

Licht RegelSystemen

LRS



Nacht: Vollicht zinloos, onnodig hoog energieverbruik en lichtvervuiling

Voor: Rijkswaterstaat
t.a.v. Dhr. W. Zandvliet
Programma ZekerDuurzaam
Dienst Infrastructuur RWS
willem.zandvliet@rws.nl

Door: Willem van der Brug
DigitalTF B.V.
Burgemeester Notermansstraat 36
5683MD Best
willem.van.der.brug@gmail.com

Samenvatting en conclusie

Samenvatting

Licht RegelSystemen (LRS) zijn systemen die commando's versturen naar de armaturen en eventueel de lampstatussen terugmelden. Door de introductie van leds en de komende energietransitie is de functie van LRS volledig aan het veranderen. Daar waar LRS vroeger vooral de korte levensduur van gasontladingslampen bewaakten gaan ze nu vooral dienen om led lampen te dimmen. Met een bewakingsfunctie waren LRS systemen met 2-weg communicatie nodig. Voor alleen dimmen is éénrichtingscommunicatie (sturing naar de lampen toe) voldoende.

Tevens wordt het besturen van het (kleur-)spectrum van led lampen overwogen. Ook hiervoor is éénrichtingscommunicatie voldoende.

Conclusies

- Zodra s'avonds de verkeersdrukke afneemt is het veilig om te dimmen. De haalbare energiebesparing en CO2 reductie ten opzichte van continue vol aan is meer dan 60%
- Tweetraps dimmen vanaf 20u00 levert meer energiebesparing dan na 23u00 uit.
- In tegenstelling tot gasontladingslampen zijn leds uitstekend geschikt om te dimmen.
- Dimmen van leds levert naast energiebesparing ook een verlengde levensduur van leds.
- Gasontladingslampen hadden, vooral bij dimmen, een korte levensduur. Hierdoor was het zinvol deze lampen met een LRS systeem te bewaken. Moderne led lampen hebben een levensduur van meer dan 15 jaar en hoeven niet per se bewaakt te worden. Als ledlampen de helft van de tijd gedimd zijn kan de levensduur oplopen tot 25 jaar.
- Na de energietransitie is er s'nachts minder energie beschikbaar (geen zon en minder wind), terwijl huishoudens s'nachts de elektrische auto's opladen. Dimmen van OVL wordt dan maatschappelijk belangrijker.
- De vervanging van gasontladingslampen zoals Son-t door ledlampen zou gepaard moeten gaan met de installatie van een dimfunctie, zodat slechts 1 maal geïnstalleerd hoeft te worden.
- In de afgelopen 15 jaar zijn diverse proeven met LRS systemen teleurstellend verlopen. LRS systemen bleken in de praktijk vaak kostbaar, onbetrouwbaar en onderhoudsintensief. Ook werd er weinig tot geheel geen gebruik gemaakt van de functies die de systemen boden. De meeste gebruikers die LRS systemen al jaren in bedrijf hebben zijn ontevreden. Dit was voor RWS zelfs reden om LRS (destijds bekend als DOV) geheel te verbieden.
- De afgelopen 15 jaar is de bestaande technologie van sommige LRS systemen echter verbeterd en zijn er nieuwe technologieën bijgekomen die de betrouwbaarheid verbeteren.
- Vanwege de overgang naar led verlichting, de veranderde eisen, en de vooruitgang van LRS technologie is het verstandig om de nieuwe LRS systemen te verkennen en testen.

Inhoudsopgave

Samenvatting en conclusie	2
Samenvatting	2
Conclusies	2
Inhoudsopgave.....	3
Lijst van figuren	4
Lijst van afkortingen	5
Inleiding	6
Systeemarchitectuur van LRS systemen	7
TALQ en ALiS	8
Communicatie en/of sturing naar armaturen.....	9
Stuursystemen zonder Segment Controller.....	9
ToonFrequent.....	10
R-TF	10
Stuursystemen met Segment Controller	11
Zuivere PowerLine Sturing (ZPS).....	11
Coded Mains en DigitalTF	12
Tweeweg communicatie zonder Segment Controller	12
Tweeweg communicatie met Segment Controller.....	13
Draadloos	14
Hoogfrequente PowerLine Communicatie (HFPLC).....	14
Meshing.....	15
Overzicht Communicatiesystemen.....	17
Criteria voor keuze LRS systeem	20
Betrouwbaarheid van schakel- en dimopdrachten en levensduur	20
Total Cost of Ownership (TCO).....	21
Haalbare energiebesparing.....	22
Dimprofiel	22
Energiegebruik OLC's en SMC	24
Resultaten inventarisatie en analyse fabrikanten.....	25
Systeem.....	25
Toepassing in beheersgebied RWS.....	25
Betrouwbaarheid.....	25
Stuurelektronica	25
MTTF OLC's.....	25
MTTF SMC	25
Bekabeling OLC.....	26
Soort systeem.....	26
Privé netwerk	26

Hoeveelheid leveringen	26
ISM storingsgevoelig	26
Gevoeligheid 230V bekabeling	26
Herhaling stuursignaal	26
Graceful Degradation	26
Energiebesparing	27
Aantal dimniveaus	27
Aantal dimgroepen	27
Energieverbruik OLC	27
Energieverbruik SMC	27
Functionaliteit	27
Alis en TALQ	27
Dimfunctie	27
Responstijd manual override last mile	27
Popcorn effect	27
Monitorfunctie	28
Responstijd lamp defect	28
Energiemeting	28
Interface OLC-led lamp	28
Interface tussen SMC en Internet	28
230V net delen met andere apparatuur	28
APPENDIX A: tabel vergelijking systemen	29

Lijst van figuren

Figure 1, Schema LRS met communicatielijnen	7
Figure 2: Sturing en/of communicatie naar armaturen	9
Figure 3, ToonFrequent	10
Figure 4, R-TF systeem	10
Figure 5: Stuursysteem met Segment Controller	11
Figure 6, Zuivere PowerLine Sturing	11
Figure 7, Coded Mains en DigitalTF	12
Figure 8, LRS systeem met 2-weg communicatie zonder Segment Controller	12
Figure 9, Tweeweg communicatie met Segment Controller	13
Figure 10, LFPLS en HFPLC	15
Figure 11, Meshing netwerk	16
Figure 12, Mesh bij een (snel)weg	16
Figure 13, (snel)weg mesh uitgevallen	17
Figure 14 Overzicht communicatie systemen	17
Figure 15, bereikbare afstanden	18
Figure 16 Lamp op voorgrond: Links 100%, rechts 30%	22
Figure 17, Tweetraps dimprofiel met 60% energiebesparing	23
Figure 18: Licht uit tussen 23u00 en 05u00	24

Lijst van afkortingen

LRS	- Licht Regel Systeem
OVL	- Openbare Verlichting
MSL	- Multi Spectraal Lamp
RWS	- RijksWaterStaat
VC	- VerkeersCentrale
GPRS	- General Packet Radio Service
UMTS	- Universal Mobile Telecommunications System
ADSL	- Asymmetric Digital Subscriber Line
SVOA	- Schakelen Verlichting Op Afstand
SMC	- Segment Controller
OLC	- Outdoor Lamp Controller
AlIS	- ASTRIN Lighting Interoperability Standard
ASTRIN	- Associatie van bedrijven in Slimme Technologie voor Infrastructuur in NL
TF	- ToonFrequent
FM	- Frequentie Modulate
DAB	- Digital Audio Broadcasting
LFPLS	- LaagFrequent PowerLine Sturing
HFPLC	- HoogFrequent PowerLine Communicatie
CM	- Coded Mains
DTF	- Digital TF
SIM	- Subscriber Identify Module
ISM	- Industrial, Scientific and Medical (radio spectrum)
ZPS	- Zuivere Powerline Sturing
MTTF	- Mean Time To Failure (Gemiddelde tijd tot eerste defect)
RF	- RadioFrequent (draadloos)
W	- Watt (Vermogen: 1 Joule per seconde)

Inleiding

In de afgelopen 10 jaar is de professionele verlichtingstechnologie geheel overgegaan van gasontlading naar led. Moderne leds hebben een hoger rendement (halen meer licht uit dezelfde hoeveelheid elektriciteit), gaan veel langer mee (>15 jaar tov van 2-5 jaar voor gasontlading) en hebben bovendien de eigenschap dat ze zeer goed dimbaar zijn.

Energieverbruik van OVL is lange tijd niet van erg groot maatschappelijk belang geweest. Veel elektriciteitscentrales waaronder kolencentrales zijn moeilijk te regelen, en geven dus s' nachts eigenlijk veel te veel energie, omdat de vraag dan laag is. Deze overvloed van goedkope elektriciteit s' nachts heeft ertoe geleid dat de positieve effecten van OVL (meer veiligheid) veruit de negatieve effecten (kosten, energieverbruik) overschaduwden. Dit gaat veranderen. Duurzame energie is s' nachts verminderd beschikbaar (geen zon, minder wind) en het elektriciteitsverbruik s' nachts onder huishoudens gaat de komende decennia dramatisch toenemen door het opladen van elektrische auto's en gebruik van warmtepompen. Energieverbruik van OVL gaat daarmee de komende decennia een zeer belangrijk maatschappelijk thema worden.

Het dimmen van OVL was voorheen niet alleen door de overvloed aan energie onnodig. Dimmen met gasontladingslampen zoals Sox en Son-t was ook nog eens slecht mogelijk. Deze lampen werken alleen bij een specifieke, hoge temperatuur. Bij dimmen verlaagt die temperatuur en komt de gasontladingslamp in een verkeerd werkgebied. Niet alleen zakte het rendement, maar sommige lampen gingen ook spontaan doven of zelfs defect. Dimmen was dus niet alleen overbodig, maar ook niet goed mogelijk.

