

SISTEMI UPRAVLJANJA JAVNIM OSVETLJENJEM

Dragan Brajović¹, Aleksandar Lojanica²

REZIME

Predmet istraživanja je upravljanje radom javnog osvetljenja. U skladu sa formulisanim predmetom istraživanja, cilj istraživanja je da se na osnovu proučavanja relevantne literature sagledaju terminološko određenje sektora javnog osvetljenja, njegove karakteristike i različiti načini upravljanja radom javnog osvetljenja. Zadaci istraživanja su: definisanje sektora javnog osvetljenja i njegovih karakteristika; definisanje načina upravljanja radom javnog osvetljenja; i prikazivanje pametnog javnog osvetljenja kao primera upravljanja radom javnog osvetljenja. Kroz ovaj rad dat je odgovor na neka istraživačka pitanja kao što su: da li je u kontekstu pametnog javnog osvetljenja bolje koristiti žičane ili bežične mreže.

Ključne reči: *javno osvetljenje; održivost; pametno javno osvetljenje; upravljanje.*

PUBLIC LIGHTING MANAGEMENT SYSTEMS

SUMMARY

The subject of research is public lighting management. In accordance with the formulated research subject, the goal of the research is to look at the terminological definition of the public lighting sector, its characteristics and different ways of managing the work of public lighting, based on the study of relevant literature. The tasks of the research are: defining the public lighting sector and its characteristics; defining way of managing the work of public lighting; and showcasing smart public lighting as an example of public lighting management. Through this work, some research questions were answered like: is it better to use wired or wireless networks in the context of smart public lighting.

Keywords: *public lighting; sustainability; smart public lighting; management.*

1.UVOD

Javno osvetljenje predstavlja sistem osvetljenja koji se koristi u javnim prostorima, kao što su ulice, trgovi, parkovi i druge javne lokacije. Osnovna funkcija javne osvetljenja je da pruži svetlost u toku noći i osigura bezbednost, orijentaciju i komfor korisnicima javnih prostora.

Javno osvetljenje ima više ciljeva i funkcija. Prvo, ono obezbeđuje vidljivost i bezbednost unutar javnih prostora i pomaže u smanjivanju rizika od nezgoda i kriminalnih aktivnosti. Drugo, javno osvetljenje doprinosi estetskom aspektu gradskog okruženja i doprinosi kreiranju ugodne atmosfere. Treće, ono omogućava praktičnu upotrebu javnih prostora u toku noći, što je važno za poslovne, kulturne i rekreativne aktivnosti.

Javno osvetljenje može biti izvedeno koristeći različite tipove osvetljenja, uključujući svetiljke na ulicama, protektore, fasadno osvetljenje i ukrašavanje javnih građevina i sl. Tehnologija koja se koristi u javnom osvetljenju uključuje konvencionalne izvore svetlosti kao što su halogene ili fluorescentne sijalice, kao i modernije LED osvetljenje koje se smatra energetski efikasnijim i troškovno prihvatljivijim.

¹Visoka škola tehničkih strukovnih studija, Svetog Save 65, Čačak

²Visoka škola tehničkih strukovnih studija, Svetog Save 65, Čačak

Upravljanje radom javnog osvetljenja igra važnu ulogu u osiguravanju optimalnog funkcionisanja sistema. Ono može obuhvatati primenu različitih tehnologija, kao što su senzori pokreta, tajmeri, daljinsko upravljanje i sistemi za monitoring i kontrolu. Upravljanje radom javnog osvetljenja je od velikog značaja za postizanje energetske efikasnosti, smanjenje troškova i održivost gradske infrastrukture.

Sa rastućim uticajem tehnologije i koncepta pametnih gradova, upravljanje radom javnog osvetljenja je postalo naprednije i inovativnije. Pametni sistemi osvetljenja uključuju upotrebu senzora, analitike podataka i automatske kontrole da bi se osigurala efikasna i usmerena osvetljenost u različitim uslovima.

Ukratko, javno osvetljenje je neophodna komponenta urbanih prostora, koja obezbeđuje vidljivost, bezbednost i komfor.

