

УДК 004.75

Литовченко М.С.¹, Киричек Г.Г.²

¹ студ. гр. КНТ-522 НУ «Запорізька політехніка»

² доц. НУ «Запорізька політехніка»

КОРПОРАТИВНА МЕРЕЖА ПІДПРИЄМСТВА З ІНТЕГРАЦІЄЮ БЕЗДРОТОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ФІКСОВАНОГО ЗВ'ЯЗКУ

Сучасні високотехнологічні підприємства, зокрема у сфері розробки та серійного виробництва мікроелектроніки та комп'ютерних комплектуючих, потребують побудови надійної, масштабованої та високопродуктивної інформаційно-телекомунікаційної інфраструктури. Ефективне функціонування таких підприємств неможливе без впровадження систем оперативного моніторингу виробничих процесів (на основі SCADA, MES), забезпечення високошвидкісного обміну даними між підрозділами R&D та

використання корпоративних інформаційних систем (ERP, PLM) [1]. Критично важливим є також забезпечення безперервної комунікації між центральним офісом і віддаленими виробничими та складськими об'єктами із застосуванням захищених каналів передачі даних (VPN, IPsec, MPLS) [2].

Метою роботи є дослідження, обґрунтування та проектування архітектури корпоративної мережі підприємства з інтеграцією провідних і бездротових технологій фіксованого зв'язку, що забезпечує високу надійність, масштабованість, продуктивність та безпеку передачі даних в умовах сучасного виробничого середовища. Об'єктом дослідження є процес функціонування інформаційно-телекомунікаційної інфраструктури високотехнологічного підприємства з розподіленою структурою та підвищеними вимогами до безперервності зв'язку. Предметом дослідження є методи, моделі, протоколи та технології побудови корпоративних мереж, зокрема інтеграція провідних (Ethernet, MPLS, SD-WAN) та бездротових (IEEE 802.11ax, PtP/PtMP, IoT-протоколи) рішень, а також засоби забезпечення якості обслуговування (QoS) і інформаційної безпеки (VPN, IPsec, 802.1X). Основні завдання дослідження: провести аналіз сучасних підходів до побудови корпоративних мереж та визначити їх обмеження в умовах виробничих підприємств; дослідити можливості інтеграції провідних і бездротових технологій зв'язку для побудови гібридної мережевої інфраструктури; розробити архітектуру корпоративної мережі з урахуванням використання SD-WAN, Industrial Wi-Fi та IoT-рішень; спроектувати топологію мережі підприємства з урахуванням виробничих, адміністративних і складських сегментів; обґрунтувати вибір протоколів маршрутизації, механізмів забезпечення якості обслуговування (QoS) та безпеки (802.1X, RADIUS, VPN); оцінити показники ефективності мережі, зокрема пропускну здатність, затримку, надійність та відмовостійкість; визначити шляхи оптимізації функціонування мережі на основі централізованого управління та моніторингу. Традиційні підходи до побудови виключно провідних локальних мереж (Ethernet LAN, Gigabit Ethernet, 10/40/100 GbE) не повною мірою відповідають вимогам сучасного виробництва через складність фізичної інсталяції кабельної інфраструктури в умовах динамічних виробничих середовищ та обмежену мобільність користувачів і обладнання. У зв'язку з цим актуальним є впровадження гібридних мережевих рішень, що поєднують провідні та бездротові технології. Зокрема, використання бездротових мереж стандартів IEEE 802.11ac/ax (Wi-Fi 5/6/6E), промислових рішень Industrial Wi-Fi, а також радіорелейних каналів і бездротових мостів (наприклад, на базі PtP/PtMP технологій у діапазонах 5–60 GHz) дозволяє забезпечити гнучке підключення виробничого обладнання, мобільних терміналів збору даних та IoT-пристроїв. Інтеграція пристроїв Інтернету речей реалізується із

застосуванням протоколів MQTT, CoAP, а також мереж низького енергоспоживання (LPWAN, зокрема LoRaWAN, NB-IoT) для збору телеметричних даних із сенсорів (рис.1). Для забезпечення якості обслуговування та пріоритезації трафіку використовуються механізми QoS (DiffServ, IEEE 802.1p), що є критично важливим для передачі даних реального часу [3].

