International Scientific Conference 20 UNITECH 26

INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
19-21 November 2026
GABROVO

СИНТЕЗИРАНЕ НА КОМУНИКАЦИОННА СИСТЕМА ЗА МОНИТОРИНГ И УПРАВЛЕНИЕ НА УЛИЧНО ОСВЕТЛЕНИЕ

инж. Милен Ивайлов Василев[1], инж. Пламен Тихомиров Тихов[1], проф. д-р инж. Станимир Михайлов Садинов[1]

[1]катедра КТТ, ФЕЕ, ТУ - Габрово, ул. Х. Димитър 4, гр. Габрово, България
**кореспондиращ автор: murry@tugab.bg*

SYNTHESIS OF A COMMUNICATION SYSTEM FOR STREET LIGHTING MONITORING AND CONTROL

eng. Milen Ivaylov Vasilev[1], eng. Plamen Tihomirov Tihov[1], prof. eng. Stanimir Mihaylov Sadinov, PhD[1]

[1]department CET, FEE, Technical University of Gabrovo, H. Dimitar Str.4, Gabrovo, Bulgaria
**Corresponding author: murry@tugab.bg*

Abstract
The article proposes a communication system for the monitoring and control of street lighting—where luminaires are grouped into separate lines (segments)—leveraging existing connectivity to the power supply substation. The implementation involves establishing a Virtual Private Network (VPN) for secure data transmission, creating a dispatch center, and adopting a client-server architecture for the lighting control and management system. Key aspects include the selection of a segment controller and its integration into the street lighting control cabinet, as well as the selection of the control and communication unit.

Keywords: ключова дума на английски език; ключова дума на английски език.

ВЪВЕДЕНИЕ

Решението да се модернизира системата за осветление е свързано с няколко предизвикателства, на които съвременните технологии успяват да отговорят, като се адаптират към всяка променлива спрямо околната среда. Едно от най-важните предизвикателства, когато започваме да изграждаме модерно улично осветление е осъзнаването, че това е комплексен проект, включващ различни дейности и заинтересовани страни. Внедряването на интелигентна система е само една от дейностите в такива проекти. Обикновено в нея участват повече от един изпълнител, а спазването на ясен план и сътрудничество между различни заинтересовани страни е от особено значение за добрите резултати. Понякога в тръжната документация не се включва изискване за внедряването на интелигентна система, което излага общините на риск изобщо да не постигнат модернизация, въпреки очакванията им. Липсата на цялостна система затруднява наблюдението и управлението на инфраструктурата по време на работа. И накрая, важен фактор за успех в тези проекти е непрекъснатата поддръжка и работа с интелигентната система след първоначалното й инсталиране.

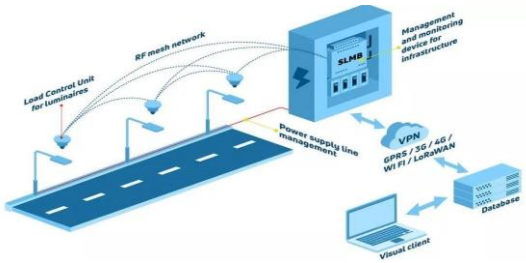
Print ISSN: 1313-230X, Online ISSN: 3033-1404

За да отговорим на всички тези предизвикателства трябва да се създаде комуникационна система за управление и мониторинг на улично осветление за дистанционно управление, наблюдение на състоянията и измерване на електрическите параметри на инфраструктурата на уличното осветление.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Комуникационната система трябва да надгражда традиционното улично осветление с интелигентни функции за дистанционно управление на осветителите и комплексно наблюдение на инфраструктурата в реално време. Системата събира, съхранява и анализира всички данни и предоставя цялостна картина за състоянията и процесите на осветлението. Трябва да е разработена така, че да постигне гъвкаво и ефективно управление и мониторинг на осветлението за всички заинтересовани страни (общини, компании за поддръжка, инвеститори, изпълнители и граждани).