2.DEFINISANJE JAVNOG OSVETLJENJA

Javno osvetljenje se sastoji od uličnog osvetljenja i raznih drugih tipova spoljašnjeg osvetljenja, kao što su dekorativno, sportsko, bezbednosno i funkcionalno osvetljenje, koje se zajednički nazivaju osvetljenje otvorenog prostora [1]. Ulično osvetljenje koje se nalazi u stambenim ulicama i glavnim putevima ima standardne ili nestandardne stubove, oba sadrže iste osnovne delove.

Osvetljenje otvorenog prostora se obično odnosi na osvetljenje na otvorenom prostoru kao što su parkovi, trgovi, sportski tereni i drugi javni prostori. Obuhvata različite vrste svetlosnih instalacija i uređaja dizajniranih da efikasno osvetle ove prostore [1]. Slika 1 prikazuje različite vrste osvetljenja otvorenog prostora osvetljenja.

Osvetljenje otvorenog prostora igra važnu ulogu u obezbeđivanju bezbednosti, funkcionalnosti i atmosfere u različitim javnim prostorima kao što su parkovi, sportska igrališta, trgovi, itd. Ono ima specifične potrebe i zahteve u poređenju sa unutrašnjim osvetljenjem, uzimajući u obzir otvorenu prirodu okruženja.



Slika 1. Različite vrste osvetljenja otvorenog prostora [1]

3. PRIMER UPRAVLJANJA – PAMETNO JAVNO OSVETLJENJE

Pametno javno osvetljenje, takođe poznato i kao inteligentno osvetljenje, predstavlja sistem koji koristi napredne tehnologije i senzore za efikasno i upravljano osvetljenje javnih prostora. Ovaj tip osvetljenja ima brojne prednosti i donosi niz inovacija u oblasti upravljanja javnim osvetljenjem. U nastavku je navedeno nekoliko ključnih prednosti pametnog javnog osvetljenja [20]:

- Energetska efikasnost: Pametno osvetljenje koristi napredne senzore, kao što su senzori prisustva i ambijentalnog osvetljenja, koji omogućavaju uključivanje i isključivanje svetala samo kada je potrebno. Ovo doprinosi značajnoj energetskej efikasnosti, što rezultira smanjenjem potrošnje električne energije i troškova;
- Adaptivnost i fleksibilnost: Pametno osvetljenje može biti programirano i kontrolisano na osnovu različitih faktora, kao što su prisustvo prolaznika, sažetost saobraćaja ili vremenski uslovi. Ovo omogućava sistemu da adaptira osvetljenje u realnom vremenu, što doprinosi optimalnom osvetljenju i uštedi energije;
- Daleko upravljanje i monitoring: Pametno osvetljenje obično ima mogućnost da se daleko upravlja i monitoriše. Putem centralnog sistema ili aplikacije, operatori mogu kontrolisati rad osvetljenja, pratiti status i dobijati informacije o problemima ili neispravnostima;
- Poboljšana bezbednost i bezbednosni aspekti: Pametno osvetljenje može doprineti poboljšanju bezbednosti u javnim prostorima. Osvetljenje se može aktivirati kada senzori detektuju pokret, što omogućava bolje vidljivost i sprečavanje kriminalnih aktivnosti;
- Integracija sa drugim sistemima: Pametno osvetljenje može biti integrisano sa drugim sistemima, kao što su sistemi video nadzora, sistemi upravljanja saobraćajem ili sistemi upravljanja gradom. Ova integracija omogućava sinhronizovan i koordinisan rad različitih sistema u okviru urbanih prostora.