Lichtstuursystemen in de tijd van gasontlading waren daarom voornamelijk bedoeld om de status van de lamp in de gaten te houden. Vanwege de korte levensduur ging er nogal eens een lamp defect. Een goed monitoring systeem kon de verlichtingsfunctie van OVL bewaken. Voor deze functie was tweewegverkeer in het lichtstuursysteem nodig. De statusinformatie gaat van de lamp naar de verkeerscentrale. Moderne led lampen gaan vrijwel nooit defect en hebben een levensduur vergelijkbaar met het armatuur. De aloude lichtstuursystemen met monitoring functie blijken korter te leven dan de leds die ze in de gaten houden! Hierdoor is de monitoring functie zinloos geworden.

Door de introductie van leds en de komende energietransitie is de functie van een lichtstuursysteem dus volledig omgedraaid. Dimmen is belangrijk, monitoring niet. Er hoeft alleen een dimsignaal naar het armatuur, er hoeft geen informatie terug. Ook wordt voorzien dat LRS systemen de kleur (het spectrum) van het led licht gaan besturen. Hierdoor kan s' nachts de kleur van de OVL diervriendelijk zijn terwijl in de spits fel wit licht beschikbaar is. Dit worden ook wel Multi Spectraal Lampen (MSL) genoemd.

In dit rapport wordt eerst een algemene toelichting gegeven op de architectuur van LRS systemen. Vervolgens wordt het stuursignaal van deze systemen naar de armaturen onder de loep genomen. Daarna wordt een lijst van criteria opgesteld om LRS systemen te beoordelen waarna een aantal LRS systemen op de markt worden beschreven.

Systeemarchitectuur van LRS systemen

De systeem architectuur van LRS systemen verschilt natuurlijk per fabrikant en vaak ook per eindgebruiker. Er worden nogal eens specifieke aanpassingen gemaakt voor een grote klant, zoals RWS. Dat gezegd hebbende zijn vrijwel alle LRS systemen te beschouwen aan de hand van de volgende figuur:

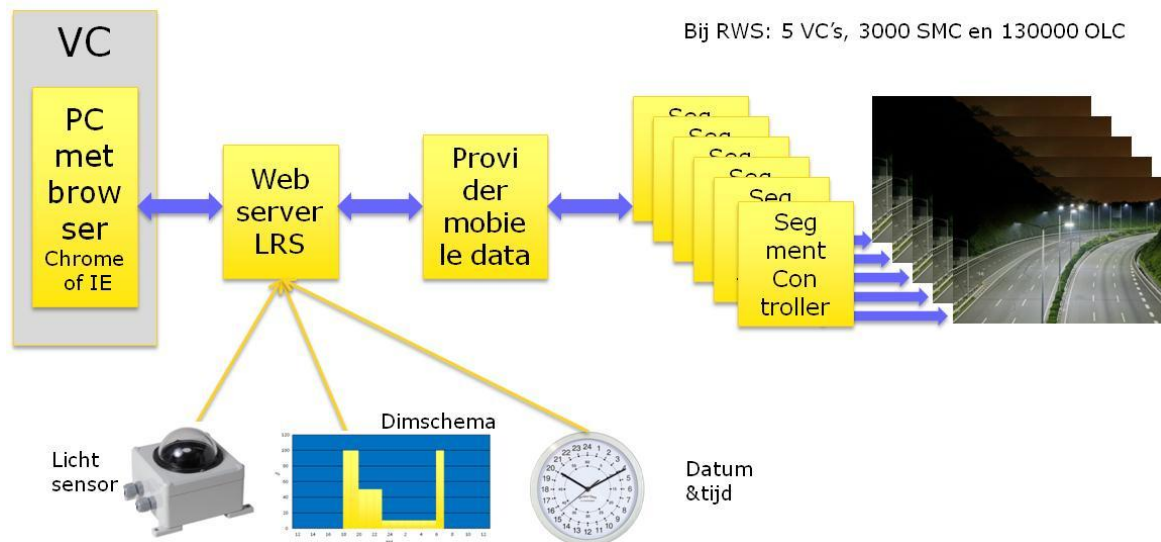


Figure 1, Schema LRS met communicatielijnen

Gebruikers die LRS systemen bedienen doen dit over het algemeen vanaf een PC met web browser (Internet Explorer, Chrome ed), die zich bij RWS binnen de Verkeerscentrales (VC) bevinden. Via de browser wordt over het Internet verbinding gelegd met een webserver van een LRS fabrikant. Wat in de browser getoond wordt noemt men vaak het Dashboard. Men logt in op het Dashboard met username en password waarna men vanuit het Dashboard de aangesloten lichtsystemen bestuurt en monitort. Op de webserver van het LRS systeem worden via het Dashboard dimschema's ingesteld en optioneel statussen van lampen en/of energieverbruik van lampen bekeken.

De webserver van het LRS systeem haalt via het internet of anderzijds informatie op zoals datum en tijd. Ook gebruikt de webserver soms het daglichtniveau van een lichtsensor. Dit tezamen met de ingestelde dimschema's bepaald uiteindelijk welk dimniveau de webserver gaat doorgeven naar de lichtinstallatie. Vaak ook geeft de webserver een compleet dimschema door naar de armaturen, zodat deze ook blijven functioneren als het internet uitvalt.

De webserver van het LRS systeem is opnieuw via internet verbonden met de volgende schakel. Dit is meestal een server van een telecom provider die draadloze GPRS (2G), UMTS (3G), 4G of LoRa verbindingen verzorgt naar Segment Controllers (SMC) welke zich veelal in de voedingspunten bevinden. RWS heeft ongeveer 3000 voedingspunten voor OVL. De SMC legt op zijn beurt verbinding naar de armaturen, waarvoor diverse methoden bestaan die in het volgende hoofdstuk worden toegelicht. Er zijn gemiddeld 40 armaturen aangesloten op 1 Segment Controller. Soms ook is de Segment Controller via een directe bedrade internet verbinding gekoppeld (fiber of ADSL). Bij sommige LRS systemen wordt

de Segment Controller overgeslagen en is de LRS webserver direct via een provider of anderszijds rechtstreeks verbonden met alle armaturen.

Op de hierboven beschreven algemene architectuur zijn vele uitzonderingen. Zo zijn bij RWS de LRS systemen die nog in gebruik zijn veelal een uitbreiding van de SVOA systemen waarmee RWS de verlichting aan- en uitschakelt vanuit de verkeerscentrales. SVOA staat voor Schakelen Verlichting Op Afstand. Er wordt dan bovenop de schakelcontacten voor de SVOA functie een extra schakelcontact toegevoegd waarmee het versturen van een dimcommando wordt gestart vanuit de segment controller, welke zich bij RWS vaak in het voedingspunt van de verlichting bevindt. Soms worden meerdere extra schakelcontacten gebruikt om meerdere dimniveaus te kunnen sturen.

RWS gebruikt ook lichtstuursystemen waarbij er voor dimscenario's geen enkele verbinding is met het internet. In dit geval worden vanuit een lokale astronomische tijdschakelklok in de segment controller de dimcommando's verstuurd. De segment controller heeft dan nog wel via internet een verbinding om in noodgevallen de verlichting vol aan te zetten. In dit geval is niet meer echt sprake van op afstand bestuurd dimmen.

Er zijn ook systemen waarbij er wel gedimd wordt, maar waarbij dit geheel lokaal geregeld wordt in de OLC of in de led driver. Bij deze zogenaamde Dynadimmers beschikt de OLC of driver over een tabel die op basis van het in- en uitschakelen van de 230V voedingsspanning bepaald hoe laat het is. De OLC of driver beschikt dan over een ingebouwd dimprofiel die om bijvoorbeeld 23u00 s'avonds begint met dimmen. Deze Dynamimmers worden niet beschouwd als LRS systemen. Indien men het dimprofiel wil wijzigen moet men de lichtmasten in. Ook is op afstand bestuurd opschakelen naar 100% in noodgevallen niet mogelijk.

In dit rapport zal de nadruk liggen op de voor RWS meest belangrijke en meest foutgevoelige schakel: de verbinding naar de armaturen, al dan niet via Segment Controller. Deze verbinding wordt in het volgende hoofdstuk uitgebreid uitgewerkt.

TALQ en ALiS

Omdat vele klanten in hun pakket van eisen naar de fabrikanten stellen dat onderdelen van het LRS systeem tussen de diverse fabrikanten uitwisselbaar moeten worden zijn er een aantal pogingen tot standaardisatie gedaan voor de communicatie tussen de LRS webserver en de armaturen. Op internationaal niveau wordt het TALQ consortium door diverse fabrikanten gesteund. Op nationaal niveau wordt gewerkt aan ALiS. Het probleem van beide standaarden is dat er nog relatief weinig onderling getest is of ALiS/TALQ compatibel systemen wel echt met elkaar kunnen werken. Ook wordt in meerdere systemen weliswaar een ALiS interface op de webserver aangeboden, maar is deze standaard verder niet gebruikt in de rest van het systeem. Uitwisselbaarheid van componenten is dus eerder uitzondering dan regel.

Communicatie en/of sturing naar armaturen

In dit hoofdstuk wordt aandacht besteed aan het belangrijkste en meest foutgevoelige deel van LRS systemen: de verbinding (communicatie of sturing) naar de armaturen. Dit wordt ook wel de “last mile” communicatie genoemd.

