

УДК 621.396.97

АНАЛІЗ ТА РОЗРОБКА СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМИ ПРИСТРОЯМИ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ МАСШТАБНИХ ШОУ- ПРОГРАМ (НА ПРИКЛАДІ ЄВРОБАЧЕННЯ)

Непочатов Д.В

e-mail: dmytro.nepochatov@nure.ua

Науковий керівник – к.т.н., М.М. Колендовська

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МІРЕС
м. Харків, Україна

The work presents a comprehensive analysis of modern technologies for controlling lighting, sound and visual equipment during the preparation of large-scale entertainment events. The evolution of data transmission protocols and the architecture of control networks are studied. The concept of an integrated control system based on a hybrid combination of wired and wireless technologies to ensure maximum fault tolerance is proposed.

Сучасна індустрія розваг, зокрема такі заходи як пісенний конкурс «Євробачення», характеризується експоненціальним зростанням технічної складності. Сьогодні постановка шоу – це не просто виступ артиста, а синхронізована робота тисяч технічних пристроїв: інтелектуальних світлових приладів, моторизованих сценічних конструкцій, LED-екранів високої роздільної здатності, систем доповненої реальності (AR) та піротехнічних модулів.

Основним викликом є забезпечення мілісекундної точності взаємодії між різнорідними підсистемами. Найменша затримка (latency) у передачі сигналу може зруйнувати візуальну композицію або призвести до аварійної ситуації з механікою сцени.

Прямий ефір на аудиторію у понад 160 мільйонів глядачів не залишає права на помилку. Будь-яка система управління повинна мати 100% резервування (redundancy) на всіх рівнях: від фізичних ліній зв'язку до серверної логіки. Дослідження Fortune Business Insights (2025) вказують на те, що ринок сценічних технологій зміщується в бік повністю цифрових середовищ, де безпека даних стає такою ж важливою, як і потужність обладнання.

Актуальність також зумовлена впровадженням штучного інтелекту для автоматичного відстеження об'єктів (Tracking Systems), що потребує інтеграції з існуючими пультами управління.

Історично системи управління розвивалися від простих аналогових сигналів до складних IP-базованих мереж. На сучасному етапі (станом на 2024–2026 рр.) домінують наступні технологічні рішення:

1. Протоколи передачі даних DMX512 та RDM. Традиційний стандарт, який залишається базовим для кінцевих пристроїв. Проте через обмеження у 512 каналів на один всесвіт (universe), він використовується

лише на «останній милі» зв'язку.

Протоколи передачі DMX-даних через Ethernet-мережі. Як зазначає Tavares (2024), використання sACN є пріоритетним для масштабних шоу через його багаторівневу структуру та кращу підтримку мультикаст-трафіку, що критично для «Євробачення», де кількість каналів управління може перевищувати 100 000.

2. Централізовані консолі та медіасервери. На заходах рівня «Євробачення» зазвичай використовуються системи класу grandMA3 або Hog 4. Вони виступають у ролі «центрального процесора» шоу. Використання багатокористувацького режиму (Multi-user mode), де декілька операторів одночасно працюють над різними аспектами шоу (світло, відео, кінетика).

Сучасні системи інтегруються з рушіями реального часу, такими як Unreal Engine 5, для створення Pre-visualization (попередньої візуалізації). Це дозволяє програмувати шоу за місяці до монтажу обладнання на майданчику (IEEE Xplore, 2025).

3. Системи управління сценічною механікою. Управління лебідками, платформами, що обертаються, та рухомими екранами здійснюється окремими промисловими контролерами (наприклад, Cyberhoist або Kinesys). Головною вимогою тут є інтеграція з протоколом PTP (Precision Time Protocol) для синхронізації руху з відеоконтентом.

В рамках дослідження пропонується концепція інтегрованої інтелектуальної системи «Show-Control Hub», яка усуває фрагментарність управління.

Розробка передбачає створення дворівневої мережі:

- оптичне кільце (Backbone). Резервована лінія зі швидкістю 10/40 Гбіт/с для передачі «важкого» контенту (відео 8K, нестиснений аудіопотік);
- бездротовий сегмент (Wi-Fi 7 / 5G Private Network). Використовується для управління мобільними декораціями та дронами, де прокладання кабелю неможливе. Технологія Wi-Fi 7 забезпечує наднизьку затримку (<2 мс), що робить її придатною для живого виступу.

Пропонована система включає модуль AI-Tracking. Замість ручного керування прожекторами (Followspot), система за допомогою інфрачервоних камер та алгоритмів комп'ютерного зору автоматично фокусує світлові промені на артистові.

Аналіз технічного забезпечення «Євробачення» та аналогічних шоу демонструє перехід від дискретних пристроїв до цілісних інформаційних систем. Запропонована у роботі архітектура дозволяє знизити ризик «людського фактора» та забезпечити безпрецедентний рівень візуальної точності постановки.