Iako pametno javno osvetljenje ima mnoge prednosti, postoje i neki nedostaci i izazovi koji mogu biti važni prilikom njegove implementacije. U nastavku su navedeni neki od njih [20]:

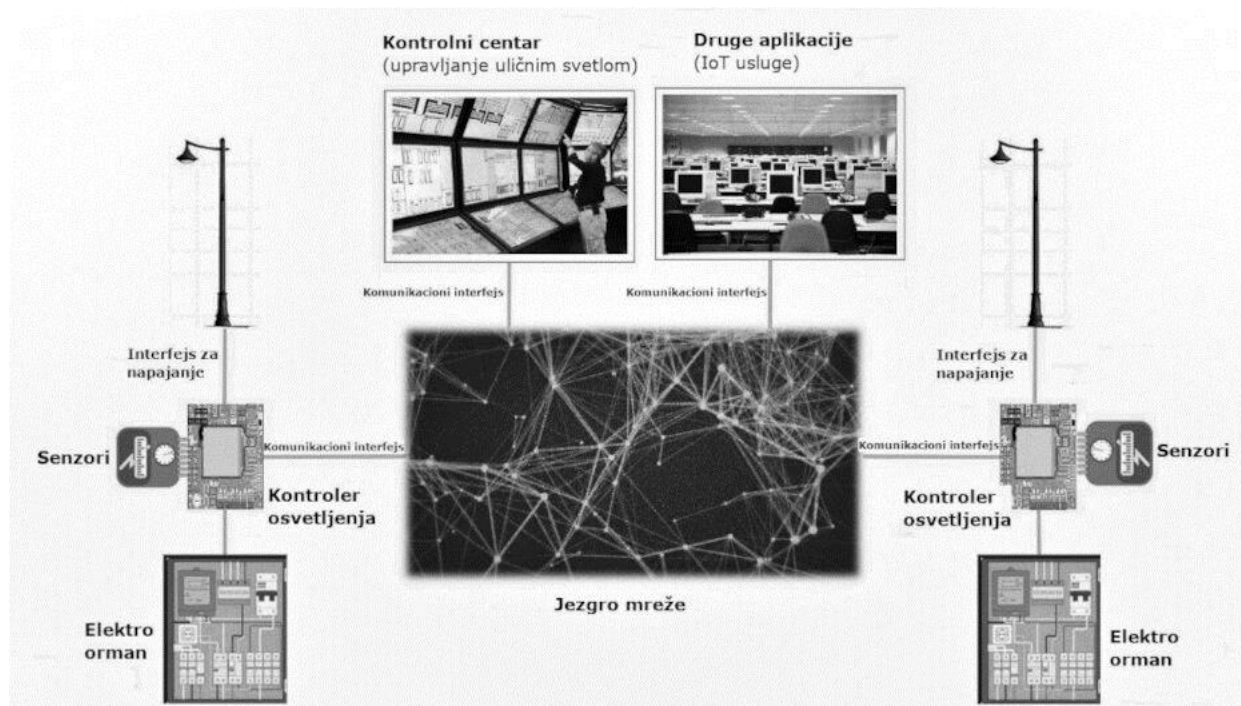
- Početni troškovi: Instalacija pametnog javnog osvetljenja može biti skupa, uključujući troškove za nabavku i instalaciju senzora, kontrolnih sistema i druge opreme. Ovo može predstavljati prepreku za mnoge urbane oblasti sa ograničenim budžetom;
- Sigurnost i privatnost podataka: Pametno osvetljenje se obično povezuje sa mrežom i koristi podatke o korisnicima i okruženju. Ovo može predstavljati izazov u vezi sa zaštitom privatnosti i bezbednosti podataka, posebno ako se ne primene adekvatne mere zaštite i šifrovanja;

- Tehnički izazovi: Pametno javno osvetljenje zahteva stalno funkcionisanje i održavanje komponenti kao što su senzori, kontrolni sistemi i komunikacione mreže. Održavanje i ažuriranje ovih komponenti može predstavljati izazov, posebno u velikim i kompleksnim sistemima;
- Kompatibilnost i standardi: Izazov može biti usaglašavanje i kompatibilnost različitih komponenti i sistema u različitim oblastima. Nedostatak standarda i unificiranih protokola može usložniti integraciju i interoperabilnost različitih rešenja;
- Potreba za obuku i usavršavanje: Pametno javno osvetljenje zahteva obučene kadrove za upravljanje i održavanje sistema. Obuka i stalno usavršavanje osoblja je bitno kako bi se ispravno upravljalo i ispraljivalo potencijalne probleme;
- Zamena starog osvetljenja: U nekim slučajevima, implementacija pametnog javnog osvetljenja može zahtevati zamenu ili nadogradnju postojećih sistema osvetljenja. Ovo može predstavljati izazov u pogledu finansijskih sredstava i vremena potrebnog za promenu.