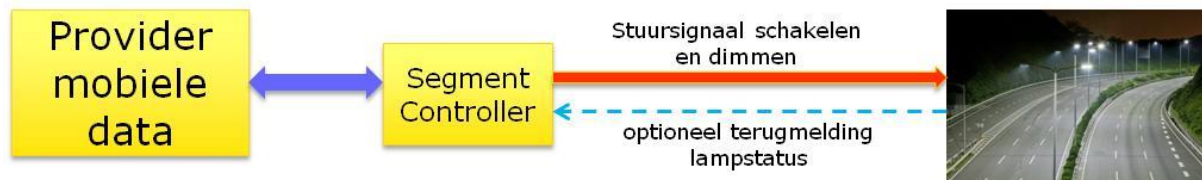


Figure 2: Sturing en/of communicatie naar armaturen

Vanuit de telecom provider die een GPRS/3G/4G/LoRa of glasvezel/ADSL aansluiting verzorgt zijn er 4 verschillende manieren om de armaturen te bereiken, welke in dit hoofdstuk toegelicht worden. De armaturen zijn veelal voorzien van zogenaamde OLCs (Outdoor Lamp Controllers), welke de verbinding met het LRS systeem verzorgen en de led drivers met een dimsignaal aansturen. Bij de “last mile” communicatie genoemd onderscheiden we:

1. Stuursystemen zonder Segment Controller
2. Stuursystemen via een Segment Controller
3. Tweeweg communicatie zonder Segment Controller
4. Tweeweg communicatie via een Segment Controller

De functie van de Segment Controller wordt later toegelicht.

Stuursystemen zonder Segment Controller

Bij stuursystemen is er slechts communicatie in één richting, naar de armaturen toe. De status van de lichtpunten kan dan niet worden teruggemeld, waarvan men zou kunnen stellen dat dat niet ernstig is omdat moderne led lampen langer meegaan dan het LRS systeem zelf. Ook het meten van energieverbruik kan beter vanuit de voedingspunten gebeuren.

Het voordeel van stuursystemen is dat ze eenvoudiger en goedkoper zijn. Tevens zijn ze gemakkelijker te begrijpen en onderhouden zijn dan systemen met 2-weg communicatie.

Bij stuursystemen zonder segment controller wordt vanuit een centraal punt over grote afstanden een signaal uitgezonden. Hier worden 2 voorbeelden genoemd: Het ToonFrequent systeem en het (radio) R-TF systeem.

ToonFrequent

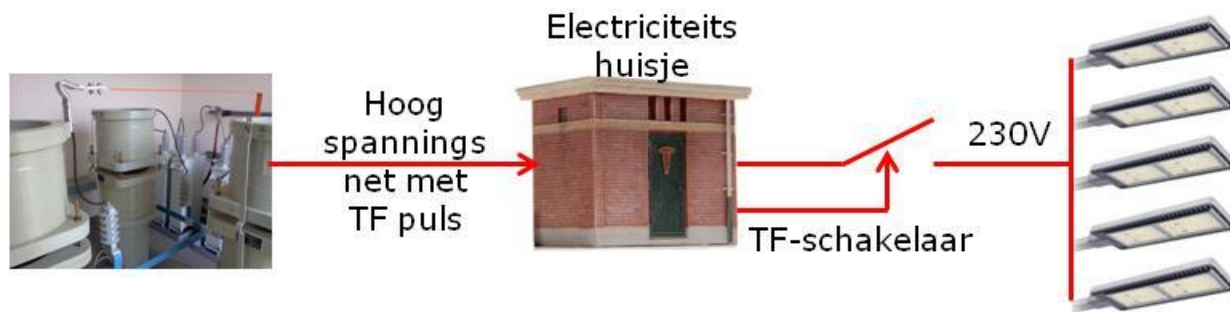


Figure 3, ToonFrequent

ToonFrequent (TF) is het langst bestaande systeem om OVL te sturen, het bestaat al sinds halverwege de vorige eeuw. TF wordt alleen gebruikt om OVL te schakelen, alhoewel het theoretisch ook kan dimmen. De verantwoordelijkheid voor TF lag bij de netbeheerders zoals Alliander, Enexis en Stedin. De netbeheerders hebben bij de wetgever succesvol bepleit dat TF tegenwoordig te duur is vergeleken met andere technologieën. Ze mogen TF uitschakelen hetgeen ze allen aan het doen zijn.

Bij TF wordt een enorme toonpuls in het elektriciteitsnet geïnjecteerd, meestal bij de eindpunten van de hoogspanningsmasten waar de elektriciteit over de stad of grote regio verdeeld gaat worden. Het is een soort morse code, die meerdere malen per dag wordt verstuurd, onder andere bij zonsopgang en zonsondergang om OVL te schakelen. TF is duur en tegenwoordig niet meer goed betrouwbaar, door alle storende nieuwe apparaten in het elektriciteitsnet.

R-TF



Figure 4, R-TF systeem

Bij het R-TF systeem wordt draadloos, via de FM radio band, een dim- of schakelsignaal uitgezonden. De FM zenders hebben een fors bereik doordat ze met enorme vermogens en hoge zendmasten uitzenden. Toch is ook dit systeem nog complex: niet overal kan op elke frequentie dezelfde zender worden ontvangen. Licenties voor R-TF moeten per zender worden georganiseerd. Last but not least: De analoge FM zenders gaan in de nabije toekomst afgeschakeld worden en vervangen door DAB. R-TF bestaat op dit moment alleen als prototype: Geen enkel R-TF systeem is ooit als product in bedrijf genomen en nooit geleverd aan klanten.

Stuursystemen met Segment Controller



Figure 5: Stuursysteem met Segment Controller

Ook bij stuursystemen met Segment Controller is er éénrichtingsverkeer naar de armaturen. Alle systemen in deze categorie werken met zogenaamde LaagFrequente PowerLine Sturing (LFPLS). Bij Laagfrequente PowerLine Sturing wordt aan de 230V wisselspanning die de armaturen voedt een langzaam wisselende stuurspanning toegevoegd (gesuperponeerd) in de SMC. De lage frequentie van de stuurspanning heeft tot gevolg dat relatief weinig informatie verstuurd kan worden (1 tot 70 bits per seconde) die slechts één richting op gaat, naar de OLC. Dit is echter voor dimmen meer dan voldoende. Het grote voordeel van LFPLS is dat het bereik enorm is, vele tientallen kilometers. Dit betekent dat met één SMC een groot gebied van stuursignaal kan worden voorzien.

Uit het overzicht van beschikbare LRS systemen vallen 3 systemen in de categorie LFPLS.

Zuivere PowerLine Sturing (ZPS)

Bij ZPS wordt uit de 230V/50Hz wisselspanning die de armaturen voedt een tweetal “sinussen” weggeknipt met behulp van een elektronische schakelaar (een solid state relais) in iedere fase van de 3-fase voeding. Dit schakelen gebeurt precies in de nuldoorgangen waardoor er geen netvervuiling optreedt. Het komt er in feite op neer dat de 230V spanning gedurende 20 duizendste seconde wordt afgeschakeld, weer aangezet, en een bepaalde tijd later opnieuw 20 duizendste seconde wordt uitgezet. De tijd tussen de 2 sinussen is een boodschap voor de OLC. Eea wordt schematisch toegelicht in het volgende figuur:

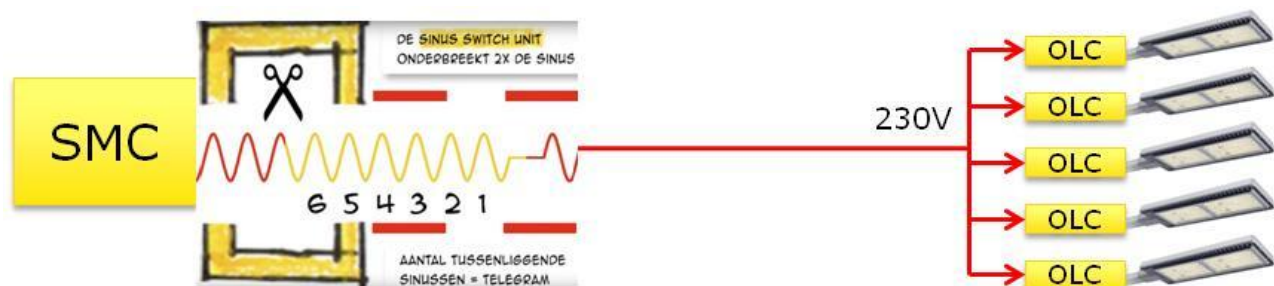


Figure 6, Zuivere PowerLine Sturing

De elektronische schakelaar wordt de Sinus Switch Unit genoemd. De OLC's worden Sinus Count Units genoemd. Er kunnen 20 dimniveaus worden doorgegeven (ongeveer 4 bits). Er moet voldoende tijd tussen 2 boodschappen zitten. De bandbreedte van ZPS is daarmee ongeveer 1 bit per seconde. ZPS kan alleen gebruikt worden in het eigen 230V net. De “weggeknijpte sinussen” kunnen de werking van

andere apparatuur storen. In de praktijk lijkt dat mee te vallen: de meeste apparatuur is ertegen bestand.

Coded Mains en DigitalTF

Bij Coded Mains (CM) en DigitalTF (DTF) worden in de SMC met een transformator een 150Hz (CM) of 300Hz (DTF) signaal van 2 Volt (CM) of 1 Volt (DTF), zijnde ongeveer 0,4-0,8% van de 230V spanning, ingekoppeld in de Neutrale lijn van een 3-fase (krachtstroom) spanningsnet. In deze 150/300 Hz signalen worden via zogenaamde Manchester coding 15 bits per seconde (CM) of 70 bits per seconde (DTF) verstuurd. De ontvangst van deze signalen wordt door de Coded Mains led driver (ballast) zelf gedaan, er is daar dus geen OLC nodig in het armatuur. Een Coded Mains OLC is voor andere drivers wel beschikbaar. Eea wordt schematisch toegelicht in het volgende figuur:

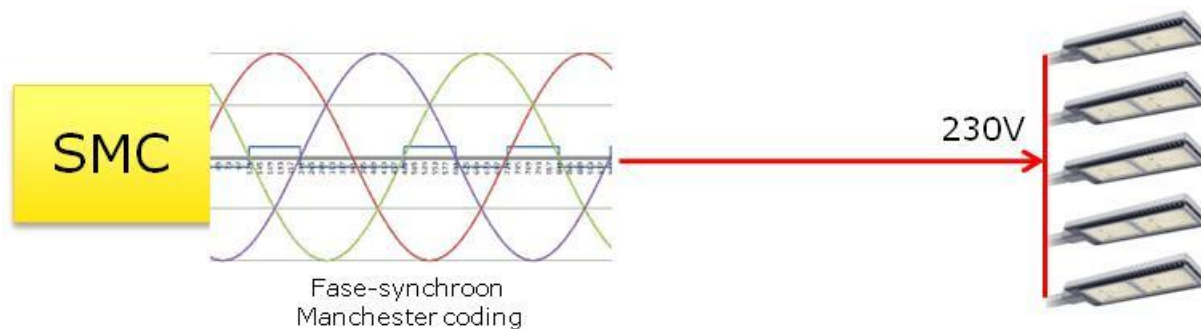


Figure 7, Coded Mains en DigitalTF

DigitalTF is een doorontwikkeling van Coded Mains en bestaat alleen nog uit prototypes.

