.О., Копійка О.В. Автоматизована система для підтримки прийняття рішень при ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС // Інформатизація аерокосмічного землезнавства. – К.: Наук. думка, 2001. – С. 211–266.
15. Сергієнко І.В., Стецюк П.І., Кошлай Л.Б. Модели и информационные технологии для поддержки принятия решений при проведении структурно-технологических преобразований // Кибернетика и системный анализ. – 2009. – №2. – С. 26–49.

16. Groover, Mikell (2014). *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*.
17. Choi M.-J., Ju H.-T., Hong J. W.-K., Yun D.-S. Design and Implementation of Web Services-based NGOSS Technology Specific Architecture // *Annals of Telecommunications*. – Special Issue on “Next Generation Network and Service Management”. – Vol. 63. – No. 3–4. – April 2008. – P. 195–206.
18. Свод знаний по управлению бизнес-процессами: BPM СВОК 3.0 = BPM СВОК Version 3.0. Guide to the Business Process Management Common Body Of Knowledge. – М.: Альпина Паблишер, 2016. – 480 с. – ISBN 978-5-9614-5455-0.
19. Новые технологии в телекоммуникации: выбор технологической архитектуры. Современные тенденции развития / С.А. Довгий, О.В. Копейка, С.П. Поленок. – К.: Укртелеком, 2001. – 281 с.
20. Балашов В.А., Копийка О.В., Ляховецкий Л.М. VDSL – ближайшее будущее цифрового абонентского доступа // *Зв’язок*. – 2005. – № 4. – С. 10–16.

Стаття надійшла до редакції 28.07.2021 і прийнята до друку після рецензування 18.11.2021

REFERENCES

1. Schlaepfer, R. C., & Koc, M. (2015). *Deloitte AG, Industry 4.0: Challenges and Solutions for the Digital Transformation and Use of Exponential Technologies, Audit, Tax, Consulting, Corporate Finance*.
2. William, M. D. (2014). *Industrie 4.0 – Smart Manufacturing For The Future*. Berlin: Germany Trade & Invest.
3. Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). *Recommendations For Implementing The Strategic Initiative Industrie 4.0: Final Report of the Industrie 4.0 Working Group*. Ulrike Findeklee: Acatech – National Academy of Science and Engineering.
4. Kamarul Bahrin, M. A., Othman, M. F., Nor Azli, N. H., & Talib, M. F. (2016). "Industry 4.0: A Review on Industrial Automation and Robotic". *Jurnal Teknologi*, 78(6-13). doi: <https://doi.org/10.11113/jt.v78.9285>
5. Adolph, Lars & et al. (2016). *German Standardization Roadmap: Industry 4.0. Version 2*. Berlin: DIN e.V.
6. Jew, J. (2010). BICSI Data Center Standard: A Resource for Today’s Data Center Operators and Designers. *BICSI News Magazine*, May/June 2010, 28.
7. Niles, S. (2011). *Standardization and Modularity in Data Center Physical Infrastructure*. Schneider Electric.
8. Kopiika, O.V. (2013). Network services and network device services in Data Centers. *Control, navigation and communication systems*, 4 (28), 98-104 (in Russian).
9. *Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers (2005)*. TIA STANDARD TIA-942. Telecommunications Industry Association.
10. Kopiika, O.V. (2014). Network architecture in modern data centers. *Scientific notes of the Ukrainian Research Institute of Communications*, 2(30), 34-41 (in Ukrainian).
11. *Data Center Design and Implementation Best Practices*. (2011). ANSI/BICSI 002-2011. Committee Approval.
12. Tanenbaum, E., & van Steen, M. (2003). *Distributed Systems: Principles and Paradigms*. SPb.: Piter (in Russian).
13. Kolesov, Yu. B., & Senichekov, Yu. B. (2006). *Modeling Systems: An Object Oriented Approach*. BHV-Petersburg (in Russian).
14. Dovgiy, S. O., & Kopyika, O. V. (2001). Automated system for the process of taking decisions during the liquidation of the inheritance of an accident at the CNPP. In *Informatization of aerospace land exploration* (pp. 211-266). Kyiv: Naukova dumka (in Ukrainian).

15. Serhienko, I. V., Stetsiuk, P. I., & Koshlai, L. B. (2009). Models and information technologies for decision support during structural and technological transformations. *Cybernetics and Systems Analysis*, 2, 26-49 (in Russian).
16. Groover, M. (2014). *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*.
17. Choi, M.-J., Ju, H.-T., Hong, J. W.-K., & Yun, D.-S. (2008). Design and Implementation of Web Services-based NGOSS Technology Specific Architecture. *Annals of Telecommunications. Special Issue on "Next Generation Network and Service Management"*, 63(3-4), 195-206.
18. BPM CBOK Version 3.0. Guide to the Business Process Management Common Body Of Knowledge. (2016). Moscow: Alpina Pablysher.
19. Dovgiy, S. O., Kopyika, O. V., & Polenok, S. P. (2001). New technologies in telecommunications: the choice of technological architecture. Modern development trends. Kyiv: Ukrtelecom (in Russian)
20. Balashov, V. A., Kopyika, O. V., & Lyakhovetsky, L. M. (2005). VDSL – near future of digital subscriber access. *Communication*, 4, 10-16 (in Russian).

The article was received 28.07.2021 and was accepted after revision 18.11.2021

Довгий Станіслав Олексійович

академік НАН України, доктор технічних наук, професор, директор-організатор Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України
Адреса робоча: 03186, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13
ORCID ID 0000-0003-1078-0162 **e-mail:** s.dovgii@gmail.com

Копійка Олег Валентинович

доктор технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України
Адреса робоча: 03186, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13
ORCID ID 0000-0003-0189-3915 **e-mail:** okopyika@gmail.com

Козлов Олексій Сергійович

аспірант Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України
Адреса робоча: 03186, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13
ORCID ID 0000-0003-1889-3153 **e-mail:** alexey.ua84@gmail.com