Ukratko, pametno javno osvetljenje ima svoje prednosti, ali takođe ima i nedostatke i izazove.

3.1. Pametno javno osvetljenje: arhitektura infrastrukture i glavni zadaci

Najopštija arhitektura infrastrukture pametnog javnog osvetljenja prikazana je na slici 2, koja prikazuje sve glavne komponente, a to su kontrolni centar, komunikaciona mreža (osnovna mreža na slici 2 i kontroler svetla [2]).



Slika 2. Arhitektura infrastrukture pametnog osvetljenja [2]

Kontrolni centar je kancelarija za upravljanje infrastrukturom: on komanduje/konfiguriše (npr. uključivanje, gašenje, zatamnjenje) svakim uličnim svetlom i prati uslove rada infrastrukture u svrhu održavanja. Komandno-informaciona razmena između kontrolnog centra i svakog uličnog osvetljenja odvija se preko komunikacione mreže, koja mora da obezbedi adekvatnu pokrivenost celog prostora gde su postavljena osvetljavajuća tela. Konačno, kontroleri svetla su pametna komponenta uličnih svetiljki, jer aktiviraju komande koje prima kontrolni centar i šalju nazad potrebne informacije. U perspektivi pametnog grada, kontroleri svetla takođe mogu biti opremljeni IoT senzorima (npr. za merenje saobraćaja u vozilima ili praćenje kvaliteta vazduha), čija se merenja prenose centrima za upravljanje specifičnim za aplikacije (prikazano na slici 2 kao druge aplikacije). Čak i u svojoj osnovnoj verziji, pametni kontroleri svetla su zaduženi za četiri glavna zadatka [2]:

- Zadatak 1: pratiti u realnom vremenu stanje svetiljke;
- Zadatak 2: pratiti električne parametre uređaja u realnom vremenu;
- Zadatak 3: pokrenuti napajanje, tako da priguši intenzitet svetlosti;
- Zadatak 4: uspostaviti komunikacionu vezu prema kontrolnom centru.

Ostvarivanje zadatka 1 i zadatka 2 omogućava blagovremeno održavanje, što rezultira kraćim prekidima i nižim operativnim troškovima. Što se tiče zadatka 3, može se primeniti i dinamičko (svestno konteksta) ili planirano zatamnjenje svetla, u zavisnosti od složenosti kontrolera svetla.

Kao što je prikazano na slici 2, kontroleri svetla imaju dva glavna interfejsa. Interfejs za napajanje omogućava komandovanje zatamnivanjem svetla i prikupljanje podataka o električnim parametrima, dok mrežni interfejs omogućava dvosmernu razmenu informacija između kontrolera svetla i kontrolnog centra [2].

Što se tiče interfejsa za napajanje, koji se tiče zadataka 1, 2 i 3, postoje dva tradicionalna modaliteta za uspostavljanje komunikacione veze između kontrolera svetla i napajanja: pomoću analognog 0–10 V pilot signala ili preko digitalnog putovanja. U prvom slučaju, kontroler svetla emituje pilot signal, čiji napon tumači napajanje kao procenat svetlosti koji se mora obezbediti (npr. 1 V = 10%, 5 V = 50%, 10 V = 100%). U poslednjem slučaju koristi se dvosmerna digitalna magistrala [2]. Kada se ovo rešenje usvoji, najčešći izbor je sabirnica Digital Addressable Lighting Interface (DALI) [3]. U ovom slučaju, podaci se razmenjuju pomoću asinhronog, poludupleksnog, serijskog protokola preko dvožične magistrale, sa fiksnom brzinom prenosa podataka od 1200 bit/s. Dvosmerne komunikacije koje dozvoljava DALI su svakako velika prednost u odnosu na jednosmernu kontrolu 0–10 V. Konačno, DALI [3] digitalno omogućava sledeće funkcionalnosti:

- prigušivanje svetlosti;
- otkrivanje kvara;
- mogućnost slanja podataka u vezi sa statusom svetiljke;
- sposobnost slanja električnih informacija (npr. napon, struja i faktor snage).