Tweeweg communicatie zonder Segment Controller

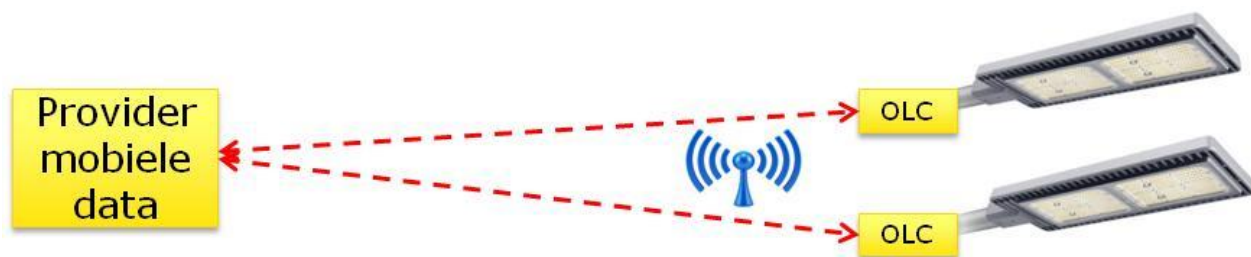


Figure 8, LRS systeem met 2-weg communicatie zonder Segment Controller

In deze situatie zijn de OLCs voorzien van modems van een telecom provider, zeg maar een mobieltje in ieder armatuur. Ze hangen in feite direct via het Internet aan de LRS webserver. Dat heeft een aantal na- en voordelen:

- Men moet een abonnement voor ieder armatuur afsluiten, hetgeen hoge kosten met zicht meebrengt die doorlopen gedurende de gehele levensduur van het systeem. Ook de kosten voor de verwerking van de rekeningen binnen RWS zijn aanzienlijk.
- De toegepaste abonnementen zijn over het algemeen van een enkele provider, omdat roaming SIM kaarten aanzienlijk duurder zijn. Zonder roaming is er geen verbinding als de specifieke provider niet bereik heeft naar ieder armatuur.
- GPRS en UMTS modems in de armaturen zijn over het algemeen duur, complex en vaak kwetsbaar, onder andere voor blikseminslag.
- Zodra de telecom provider stopt met zijn telecom service (bijvoorbeeld 2G en/of 3G wordt afgeschakeld, hetgeen nu al gepland wordt) moeten alle OLC's in de armaturen worden vervangen.
- Het systeem is over het algemeen transparant en eenvoudig te begrijpen. Bij storingen kan de telecom provider meestal goed ondersteunen met zijn geavanceerde diagnostische tooling.

Bij dit type systemen kunnen diverse communicatieproducten van de telecom providers gebruikt worden. Voorbeelden zijn GPRS (2G), UMTS (3G), 4G en 5G. Een moderne low-cost variant is LoRa, welke speciaal voor dit soort besturing is ontwikkeld. LoRa is goedkoper en simpeler dan xG, maar is wel erg traag en gebruikt de ISM frequentiebanden (toelichting in volgende paragraaf).

Tweeweg communicatie met Segment Controller

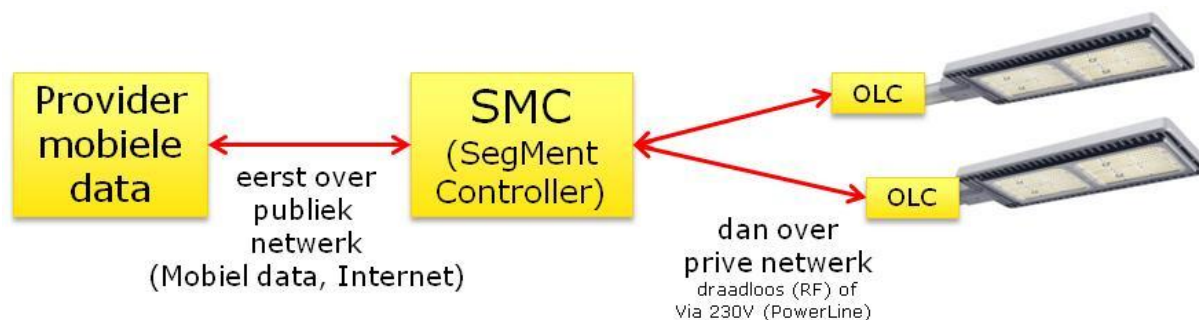


Figure 9, Tweeweg communicatie met Segment Controller

In dit geval zijn de OLCs onderdeel van een lokaal prive netwerk, waarbij de SMC de verbinding naar het Internet (de telecom provider) verzorgt. Het voordeel van dit soort systemen is dat de kosten voor abonnementen veel lager zijn. Er is alleen een abonnement nodig voor iedere SMC. Het prive netwerk kent geen abonnementskosten, maar wel onderhoud, vaak moeizaam en kostbaar onderhoud hetgeen later toegelicht wordt.

Een privé netwerk betekent dat dat netwerk verder met niemand gedeeld word. In de markt komen 2 soorten prive netwerken voor:

1. Draadloos (RF, RadioFrequent)
2. HoogFrequent PowerLine Communicatie (HFPLC)

Draadloos

Bij draadloze privé netwerken bevatten de OLCs en SMC antennes en een radiosysteem in de zogenaamde ISM frequentiebanden. Dit zijn frequentiebanden die door de overheid voor algemeen gebruik vrijgegeven zijn. De meest gebruikte en bekendste in Nederland zijn de 2,4 GHz band (WiFi, Bluetooth, etc), 868 MHz (alarmsystemen, autosleutels, garagedeuropeneners etc) en 434 MHz (zelfde gebruik als 868 MHz). 2,4 GHz is in feite ongeschikt voor OLV sturing, het bereik is simpelweg te klein. Ook 868 MHz en 434 MHz kennen een relatief klein bereik van typisch 200 resp 400 meter, sterk afhankelijk van de omstandigheden.

Het voordeel van een ISM band is dat men er gratis gebruik van mag maken (onder bepaalde restricties zoals maximum zendsterkte en dergelijke). Het nadeel is dat men door andere gebruikers gestoord kan worden. Dit maakt dit soort systemen inherent onzeker, soms zijn de netwerken tijdelijk of voor langere tijd onbruikbaar. Een ander nadeel van draadloze systemen is dat ze gehackt kunnen worden. Er bestaan goede technieken die hacken zeer moeilijk maken, maar die blijken in de praktijk na enige jaren toch weer kwetsbaar. Bij RWS zijn draadloze systemen verboden

Bij LoRa is sprake van een specifieke situatie. Deze communicatieservice wordt aangeboden door providers en is geen prive netwerk, maar LoRa maakt toch gebruik van de ISM 868 MHz band. LoRa is daarmee een soort tussenoplossing. Men kan wel rekenen op de professionele support van een grote provider zoals KPN, maar door het gebruik van de ISM band voorzien vele technische experts toch risico's. LoRa blijkt in de praktijk ook erg traag en regelmatig komen boodschappen in het geheel niet aan.

Hoogfrequente PowerLine Communicatie (HFPLC)

Bij HFPLC prive netwerken bevatten de OLCs en SMC een spanningsversterker die een spanning met hoge frequentie (HF) bovenop de 230V bekabeling superponeert (toevoegt). In deze HF spanning wordt digitale informatie gemoduleerd, die door de OLCs en SMC ook kunnen worden ontvangen. Voor OLV sturing zijn hierbij door de netbeheerders (elektriciteitsbedrijven) frequentiebanden vrijgegeven, de zogenaamde CENELEC frequentiebanden. Een probleem met HFPLC is dat de 230V bekabeling niet is ontworpen voor het overdragen van hoge frequenties. RWS heeft slechte ervaringen met de eerste generatie HFPLC technologie (LonWorks), deze bleek onbetrouwbaar en onderhoudsintensief. De laatste 10 jaar zijn er nieuwe technologieën bijgekomen (G3, PRIME) die meer geavanceerde modulatietechnieken gebruiken en daardoor beweren betrouwbaarder te zijn.