Системата включва контролери за индивидуално управление на осветители (LCU), контролер (SLMB), монтиран в захранващото табло който изпълнява функции за управление и мониторинг, както и централен софтуер (CMS) с лесен за използване уеб интерфейс – фиг. 1.



***Фиг. 1**. Комуникационна клиент – сървър архитектура*

Представения вариант на комуникационна свързаност управлява димиращия график, измерва и изпраща данни за работата и състоянието на осветителите, чрез вградени радио модул. Всички контролери в системата създават mesh мрежа, за осигуряване на комуникационна свързаност и двупосочен трансфер на данни [1, 2].

Системата позволява индивидуално или групово управление на осветителите в зависимост от посочените изисквания и самата инфраструктура. Управлението се извършва автоматично – по предварително зададен график или ръчно – според изискванията на клиента.

Благодарение на модула за наблюдение се извършва и цялостен мониторинг в реално време – отчитане на състоянието на захранващата инфраструктура, защитните и изпълнителни механизми.

В случай на прекъсване на комуникацията, контролерите в системата продължават работата си автономно, без да има отражение върху работния режим на осветлението.

Софтуерният център за управление използва уеб-базиран интерфейс, който предоставя детайлна информация за състоянието на системата и електрическите параметри на инфраструктурата на осветлението, позволявайки бърз анализ и незабавно дистанционно управление на работа на системата.

Интелигентната система за осветление също е основа, върху която се изгражда всяка следваща технология в интелигентните градове, тъй като системата превръща осветителните тела в интелигентни точки, които създават комуникационна мрежа за цялостно покритие.

След направения обзор на видовете улични осветления се решаваме да предложим решение да се създаде комуникационна система за контрол и управление на уличното осветление групирано на отделни линии (сегменти) на осветителните тела при съществуваща и изградена свързаност със захранващия трафопост. За целта се поставят следните задачи за изпълнение:

- Изграждане на виртуална частна мрежа (VPN) за сигурно предаване на информацията;
- Създаване на диспечерски център и Клиент-сървър архитектура на систе-

мата за контрол и управление на осветлението;

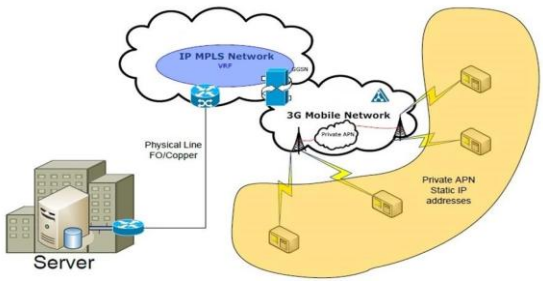
- Създаване на сегментен контролер и вграждането му в касета за улично осветление – избор на блок за управление и комуникация.

За реализирането на система за мониторинг и управление на улично осветление е необходим правилен подбор на апаратните средства, които трябва да отговарят на определени изисквания, модулно или по отделно.

Статичните системи имат фиксирана програма за димиране, основаваща се на „приета" използваемост на светеща площ за дадено време.

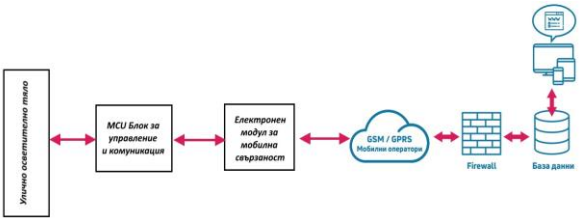
Динамичните, или адаптивни системи адаптират светлинните нива за комбинация от време, натоварване на трафика на движение, конкретната метеорологична обстановка, възможните пътни инциденти, пътни ремонти и местни обстоятелства.

За реализиране на цялостна система за управление на улично осветление е необходим избор на типа и модела за комуникация който ще се използва. На фиг. 2 е представен общ вид на комуникационният модел за реализиране на система за мониторинг и управление.