Pored toga, DALI je fleksibilniji od kontrole 0–10 V, jer se ne mora poštovati polaritet za dve žice, dok je suprotno tačno za kontrolu 0–10 V. Sa druge strane, DALI podrazumeva dodatne troškove zbog dodatne elektronike i, u slučaju rešavanja problema sa zatamnivanjem, složeniji je u dijagnostičkom smislu. Tipično, kada se DALI magistrala usvoji u infrastrukturu pametnog uličnog osvetljenja, ona je ugrađena u kontroler svetla svake svetiljke [2].

Što se tiče komunikacionog interfejsa (zadatak 4), može se usvojiti nekoliko rešenja, bilo ožičenih ili bežičnih. Ovaj izbor je od najveće važnosti jer „pametnost“ infrastrukture osvetljenja, kao i troškovi njenog postavljanja i upravljanja, striktno zavise od usvojene komunikacione tehnologije [2].

Za potrebe održavanja, najvažnija informacija o svetiljki je da li njena sijalica ispravno radi ili ne. U tom cilju, kontroler svetla može usvojiti dva pristupa: oslanjanje na DALI magistralu da razmenjuje informacije direktno sa napajanjem, koje obezbeđuje merenja električnih parametara u digitalnom obliku, razmena informacija sa meračem energije, tako da se dijagnostikuje mogući LED kvarovi modula upoređujući stvarnu krajnju očekivanu potrošnju energije [2].

3.2. Praćenje električnih parametara

Kontroleri svetla se mogu razlikovati i prema količini i kvalitetu informacija koje mogu da dobiju o električnoj mreži. Na primer, pored potrošnje aktivne i reaktivne snage, mogu biti interesantni dalji parametri: napon, struja, faktor snage, prosečna potrošnja (sat, dan, nedeljni, mesečni, godišnji) [2].

Prikupljanje takvih vrednosti u realnom vremenu pretvara kontroler svetla u distribuirani analizator infrastrukture osvetljenja. Prikupljene informacije, iako nisu direktno povezane sa ciljem uštede energije, korisne su za optimizaciju održavanja postrojenja za osvetljenje.

Jasno je da je najvažniji zadatak kontrolera svetla da priguše svetlo prema nekom kriterijumu, da generišu uštede. Tokom godina, osnovni kontrolni sistemi su evoluirali u izuzetno napredne, pružajući poboljšane mogućnosti prilagođavanja intenziteta osvetljenja stvarnom radnom okruženju [2]. Za razliku od najjednostavnijih i staromodnih kontrolera svetla, koji dozvoljavaju podešavanje intenziteta svetlosti samo prema unapred definisanom rasporedu, najsavremeniji sistemi kontrole omogućavaju prilagođavanje izlaznog lumena trenutnom saobraćaju vozila [4], čija količina se prati od strane specifičnih senzori, u nekim slučajevima čak i uzimajući u obzir meteorološke uslove zajedno sa izmerenom osvetljenošću površine puta.

Konkretno, prema standardu osvetljenja CEN/TR 13201-2 [5], svakom putu je dodeljena određena klasa osvetljenja, koja najviše zavisi od očekivanog toka saobraćaja. U odnosu na motorizovane saobraćajnice, pomenuti standard [5] definiše šest klasa, od M1 do M6 u opadajućem redosledu važnosti, od kojih svaka odgovara specifičnom zahtevu prosečne osvetljenosti. Na primer, prosečna osvetljenost od 2 cd/m² je potrebna za M1 klasu, 1,5 cd/m² za M2 klasu, dok je 0,30 cd/m² dovoljno za M6 klasu. Međutim, standard omogućava dinamičko prilagođavanje klase osvetljenja stvarnim uslovima, procenjenim putem merenja u realnom vremenu [2].