HFPLC en LFPLS zijn dus beide technieken waarbij een spanning bovenop de 230V spanning wordt aangebracht (gesuperponeerd). Het grote verschil zit in de frequentie, welke in de volgende figuur wordt verduidelijkt:

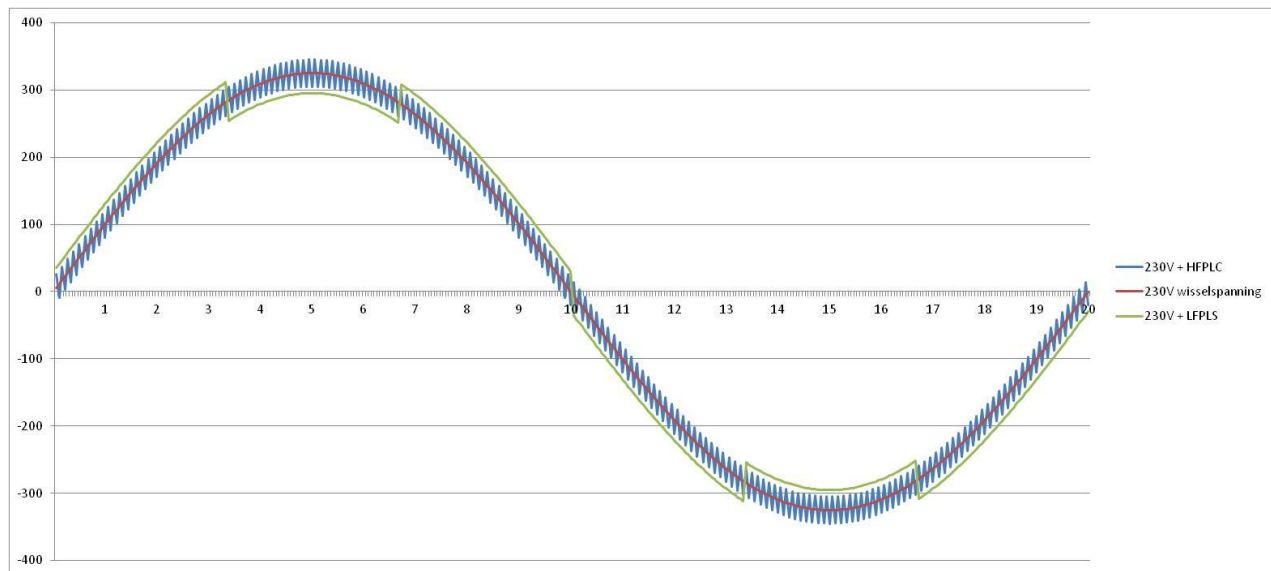


Figure 10, LFPLS en HFPLC

Bij LFPLS is de gesuperponeerde spanning langzaam veranderend (lage frequentie, groene lijn) terwijl bij HFPLC de spanning snel veranderd (hoge frequentie, blauwe lijn). Het plaatje is daarbij niet op schaal, HFPLC gebruikt een ongeveer 1000 maal hogere frequentie dan LFPLS. Omdat de 230V bekabeling ontworpen is voor 50Hz (lage frequentie) komt het HFPLC signaal niet ver, typisch 200 meter, maar het LFPLS signaal wel, typisch 20 km en meer. Daar staat tegenover dat met HFPLC meer informatie kan worden verstuurd, en wel in beide richtingen.

Meshing

Zowel bij ISM draadloze als HFPLC privé netwerken is genoemd dat de haalbare afstand te klein is voor een compleet OLV netwerk. Dit heeft men opgelost doordat iedere OLC een bericht kan “doorgeven” naar de volgende OLC. Dit heet meshing. Zo ontstaat een complex netwerk van zenders en ontvangers waarbij de SMC uiteindelijk iedere OLC kan bereiken, hetgeen is toegelicht in de volgende figuur:

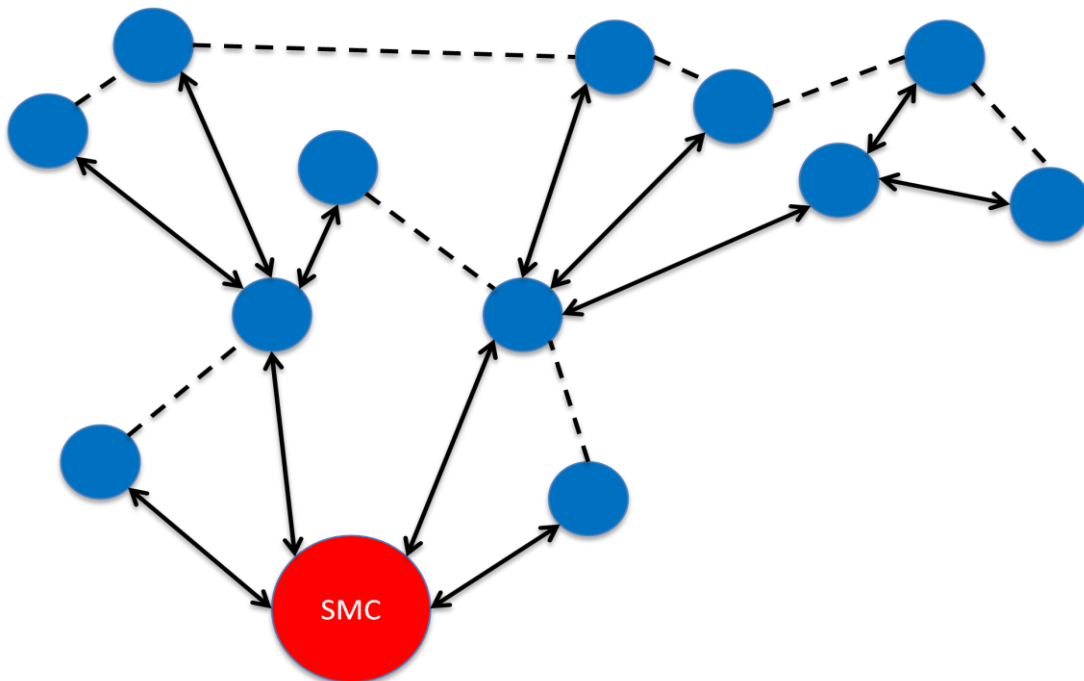


Figure 11, Meshing netwerk

Een nadeel van mesh netwerken is dat ze moeilijk te installeren en onderhouden zijn. Bij installatie en defecten moeten vaak specialisten erbij worden gehaald om het (weer) werkend te krijgen. Er is echter wel veel doorontwikkeling geweest op dit gebied in de afgelopen 10 jaar. Moderne mesh netwerken claimen goed te functioneren en eenvoudig in onderhoud te zijn.

Helaas bestaat de OVL bij RWS voornamelijk uit (snel-)wegen, die niet in het patroon uit figuur 5 liggen. Bij wegen is de situatie bij verlichting vaak als volgt:

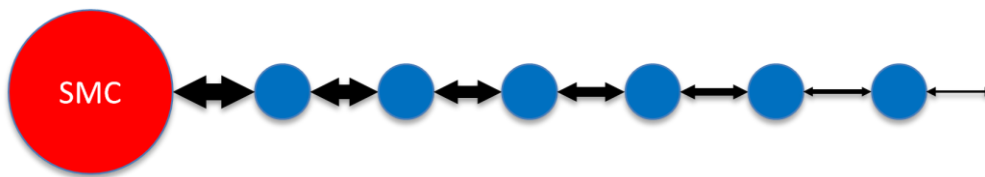


Figure 12, Mesh bij een (snel)weg

De armaturen/OLC's liggen in een lange lijn. In dat geval kan meshing tot gevolg hebben dat het zeer lang duurt voordat een bericht het laatste armatuur in het prive netwerk bereikt. Ook het aantal berichten (de bandbreedte) binnen het prive netwerk moet in deze situatie beperkt blijven, omdat alle commando's via de OLC's moeten die zich vlak bij de SMC bevinden. Dit is aangegeven met de dikkere pijlen dicht bij de SMC.

Last but not least: Als een OLC uitvalt kan het gebeuren dat alle "verdere" OLC's niet meer aangesloten zijn, tenzij de verbindingstechnologie in staat blijkt om 1 OLC over te slaan.

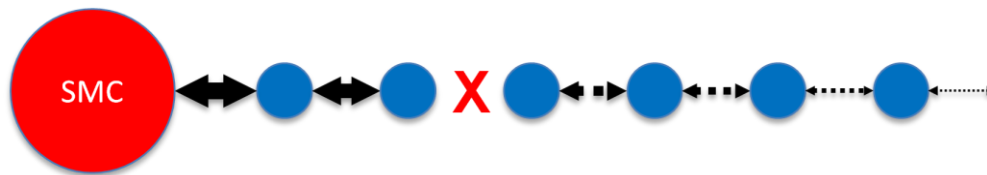


Figure 13, (snel)weg mesh uitgevallen

Overzicht Communicatiesystemen

In de volgende figuur wordt een overzicht gegeven van de diverse bedrade (aangegeven met ononderbroken lijn) en draadloze (aangegeven met stippellijn) communicatiemethoden. Alle mogelijke verbindingen worden hier aangegeven. De diverse LRS systemen gebruiken ieder een subset van al deze verbindingen:

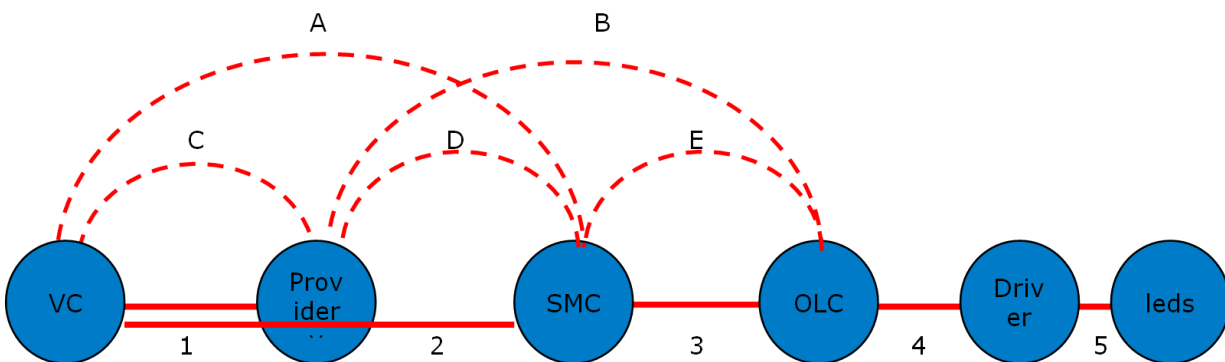


Figure 14 Overzicht communicatie systemen

Bedrade (vaste) verbindingen —————	
1	Vaste verbinding via Internet tussen VC en provider. Komt in vrijwel alle LRS systemen voor
2	Glasvezel verbinding tussen verkeerscentrale en SMC. Komt vrijwel alleen voor bij RWS.
3	Prive netwerk: Communicatie of sturing over 230V bekabeling met LFPLS of HFPLC
4	DALI of 1-10V sturing van OLC naar led driver
5	Stroomsturing door leds vanuit driver