***Фиг. 2**. Комуникация при системи за мониторинг и управление*

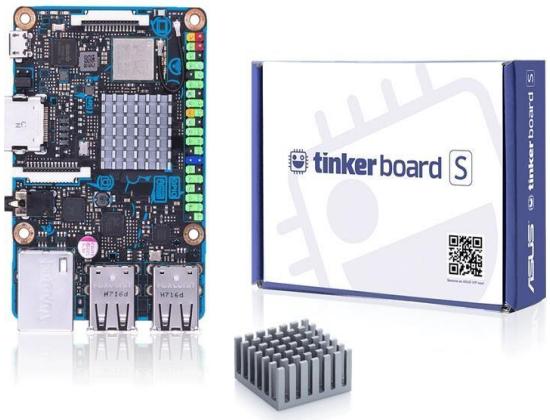
Реализирането на такъв тип система за управление на улично осветление, се базира на начина на управление на вече изградено улично осветление, както и на типа на осветителните тела. В основата си са реализирани на базата на използван микроконтролер, микрокомпютър или програмируем логически контролер (ПЛК), чрез който се осъществява както двустранната комуникация между отделните устройства у управляващият център, така и самото управление на осветителните тела. На фиг. 3. е представена примерна синтезирана блокова схема.



***Фиг. 2**. Синтезирана блокова схема на системата за управление на улично осветление*

Изборът на блок за управление се базира на реализиране на основни изисквания по отношение на работа, добавяне на допълнителни модули, цена и най-важното висока надеждност при работа.

Asus Thinker Board S, представлява едноплатков микрокомпютър базиран на ARM процесор и хардуерни модули предоставени от Asus – фиг. 4 [3, 4].



***Фиг. 4**. Asus Thinker Board S*

Едноплатковите микрокомпютри отговарят на тези изисквания, като поддържат голям брой операционни системи и притежават достатъчно ресурс за поддръжка на допълнителни хардуерни модули. На фиг. 4. е представен начина по който изглежда самият Thinker board S. За реализиране на комуникационната

система се използват и развойни системи като Raspberry Pi и Arduino UNO, софтуер и допълнителни комуникационни модули към тях.

Обобщена блокова схема на цялостната комуникационна система е представена на фиг. 5 и се състой от Интерфейсен контролен панел, изградена сим комуникация между отделните модули, контролер за управление и крайно устройство в случая е осветително тяло.



***Фиг. 5**. Блокова схема на цялостната система*

Интерфейсният контролен панел е изцяло уеб базиран и представлява индивидуално разработена уеб система за контрол и мониторинг на базата на използвани интернет базирани програмни езици.

Следва инсталиране на избраните хардуерни модули и софтуерното им обезпечаване. След това се прави инициализация и конфигуриране. Начина и метода на комуникация Безжична комуникация през наземна клетъчна мрежа по GSM/UMTS/LTE стандарт. Този тип мрежи са широко разпространени и предоставят безжичен достъп на подвижни абонати до глобалната телекомуникационна мрежа. Изгражда се безжична връзка между крайното устройство и базова приемо-предавателна станция (BS - Base Station) По безжичен път или чрез кабел (метален, оптичен) BS е привързана към опорната мрежа на мобилния оператор. Областта, която покрива една BS е известна като „клетка”. Всяка клетка има ограничен ресурс, поради което могат да се обслужат едновременно ограничен брой устройства. Взаимодействието между специализираните елементи се подчинява на клиент-сървър архитектурата, в която сървърът предоставя специфична услуга на клиентите. Обикновено клиентите и сървърът са отдалечени и обменят информация през комуникационна мрежа. За да е възможно това в програмното осигуряване на съответното устройство трябва да е наличен TCP/IP протоколния стек, който включва всички необходими протоколи за мрежова комуникация.

Ролята на клиента може да се изпълнява от сегментен контролер, който е натрупал оперативна информация и заявява изпращането и до диспечерския център за съхранение и обработка. Задачата на сървъра е да осигури ресурс за надеждно съхраняване и обработване на данните, както и правила за достъп до тях на други сървърни приложения и потребители. В зависимост от изпълняваната задача в даден момент едно устройство може да бъде клиент или сървър.