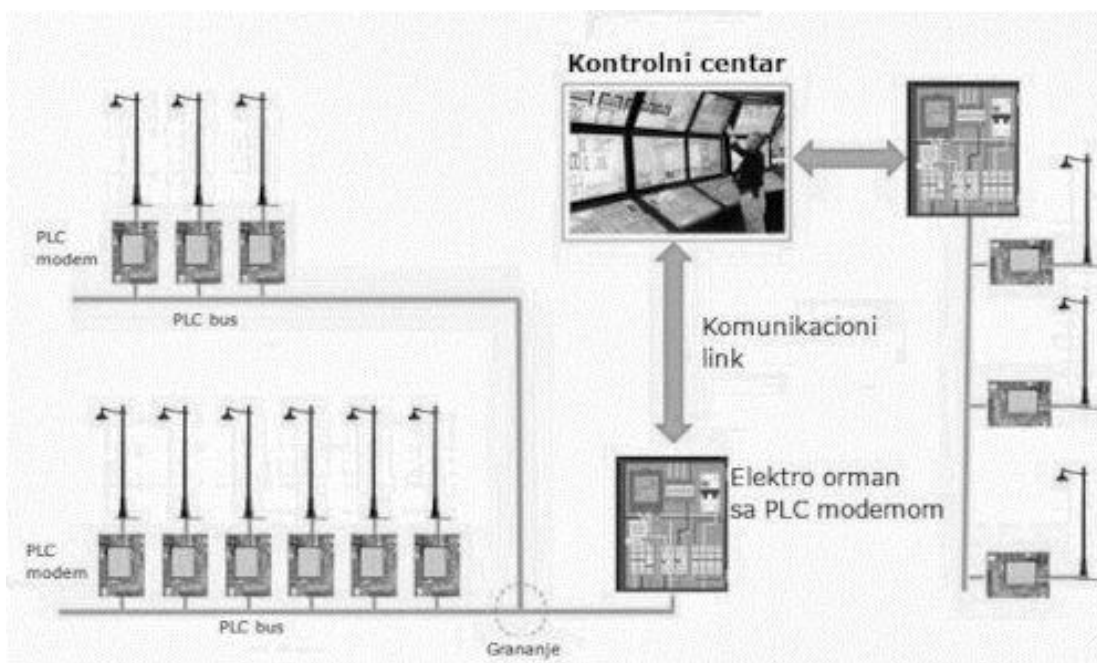
4. MREŽNE ARHITEKTURE I TEHNOLOGIJE PRENOSA

Osnovno pitanje koje treba rešiti prilikom projektovanja infrastrukture za pametno osvetljenje je kako uspostaviti vezu između svakog uličnog svetla i kontrolnog centra. S obzirom na statičnu prirodu infrastrukture osvetljenja, mogu se usvojiti i žičane i bežične mreže.

4.1. Žičane mreže

Najjednostavniji način da se integrišu sva javna svetla u žičanu komunikacionu mrežu je da se iskoriste postojeći vodovi za prenos podataka i signala. Ovo je tehnologija komunikacije putem električne mreže, koja pretvara konvencionalnu električnu mrežu u komunikacionu infrastrukturu [2]. Kao što je objavljeno u [6], sistemi komunikacije putem električne mreže se mogu klasifikovati prema njihovom propusnom opsegu:

- širokopolasni sistemi komunikacije putem električne mreže (1,8–100 MHz), koji daje brzinu podataka reda veličine Mbps sa pokrivenošću od nekoliko stotina metara;
- uskopojasni sistemi komunikacije putem električne mreže (3–500 MHz), koji obezbeđuje brzinu prenosa podataka od nekoliko stotina kbps na nekoliko kilometara;
- ultra-uskopojasni sistemi komunikacije putem električne mreže (125–3000 Hz), koji prenosi veoma niske brzine podataka (otprilike 100 bps) na desetinama ili čak stotinu kilometara.



Slika 3. Arhitektura pametnog osvetljenja zasnovana na komunikaciji putem električne mreže [2]

4.2. Bežične mreže

Ćelijske mreže su sveprisutne i rasprostranjene, pokrivajući oko 95% svetskih stanovnika i skoro celokupna naseljena područja. S obzirom na njihov sveprisutni domet, ćelijske mreže izgledaju kao idealno rešenje za jednostavno povezivanje svetiljki sa kontrolnim centrom.