Draadloze (radio, RF) verbindingen - - - - -	
A	Rechtstreeks prive draadloze verbinding naar SMC (komt vrijwel niet voor)
B	GPRS, UMTS, 4G, 5G of LoRa verbinding rechtstreeks naar OLC (geen SMC). Dit komt voor bij de 2-weg systemen zonder SMC
C	Draadloze verbinding van VC naar provider (komt vrijwel niet voor)
D	GPRS, UMTS, 4G, 5G of LoRa verbinding van provider naar de SMC. Dit komt voor bij vrijwel alle stuur- en 2-weg systemen met SMC
E	Prive netwerk: Communicatie over draadloos (RF) netwerk in de ISM frequentiebanden

Voor de prive netwerken uitgevoerd met PowerLine (bedraad) communicatie of draadloos (RF) geeft de volgende tabel een overzicht:

Communicatie technieken bij prive netwerken		
	Laagfrequent signaal	Hoogfrequent signaal
Draadloos (radio, RF)	<i>Komt niet voor in LRS</i>	ISM frequentiebanden: 434Mhz, 868Mhz, 2.4GHz
Powerline (via 230V bedrading)	LaagFrequent PowerLine Sturing (LFPLS): • Zuivere Powerline Sturing (ZPS) • Coded Mains • DigitalTF	HoogFrequent PowerLine Communicatie (HFPLC): 1. LonWorks (echelon) 2. G3 3. Prime

Voor de diverse stuur- en communicatietechnieken wordt in de volgende figuur een overzicht gegeven van de bereikbare afstanden. Daarbij zijn er zeer grote verschillen tussen laagfrequente en hoogfrequente technieken zoals voorheen besproken.

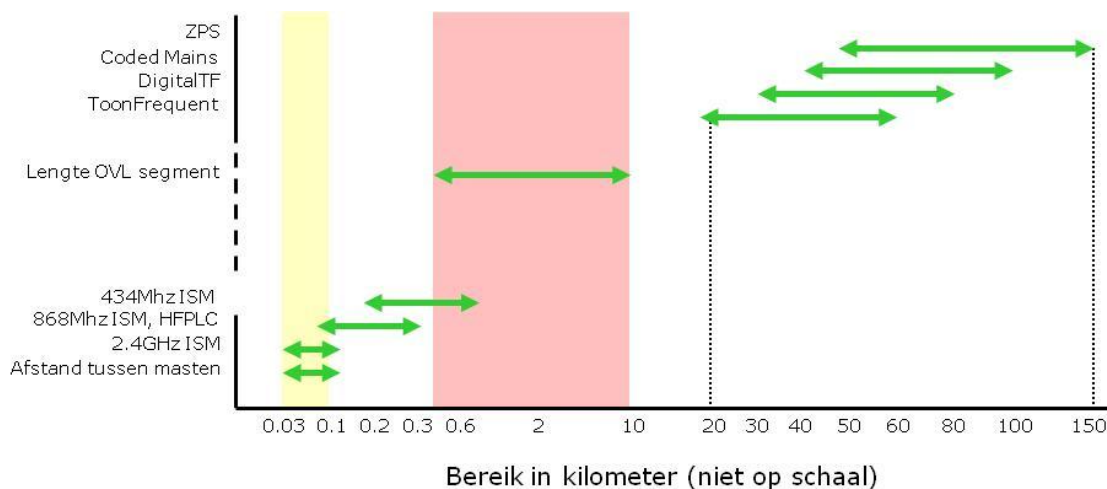


Figure 15, bereikbare afstanden

Er zijn 2 afstanden van specifiek belang: De typische afstand tussen 2 lichtmasten (aangegeven met de gele kolom) en de typische lengte van één voedingssegment (Oftewel de typische afstand tussen SMC en de verste lichtmast, aangegeven met de rode kolom). Om teveel 230V spanningsverlies te voorkomen worden OVL segmenten nooit in grotere afstanden aangelegd dan een paar kilometer. 3 kilometer is al een uitzondering. 10 km is extreem.

Indien een communicatietechnologie niet in alle situaties in staat is om de afstand tussen 2 lichtmasten te overbruggen is deze technologie ongeschikt voor LRS. Als voorbeeld in Figure 15 ziet men 2.4 GHz ISM draadloze communicatie. Deze technologie is in bepaalde omstandigheden slechts in staat om 30 meter te overbruggen. Als op die locatie de lichtmasten 100 meter uit elkaar staan, hetgeen voorkomt, kan deze technologie niet werken, zelfs niet met meshing (het doorgeven van berichten van de ene OLC naar de andere).

Als tweede voorbeeld ziet men dat 868Mhz ISM, HFPLC en 434 MHz ISM wel vrijwel altijd de afstand tussen 2 lichtmasten kunnen overbruggen, maar niet de volledige afstand van een OVL segment. Dit betekent dus dat de technologie kan werken, maar meshing nodig heeft.

Als derde voorbeeld ziet men ToonFrequent, DigitalTF, Coded Mains en ZPS die allen altijd in staat zijn een volledig OVL segment af te dekken en dus geen meshing nodig hebben.

Criteria voor keuze LRS systeem

Voor de keuze van LRS systemen bij RWS zijn de volgende criteria van belang, in volgorde van belangrijkheid:

1. Betrouwbaarheid van schakel- en dimopdrachten
2. Levensduur OLC gelijk aan of beter dan led lamp
3. Total Cost of Ownership (TCO). Berekend over levensduur gehele lichtsysteem
4. Haalbare energiebesparing cq CO2 besparing
5. LRS functionaliteit
6. Betrouwbaarheid leverancier
7. Aanvullende mogelijkheden systeem
8. Uitbreidingsmogelijkheden

Van deze criteria worden de eerste 5 in de volgende paragrafen toegelicht.

Betrouwbaarheid van schakel- en dimopdrachten en levensduur

Betrouwbaarheid is voor RWS cruciaal en topprioriteit. Als de verlichting uitvalt zijn de gevolgen groot en de kosten hoog. Het afzetten van een snelweg voor reparatie van de verlichting heeft grote maatschappelijke gevolgen en kost veel geld. Hierbij is ook de zogenaamde Graceful Degradation van het LRS systeem van groot belang: Blijft het licht (ongedimd) branden als het LRS systeem faalt? Zo ja dan kan een reparatie uitgesteld en/of gepland worden. Zo nee dan moet - indien het meer dan 2 lichtpunten zijn - snel worden ingegrepen.

Betrouwbaarheid van LRS systemen wordt beïnvloed door de volgende factoren:

- LRS systemen met veel elektronische componenten en veel bekabeling zijn gemiddeld onbetrouwbaarder. Een goede fabrikant kan de zogenaamde MTTF (Mean Time To Failure, de berekende gemiddelde tijd in jaren na welke een stuk elektronica defect gaat) overleggen. Bij een goede fabrikant is de MTTF ook getest onder de (weers-) omstandigheden waarin de elektronica gaat worden gebruikt. Ook bekabeling en vooral kabelconnectoren kennen een MTTF. In de vergelijking tussen LRS systemen in de appendix van dit rapport wordt de MTTF van OLC's en SMC's meegenomen alsmede het aantal extra kabelverbindingen dat door het LRS systeem wordt geïntroduceerd. De MTTF bepaalt natuurlijk ook de levensduur van het LRS systeem. Daarbij is de MTTF van de OLC's het belangrijkste, vanwege het grote aantal en omdat de SMC meestal goed toegankelijk is zonder de snelweg af te sluiten.
- LRS systemen met veel software en complexe netwerken zijn gemiddeld onbetrouwbaarder. Het is daarbij duidelijk dat systemen met tweewegcommunicatie veel complexer zijn dan stuursystemen die slechts 1 richting op werken. Zowel de software die het netwerk verzorgt is complexer alsmede de software die lampstatussen en/of energiemetingen terugleest.
- Hoeveelheid leveringen en testafdeling fabrikant. In het vorige punt is beschreven dat het aantal fouten afhangt van de grootte van de software en de complexiteit van het netwerk. Daar staat tegenover dat er ook fouten opgelost worden, nadat ze gevonden zijn. Het aantal fouten dat

gevonden wordt hangt af van het totaal aantal geleverde systemen van de fabrikant. Veel fouten worden namelijk pas in de praktijk gevonden en opgelost.

- De betrouwbaarheid van ISM RF netwerken (draadloos) is al enigszins besproken. Het is na installatie en tijdens de levensduur van het LRS systeem goed mogelijk en zelfs vaak waarschijnlijk dat er nieuwe ISM gebruikers in de buurt van het LRS systeem komen die het ISM RF netwerk verstoren. Veel ISM RF fabrikanten doen er veel aan om dit soort situaties aan te kunnen met zelfherstellende netwerken, maar het blijft een risico.
- De betrouwbaarheid van HF PowerLine netwerken wordt sterk beïnvloed door de 230V bekabeling. Die kan bewust of onbewust veranderd worden. Zo zal de verandering van de grondwaterstand en de veroudering van de bekabeling invloed hebben op de transmissieafstand. Ook het aansluiten van nieuwe apparatuur op het 230V net binnen het PLC netwerk kan het HFPLC signaal sterk dempen. Ook HF PLC fabrikanten beweren er veel aan te doen om deze netwerken zelfherstellend te maken, maar het blijft een risico.
- Stuursignalen (dus zonder terugmelding) worden betrouwbaarder als ze regelmatig herhaald worden. Mocht door een storing een dimcommando worden gemist dat is het onwaarschijnlijk dat het na (meervoudige) herhaling opnieuw gemist wordt.