В диспечерския център е съсредоточена „интелигентността” на системата за контрол и управление на уличното осветление. Тук е разположено основното информационно и комуникационно обзавеждане, върху което се изпълнява управляващия софтуер.

Софтуерът за контрол и управление обединява алгоритми за избор на оптимален режим на работа на осветителите на базата на зададени критерии и двупосочен информационен обмен с елементи на системата (сегментни контролери, датчици, софтуерни приложения на трети страни). Осигурена висока защита на достъп (криптиране чрез SHA асиметричен алгоритъм) и има възможност за уведомяване чрез изпращане на e-mail при авария (или неизправност).

Събира се голямо количество информация, която има пряко отношение върху алгоритмите за управление. Информацията се съхранява в бази данни и се обработва за целите на статистически анализ, генериране на графици за управление и аларми. Неговата функционалност се обогатява чрез изграждане на връзки с външни софтуерни приложения

или такива на трети страни. Символите, представляващи „облак”, обозначават комуникационна мрежа, която може да бъде с локален или глобален обхват на действие.

Сигурността се гарантира чрез изграден VPN канал. Когато се използва инфраструктурата на публичните мрежи за предаване на данни, каквито са IP мрежите (Интернет), информационната сигурност е особено важна.

За да се избегнат рисковете от неоторизиран достъп и манипулиране на информационния поток между сегментните контролери и централния сървър в диспечерското управление, се изгражда виртуална частна мрежа (VPN - Virtual Private Network).

Технологията създава "тунел(и)" през публичната IP мрежа. Информацията, преминаваща през тунела, е защитена и недостъпна за останалите потребители на мрежата. Високото ниво на сигурност се постига чрез специализирани протоколи за защитено (криптирано) предаване на информацията. Такива протоколи могат да се използват и в частта сегментен контролер.

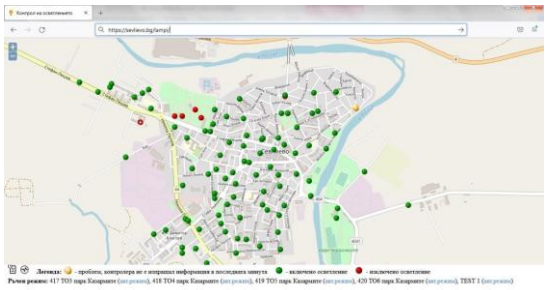
Отделните устройства се идентифицират по IP и MAC адрес на самия сегментен контролер. Всяко устройство притежава свой уникален адрес, който поради спецификата на мобилният оператор и съответната мобилна мрежа, се рутира с вътрешни адреси, като не може да бъде достъпван от външен за мрежата субект.

Към комуникационната среда се прилага и Web платформа за управление и мониторинг, която дава възможност за свързване от всяка точка на света (при наличие на интернет) и дава възможност за управление и следене в реално време.

Осигуряването на защитен вход в системата се осъществява с двустепенна защита посредством използване на потребителско име и парола, както и чрез валидиране на данните чрез криптирано изпращане и регистриране чрез Microsoft antifiction.

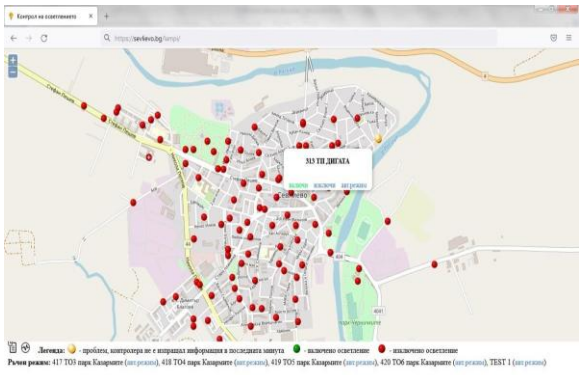
За оторизиране на входа в системата се използва HTML форма, чрез която данните от полетата се изпращат в отделна страница от където се сравняват с предварително зададени такива. Изпълнението на формата или така наречения „action“ показва къде ще бъде изпратена стойността на полета при натискане на бутона „submit“. Начините на изпращане на информацията са два: чрез използване на POST и GET команди. При използване на GET информацията остава видима в url адреса на браузъра и не е подходяща за използване при наличие на пароли и лични и потребителски имена. За това е използван метод POST който не позволява да видим изпратените данни. Информацията от полетата “name”, “password” се пращат към страницата „check.php“, чрез POST метод.