Ćelijske mreže, zajedno sa njihovim razvojem LPWAN-a, svakako se čine pogodnim rešenjem za obezbeđivanje infrastrukture pametnog osvetljenja sa potrebnom konektivnošću[2].

Pre svega, povezanost je veoma kritična za pametno osvetljenje. Ulična svetla koja nemaju adekvatan nivo primljene energije od baznih stanica su van kontrole upravljanja infrastrukturom. Ovo pitanje je posebno kritično jer, iako je tačno da su mobilne mreže sveprisutne i rasprostranjene, ciljna pokrivenost od 100% ne može se postići u gustim urbanim sredinama. Drugo, pošto celularnim mrežama upravljaju treći provajderi, vlasnici infrastrukture za osvetljenje moraju da plate troškove za njihovo korišćenje, što bi moglo biti značajno jer hiljade uličnih svetiljki moraju biti povezane. Treće, korišćenje mobilne mreže za povezivanje sa uličnim svetilkama sugeriše da vlasnik infrastrukture osvetljenja nije voljan da implementira i upravlja svojom privatnom komunikacionom mrežom. Iako je ovaj izbor razumljiv, jer smanjuje napor na strani nosioca javnog osvetljenja, on sprečava mogućnost korišćenja takve privatne mreže i za dodatne IoT usluge koje bi mogle biti od interesa. Konačno, očekivani životni vek infrastrukture za osvetljenje je oko 15-20 godina, što je veoma dug period u smislu tehnološke evolucije. U tako dugom periodu, ćelijska tehnologija izabrana za infrastrukturu pametnog osvetljenja u vreme njenog postavljanja može biti isključena od strane mrežnih operatera da bi oslobodili frekvencije za nove tehnologije. To je ono što se trenutno dešava sa 3G tehnologijom koja će, iako je i dalje odlična za mnoge IoT aplikacije, biti odbačena u narednim godinama, 15–20 godina nakon njenog uvođenja.

4.3. Komunikacione tehnologije za pametne svetlosne infrastrukture

Žičane mreže, iako su trenutno usvojene u mnogim infrastrukturama za ulično osvetljenje, ne predstavljaju razuman izbor kada se posmatraju u savremenoj perspektivi pametnih gradova i scenarija IoT-a. Ovakve mreže, uglavnom implementirane korišćenjem tehnologija komunikacije putem električne mreže, predstavljaju namensku komunikacionu infrastrukturu, koja ima za cilj pružanje samo usluge pametnog osvetljenja. Uzimajući u obzir tekuću evoluciju urbanih sredina, koje će biti sve više i više načičkane pametnim objektima koji zahtevaju povezanost za razmenu podataka, postavljanje mreže širom grada za podršku jedne usluge je svakako, ako ništa drugo, propuštena prilika. Nasuprot tome, bežične mreže su ključni pokretači za nadolazeće aplikacije za pametne gradove i IoT. Njihova fleksibilnost, široka pokrivenost i niski troškovi primene čine ih jedinim izvodljivim izborom za međusobno povezivanje mnoštva pametnih uređaja koji se primenjuju u našim gradovima.

Bez sumnje, prvo je najjednostavnije rešenje. Pod pokrivenošću bežične mreže treće strane (npr. mobilne ili Sigfox), povezivanje uličnog svetla sa infrastrukturom za pametno osvetljenje jednostavno znači da mu se obezbedi odgovarajući radio interfejs i da se uključi. Odmah će se povezati sa bežičnom mrežom koja je već uspostavljena. Glavni nedostaci ovog izbora su potreba za pretplatom na uslugu koja pokriva svo ulično osvetljenje, uz odgovarajuću naknadu koja se plaća mrežnom provajderu, i nemogućnost ostvarivanja prihoda od infrastrukture pametnog osvetljenja, koja ostaje pasivna imovina.

Sa druge strane, pretvaranje infrastrukture za pametno osvetljenje u kapilarnu, multifunkcionalnu komunikacionu mrežu širom grada, sposobnu da prenosi informacije, prikuplja podatke i pruža usluge do i od IoT uređaja, čini je dinamičnom platformom koja služi kao okosnica za razvoj pametnih gradova.