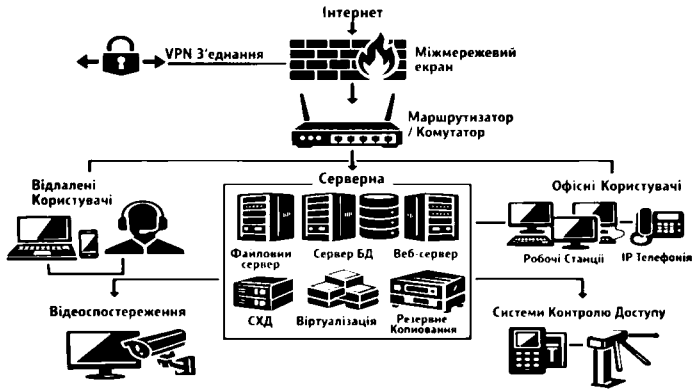


Рисунок 1 – Проєктована мережа

Актуальність даної роботи полягає у застосуванні комплексного підходу до проєктування корпоративної мережі підприємства, який передбачає поєднання високонадійних провідних WAN-з'єднань (SD-WAN, MPLS) із централізованими системами управління бездротовою інфраструктурою (WLC - Wireless LAN Controller, Cisco DNA Center, Aruba Central) та впровадженням корпоративних механізмів автентифікації і контролю доступу (IEEE 802.1X, RADIUS, TACACS+, Zero Trust Architecture). Такий підхід дозволяє підвищити рівень безпеки, керованості та адаптивності мережевої інфраструктури підприємства в умовах динамічного виробничого середовища [4].

Наукова новизна роботи полягає у розробці комплексного підходу до проєктування корпоративної мережі підприємства, який, на відміну від існуючих рішень, передбачає інтеграцію провідних і бездротових технологій фіксованого зв'язку в єдину керовану інфраструктуру з урахуванням специфіки виробничого середовища. Основні елементи наукової новизни: вперше запропоновано узагальнену модель гібридної корпоративної мережі, яка поєднує SD-WAN, Industrial Wi-Fi (IEEE 802.11ax) та IoT-підсистеми на основі протоколів MQTT/CoAP; удосконалено підхід до вибору топології мережі підприємства шляхом врахування динамічних змін навантаження та розміщення виробничих об'єктів; набув подальшого розвитку метод

оцінювання ефективності корпоративної мережі за рахунок комплексного врахування показників пропускної здатності, затримки, надійності та рівня втрат пакетів; запропоновано підхід до централізованого управління мережею на основі інтеграції механізмів SDN та політик якості обслуговування (QoS).

У результаті дослідження обґрунтовано доцільність побудови корпоративної мережі підприємства на основі гібридної архітектури, що поєднує провідні та бездротові технології зв'язку. Встановлено, що використання сучасних рішень, зокрема SD-WAN, Industrial Wi-Fi та IoT-протоколів, дозволяє забезпечити високу гнучкість, масштабованість і надійність мережевої інфраструктури. Запропонований підхід сприяє підвищенню ефективності управління виробничими процесами та забезпечує безперервність обміну даними між усіма підрозділами підприємства. Отримані результати підтверджують перспективність інтегрованих мережевих рішень для побудови сучасних корпоративних інформаційно-телекомунікаційних систем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Киричек Г.Г., Целуйко Р.О., Тягунова М.Ю., Живогляд В.А. Хмарні сервіси в інфраструктурі розподілених мереж. *Системи та технології*, 2025, 70 (2). С. 232-239. DOI: <https://doi.org/10.32782/2521-6643-2025-2-70.26>
2. Ogunyanda K., Ogunyanda O. O., Familua A. D., Shongwe T., Swart T. G., Cheng L. Wi-Fi 6 Data Transmission over a Low-Voltage Power Line Channel: Implementation and Analysis. *Journal of Communications*, 2025, 20.3: 315-323. DOI: <https://doi.org/10.12720/jcm.20.3.315-323>
3. Дира В. В. Огляд взаємодії технологій ethernet і wifi у корпоративних телекомунікаційних мережах. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*, 2024. 35 (74). № 3. С. 37-44. DOI: <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.3.2/05>
4. Wu X., O'Brien D. C. Parallel transmission LiFi. *IEEE Transactions on Wireless Communications*. 2020. № 19 (10). P. 6268–6276. DOI: <https://doi.org/10.1109/TWC.2020.3001983>