На фиг.6 е представен начина, по който се извършва управлението на уличното осветление в град среда, като при зелени точки осветлението е включено, а когато осветлението е изгасено точките стават червени.



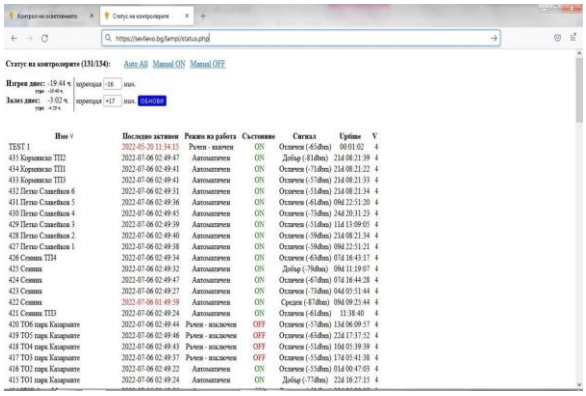
***Фиг. 6**. Екран за управление на осветлението в градска среда*

Приложението е уеб базирано което позволява достъпването и контрола от всяка точка при наличие на интернет свързаност. На фиг. 7 е представен екран при който чрез посочване с курсора на мишката върху някой от обектите, се изписва неговото име, а в историята под екрана се следи и неговият статус.



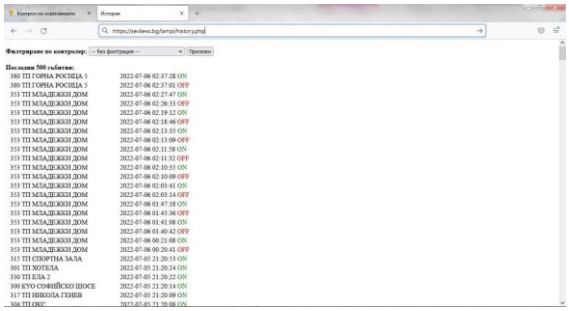
Фиг.7. *Локализиране на индивидуално устройство*

На фиг. 8 е представен екран за определяне статуса на всичките устройства налични в изградената мрежа.



Фиг.8. *Екран за определяне статуса на всичките устройства*

На фиг. 9 е представен примерен екран от хронологията на работа на последните 500 събития на всичките контролери или чрез филтриране по критерий зададен от администратора на системата



Фиг. 9. *Екран за определяне статуса на всичките устройства*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработената системата представлява реално реализирана електронна системата за управление на част от уличното осветление на град Севлиево.

Използва се иновативно индивидуално разработено устройство за управление както и свързана с него уеб базирана платформа за мониторинг и контрол. Така разработената система позволява лесен достъп до всяко устройство, като можем да следим във всеки момент неговият статус, и при наличие на авария, да бъдем уведомени за нейното бързо отстраняване. Към контролера лесно може да се добавят допълнително модули за последващо развитие при необходимост, както и уеб системата позволява дописване на допълнителни функционалности.

БЛАГОДАРНОСТИ: *Този доклад и изследванията в него са реализирани по проект „Изследване на интелигентни методи, архитектури и технологии за защита на данни в комуникационните мрежи“, договор НИП2026-22/2026г. към УЦНИТ при ТУ – Габрово.*

ЛИТЕРАТУРА

[1] Intelligent Outdoor Lighting with Adaptive Control – Nikolay Vasilev, Kiril Kasev – Sofia 2015.

[2] Embedded Microprocessor System Real World Design- Stuart R. Ball, 2002.

[3] Complete PCB design using OrCAD capture and layout – Kraig Mitzner, 2007.

[4] http://www.ti.com/lit/gpn/msp430g2553.