Total Cost of Ownership (TCO)

Bij de Total Cost of Ownership wordt gekeken naar alle kosten die een LRS systeem met zich meebrengt over de totale levensduur van het lichtsysteem. Daarbij staart men zich nogal eens blind op de initiële aanschafkosten van het LRS systeem voor hardware (SMC's, OLC's) en software, maar worden alle verdere kosten onderbelicht. Dit is een ernstige vergissing, omdat de meeste kosten gemaakt worden na aanschaf.

De TCO bestaat uit het volgende:

- Aanschafkosten Hardware en Software
- Installatiekosten Hardware
- Commissioning kosten software (programmeren lichtpunten, netwerk sturing)
- Licentiekosten gebruik LRS software
- Abonnementen voor Internet/Mobiel communicatie
- Kosten voor oplossen storingen in LRS
- Onderhoudskosten Materiaal, voorraad, opslag
- Onderhoudskosten: Wegafzettingen, vervoer, personeel

Hier staat tegenover de besparing op energiekosten. Bij veel systemen op de markt blijkt de TCO groter of zelfs veel groter dan de haalbare reductie op energiekosten.

Het is in het kader van dit rapport niet mogelijk om de TCO van systemen op de markt in kaart te brengen.

Haalbare energiebesparing

De haalbare energiebesparing is natuurlijk erg afhankelijk van het gebruikte dimprofiel over de avond en nacht. Het maximale lichtniveau van de armaturen wordt berekend voor een goede veiligheid tijdens de maximale verkeersdruk: de spits.

Het is goed om zich te realiseren dat het menselijk oog logaritmisch reageert op lichtsterkte. Dit betekent dat een geringe wijziging in de lichtsterkte nauwelijks wordt ervaren, als er de nodige tijd tussen de waarnemingen zit. Zo komt het voor dat mensen het nauwelijks merken als de verlichting de ene avond op 100% brandt, en de volgende avond op 50%. Pas bij 25% begint het overduidelijk te worden, maar is de verlichting nog steeds zeer bruikbaar bij lage verkeersintensiteit.

Bij de onderstaande 2 foto's kan men het effect zien van dimmen: Bij de foto links is de lamp op de voorgrond niet gedimd (100%). Bij de foto rechts is deze gedimd tot 30%. Het verschil is duidelijk, maar de voorgrondsituatie rechts is bij lage verkeersintensiteit meer dan goed genoeg. Ook op deze foto's ziet men het effect van licht uit in de verte (links) en doorlopend licht (rechts). De verafsituatie rechts is voor de automobilist veiliger.

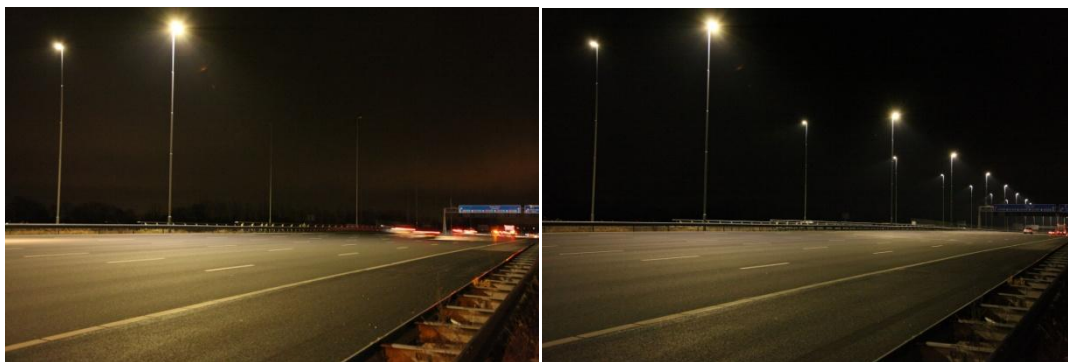


Figure 16 Lamp op voorgrond: Links 100%, rechts 30%

S'nachts kan men prima volstaan met een lichtniveau van 10% of 20% (dus een factor 10 of 5 dimmen). De automobilist ervaart wel een lage lichtsterkte, maar kan nog prima zien hoe de (snel-)weg zich in de verte voortzet. 10% lichtniveau is dus veel veiliger dan 0% (UIT), dat nu vaak op snelwegen wordt toegepast. Bovendien wordt als het licht uit is meer met grootlicht gereden wat verblinding veroorzaakt. Vooral ouderen hebben hier veel last van.

Dimprofiel

Op locaties waar sprake is van een verzwaarde rijtaak is het uitschakelen van de verlichting niet toegestaan, daarom is op ringwegen en verkeerspleinen dimmen de enige mogelijkheid om energie te besparen en lichthinder te reduceren. Er zijn richtlijnen die aangeven hoeveel gedimd kan worden bij een bepaalde verkeersintensiteit.

Een voorbeeld van een goed tijdsgestuurd dimprofiel is:

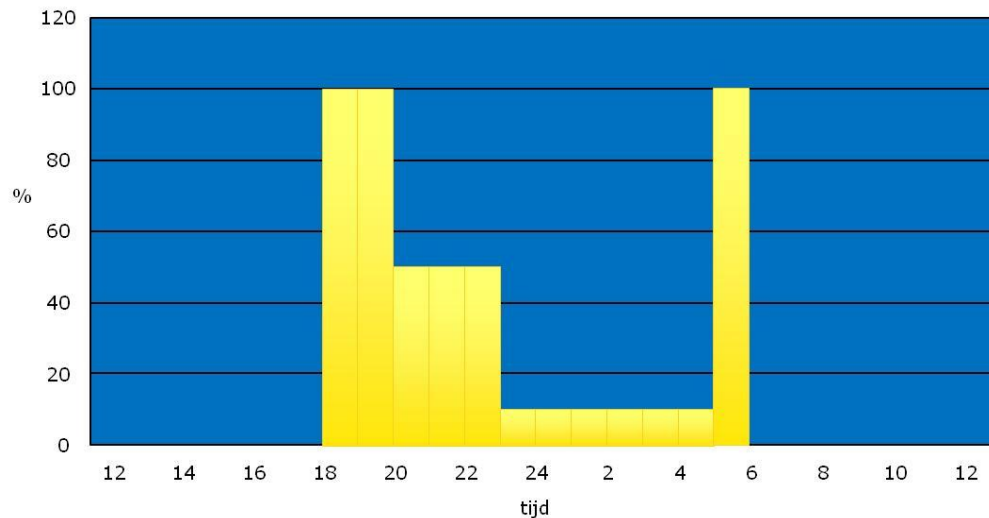


Figure 17, Tweetraps dimprofiel met 60% energiebesparing

Bij het beschouwen van bovenstaand profiel moet men zich realiseren dat men het verschil tussen 100% aan en 50% nauwelijks merkt, en de verkeersintensiteit rond 20u00 al wat aan het afnemen is. Vanaf 23u00 neemt de verkeersintensiteit sterk af, en is met 10% lichtsterkte nog zeer goed te zien hoe de snelweg zijn weg vervolgt. Bij stuursystemen met adressering kan men ook nog goed regelen dat belangrijke punten zoals afslagen en kruisingen meer verlicht worden.

In bovenstaand voorbeeld van een goed dimprofiel is de verlichting ongeveer 12 uur aan en 12 uur uit, hetgeen rond 21 maart en 21 september het geval is. In dit voorbeeld is de hoeveelheid energiebesparing 60% (!) ten opzichte van 12 uur voluit branden van de verlichting.

Als vergelijk kan men het SVOA lichtprofiel beschouwen waarbij het licht om 23u00 uit en om 05u00 aan gaat:

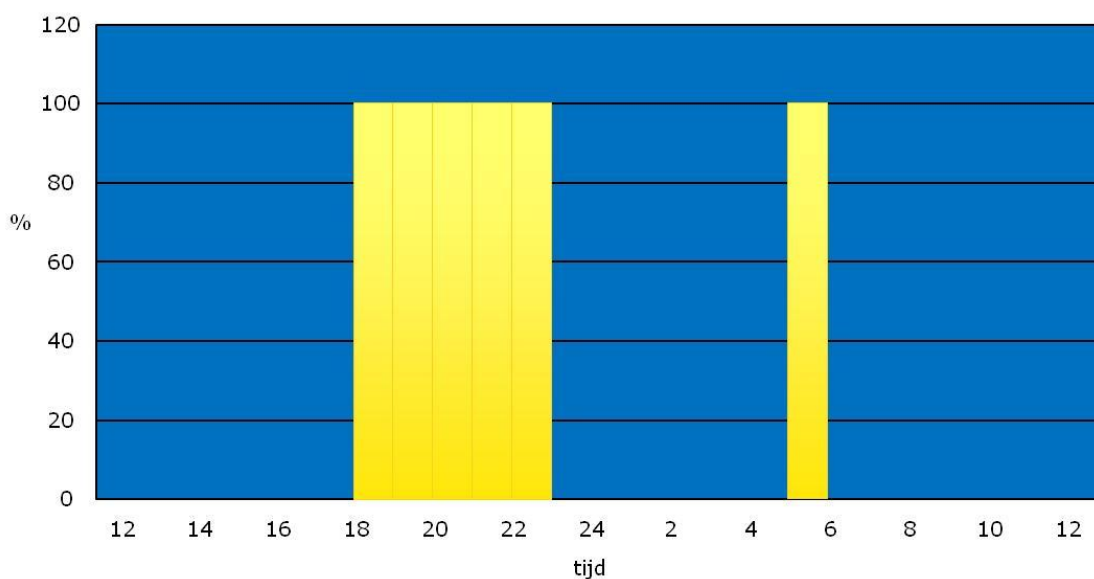


Figure 18: Licht uit tussen 23u00 en 05u00

In dit geval is de energiebesparing 50%. Dit is dus minder (!) dan bij een tweetraps dimprofiel.