5. ZAKLJUČAK

Senzorsko upravljanje radom javnog osvetljenja omogućava efikasnije i pametnije korišćenje osvetljenja u javnim prostorima. Ova tehnologija koristi senzore i veštačku inteligenciju da automatski reguliše osvetljenje u zavisnosti od okolnih uslova i potreba. Uključivanje senzorskog upravljanja radom javnog osvetljenja može doprineti uštedi energije, zaštiti okoline i poboljšanju bezbednosti u javnim prostorima. Ova tehnologija predstavlja važan korak ka pametnijem i održivijem korišćenju javnog osvetljenja. Primena sistema daljinskog upravljanja osvetljenjem pruža fleksibilnost, udobnost i kontrolu nad osvetljenjem na različitim mestima. Ovi sistemi omogućavaju brzo reagovanje, optimizaciju rada svetiljki i smanjenje troškova, što ih čini popularnim izborom u mnogim industrijskim, komercijalnim i javnim okruženjima. Takođe pruža veću bezbednost i udobnost za korisnike javnih prostora.

Pametno javno osvetljenje predstavlja modernizovanu i inteligentnu verziju javnog osvetljenja. Prednosti pametnog javnog osvetljenja ogledaju se u energetskej efikasnosti, adaptivnosti i fleksibilnosti, poboljšanoj bezbednosti i bezbednosnim aspektima, i integraciji sa drugim sistemima. Nezavisno od svojih prednosti, pametno javno osvetljenje ima neke potencijalne nedostatke i izazove. Oni uključuju početne troškove instalacije i konfiguracije sistema, potrebu za održavanjem i nadogradnjom tehnologije, kao i izazove u vezi sa privatnošću i sigurnošću podataka.

Ukratko, pametno javno osvetljenje predstavlja naprednije i inteligentnije rešenje upravljanja osvetljenjem u javnim prostorima. Osim uštede energije, pošto svako pametno ulično svetlo treba da ima dvosmerne komunikacione mogućnosti, sveprisutna komunikaciona mreža širom grada proizilazi iz infrastrukture osvetljenja. Ulična svetla više nisu izolovani elementi, već bi mogla da uspostave kapilarnu, multifunkcionalnu komunikacionu mrežu širom grada, sposobnu da prenosi informacije, prikuplja podatke i pruža usluge milionima IoT uređaja i sa njih. Ulično osvetljenje bi tako moglo da podrži IoT usluge širom grada, što će ih učiniti ključnim pokretačima revolucije pametnih gradova.

6. LITERATURA

- [1] City of Port Philip. Sustainable public lighting guidelines. City of Port Philip, 2021.
- [2] Pasolini, G.; Toppan, P.; Zabini, F.; De Castro, C.; Andrisano, O. Design, deployment and evolution of heterogeneous smart public lighting systems. *Applied Sciences* 2019, 9(16), 3281.
- [3] Bellido-Outeiriño, F.J.; Quiles-Latorre, F.J.; Moreno-Moreno, C.D.; Flores-Arias, J.M.; Moreno-García, I.; Ortiz-López, M. Streetlight Control System Based on Wireless Communication over DALI Protocol. *Sensors* 2016, 16, 597.
- [4] Wojnicki, I.; Kotulski, L. Empirical Study of How Traffic Intensity Detector Parameters Influence Dynamic Street Lighting Energy Consumption: A Case Study in Krakow, Poland. *Sustainability* 2018, 10, 1221.
- [5] EN 13201-2: Road Lighting—Part 2: Performance Requirements; European Committee for Standardization: Brussels, Belgium, 2016
- [6] Ikpehai, A.; Adebisi, B.; Kharel, R. Smart street lighting over narrowband PLC in a smart city: The Triangulum case study. In *Proceedings of the 2016 IEEE 21st International Workshop on Computer Aided Modelling and Design of Communication Links and Networks (CAMAD)*, Toronto, ON, Canada, 23–25 October 2016; pp. 242–247.