Energiegebruik OLC's en SMC

Een veel vergeten energiepost is het energieverbruik van de OLC's en SMC zelf. Deze is natuurlijk niet nul. Het procentuele aandeel van OLC's is sterk afhankelijk van het vermogen van de verlichting waarbij ze gebruikt worden. Het door de fabrikanten opgegeven jaarlijkse energieverbruik van OLC's en SMC's zijn in de vergelijkingstabel in de Appendix van dit rapport opgenomen.

Resultaten inventarisatie en analyse fabrikanten

Uit het totaalaanbod van LRS systemen is door opdrachtgever een selectie gemaakt op basis van leverbaarheid in Nederland en inkooprelatie met RWS. Aan de contactpersonen van de leveranciers is gevraagd een aantal vragen te beantwoorden, teneinde de criteria voor aanschaf te kunnen beoordelen. Hierbij zijn de systemen zelf niet allen getest, hetgeen een groot project zou zijn. Sommige systemen worden echter al wel toegepast bij RWS.

In de tabel waarin de systemen worden vergeleken wordt geen direct waardeoordeel uitgesproken. Er wordt zoveel mogelijk objectief informatie verschaft over het systeem. Het is aan de gebruikers van dit rapport om te bepalen hoe met deze informatie wordt omgegaan voor het bepalen van eventuele verdere stappen.

Indien in de tabel een vraagteken (?) is opgenomen heeft de fabrikant geen informatie aangeleverd of kunnen aanleveren.

In de tabel in de appendix zijn de volgende kolommen opgenomen:

Systeem

Commerciële naam van het systeem

Toepassing in beheersgebied RWS

Hier wordt aangegeven in welke mate het systeem al binnen RWS wordt toegepast

Betrouwbaarheid

Stuurelektronica

Hier wordt aangegeven welke elektronica wordt toegevoegd aan het lichtsysteem om de LRS functie toe te voegen.

MTTF OLC's

Hier wordt aangegeven van de Mean Time To Failure is van de gebruikte OLC's. Sommige systemen gebruiken geen OLC's. De MTTF is de gemiddelde tijd in jaren dat een OLC meegaat alvorens defect te gaan. Indien de fabrikant hier geen gegevens over beschikbaar heeft kan dit betekenen dat de elektronica verminderd uitontwikkeld is.

MTTF SMC

Hier wordt aangegeven van de Mean Time To Failure is van de gebruikte SMC's. Sommige systemen gebruiken geen SMC's. De MTTF is de gemiddelde tijd in jaren dat een SMC meegaat alvorens defect te gaan. Indien de fabrikant hier geen gegevens over beschikbaar heeft kan dit betekenen dat de elektronica verminderd uitontwikkeld is.

Bekabeling OLC

Hier wordt aangegeven welke extra bedrading in de luminaire wordt toegevoegd om de LRS functie toe te voegen. Extra bedrading verlaagt de betrouwbaarheid.

Soort systeem

Hier wordt aangegeven welk type communicatie of sturing wordt toegepast:

- Stuursystemen zonder Segment Controller
- Stuursystemen via een Segment Controller
- Tweeweg communicatie zonder Segment Controller
- Tweewegcommunicatie via een Segment Controller

Privé netwerk

In de gevallen van systemen met Segment Controller, wordt hier het type prive netwerk toegelicht welke de SMC met de armaturen verbindt.

Hoeveelheid leveringen

Hier wordt het aantal lichtpunten aangegeven dat wereldwijd door deze fabrikant met dit systeem wordt bestuurd.

ISM storingsgevoelig

Hier wordt aangegeven of het systeem gebruik maakt van de ISM radiofrequentiebanden.

Gevoeligheid 230V bekabeling

Hier wordt aangegeven of het prive netwerk gevoelig is voor de 230V bekabeling. Dit is het geval bij HFPLC.

Herhaling stuursignaal

Hier wordt aangegeven hoeveel maal een stuursignaal wordt uitgestuurd indien een dimcommando wordt afgegeven voor een dimperiode van 1 uur. Hoe vaker herhaald, hoe minder de kans dat het gemist wordt. Bij 2-weg systemen wordt, indien het communicatiesysteem werkt, teruggemeld of het dimcommando geslaagd is. Indien niet geslaagd wordt het net zolang herhaald totdat er teruggemeld wordt dat het geslaagd is.

Graceful Degradation

Hier wordt aangegeven wat de consequenties kunnen zijn als een deel van het LRS systeem faalt. Bij sommige systemen gaat het licht niet aan bij bepaalde typen defecten. Bij een systeem met goede Graceful Degradation gaat het licht altijd aan, maar het kan zijn dat er niet gedimd kan worden. Veel systemen schakelen de 230V voeding van de led driver. Bij uitval van de OLC gaat het licht dan veelal niet aan.

Energiebesparing

Aantal dimniveaus

Hier wordt aangegeven hoeveel dimniveaus het systeem kan sturen. Hoe meer dimniveaus, hoe preciezer men het lichtniveau kan aanpassen aan de behoefte.

Aantal dimgroepen

Hier wordt aangegeven hoeveel verschillende (groepen van) armaturen met behulp van software adressering van een verschillend dimniveau kunnen worden voorzien. Hierbij is het bijvoorbeeld mogelijk om armaturen op kritische plaatsen (op kruisingen, bij afslagen, etc) van een ander groepsadres te voorzien en minder te laten dimmen dan andere armaturen. Hierdoor neemt de haalbare energiebesparing toe. Nadeel is wel dat de installatie en het onderhoud complexer wordt, omdat de adressen moeten worden geprogrammeerd bij installatie en vervanging. Bij ZPS kunnen de 3 fases L1, L2 en L3 ieder van een apart dimniveau worden voorzien, maar is het niet mogelijk armaturen softwarematig te adresseren.

Energieverbruik OLC

Hier wordt aangegeven hoeveel vermogen de OLC zelf verbruikt, in Watt (W).

Energieverbruik SMC

Hier wordt aangegeven hoeveel vermogen de SMC zelf verbruikt, in Watt (W).

Functionaliteit

Alis en TALQ

Hier wordt aangegeven of en in welke mate het LRS systeem de standaard TALQ of Alis ondersteund.

Dimfunctie

Hier wordt aangegeven of het systeem dimmen ondersteund. Sommige systemen ondersteunen alleen schakelen. Deze systemen worden ook wel SVOA systemen genoemd bij RWS. Andere systemen ondersteunen dimmen, maar alleen in combinatie met een extra systeem van een derde partij.

Responstijd manual override last mile

Hier wordt aangegeven hoe lang het gemiddeld duurt voordat alle armaturen naar 100% lichtniveau zijn gegaan nadat vanuit de segment controller daartoe opdracht is gegeven. Bij systemen zonder segment controller geldt deze waarde voor de laatste verbinding naar de armaturen toe.

Popcorn effect

Hier wordt aangegeven of alle lampen tegelijk schakelen en/of dimmen. Bij sommige systemen kan er een behoorlijke tijd zitten tussen de diverse armaturen, vooral indien het dimschema handmatig wordt overruled (manual override). Dit geeft een storend “popcorn” effect.

Monitorfunctie

Hier wordt met “ja” aangegeven of het systeem de lampstatus terugmeldt aan de Verkeerscentrale. Hierbij moet men zich realiseren dat het LRS systeem vrijwel altijd alleen detecteert of de lamp nog brandt. Er wordt niet gemeld wanneer het armatuur is gedraaid of omgroeit met vegetatie. Ook wordt niet gemeld indien de lichtmast is aangereden en scheef gevallen, maar nog niet defect is.

Bij “SMC” betekent dit dat alleen de status van de segment controller en de spanningen in het voedingspunt worden teruggemeld.

Responstijd lamp defect

Hier wordt aangegeven hoe lang het duurt voordat het in de verkeerscentrale bekend is dat een armatuur is uitgevallen. Er zijn 2 situaties:

1. De lamp gaat defect maar er is wel 230V aanwezig
2. De gehele stroomvoorziening naar de OLC/led lamp is uitgevallen (Power Down: PD). Dit kan bijv. gebeuren als de lichtmast omver is gereden of de zekering van de lichtmast defect gaat.

Energiemeting

Sommige OLCs kunnen, per armatuur, meten hoeveel energie de led lamp gebruikt. Deze functie is naar het oordeel van deze auteur weinig zinvol want het energieverbruik kan ook, met vergelijkbare of betere nauwkeurigheid, eenvoudig berekend worden in de webserver of gemeten in de voedingspunten waaruit de installatie gevoed wordt. Het uitlezen van deze energiemeting per armatuur geeft veel zinloze data en een complexer systeem. Bovendien verandert het verbruik weinig in de tijd. Ook wordt het energieverbruik van de OLC's niet meegenomen, hetgeen bij meting in het voedingspunt wel gebeurt.

Interface OLC-led lamp

Hier wordt aangegeven welke dimverbinding tussen OLC en ledlamp ondersteund worden. Er zijn 2 standaard manieren in de lichtindustrie:

1. DALI (digitaal). Hierbij wordt via 2 draden een digitaal commando overgestuurd.
2. 1-10V (analoog). Hierbij wordt met een spanning tussen 1 en 10 Volt DC aangegeven wat het dimniveau moet zijn. 1V betekent 10% en 10V betekent 100%.

Interface tussen SMC en Internet

Hier wordt aangegeven welke interfaces gesupport worden om de SegMent Controller, indien aanwezig, op het internet aan te sluiten. Veelal gesupport zijn ethernet (bedraad, de bekende RJ-45 plug thuis op de router van de internet provider), GPRS (2G, mobiele data), en 3G/4G. Vaak worden meerdere manieren ondersteund.

230V net delen met andere apparatuur

In deze kolom wordt aangegeven of het systeem geschikt is om andere apparatuur op dezelfde 230V voedingsspanning aan te sluiten als de armaturen.

APPENDIX A: tabel vergelijking systemen

Zie voor bijlage Excel sheet.