

Proof of Concept Sociale Module voor laadpalen, decentrale variant

Lokaal congestiemanagement door middel van
Smart Charging met behulp van LoRA



Auteur: Jesse Kerkhoven

Datum: 04-02-2020

Inhoudsopgave

1	Samenvatting	2
2	Introductie	2
3	Communicatie	3
4	Informatie-uitwisseling	4
5	Proof-of-Concept	5
6	Learnings en vervolg	7

1 Samenvatting

Als tegenhanger van het centraal en meestal via de cloud aangestuurd Smart Charging systeem heeft ElaadNL een Proof of Concept (PoC) gemaakt om lokaal op transformator niveau congestie te kunnen managen. Naast deze decentrale variant is er ook een centrale variant ontwikkeld van de Sociale Module die werkt via de slimme meter. Zie hiervoor de paper hierover.

Summary: At ElaadNL two charging stations were built with 'Social Modules' to prevent congestion on the grid. This paper concerns the Proof of Concept (PoC) which uses Raspberry Pi in combination with LoRa-technology to realize a decentralized charging system in which the transformer can directly communicate with a charge point to manage congestion in case of an impending congestion problem on the grid.

2 Introductie

We zitten midden in de energietransitie en het is de verwachting dat de energievraag in een wijk sterk zal toenemen. Hierbij zal de transitie naar elektrische vervoer maar ook de warmtetransitie van gas naar onder andere warmtepompen bijdragen aan de toenemende (en gelijktijdige) belasting op het laagspanningsnet in de wijk. Door deze transitie zullen er in bepaalde wijken naar verwachting voor het stroomnet problemen ontstaan tijdens piekperiodes. Dit komt doordat de adoptiesnelheid van onder andere elektrisch vervoer en andere zware elektrische apparaten niet even snel gaat in elke wijk. Voor meer informatie zie de ElaadNL-outlook (<https://www.elaad.nl/news/grote-regionale-verschillen-in-groei-elektrische-autos-en-laadpalen/>).

In wijken waar de energietransitie het snelst gaat zullen er tijdens piekuren veel elektrische auto's tegelijk laden. Hierdoor kan het elektriciteitsnet zonder maatregelen lokaal overbelast raken. Een gemiddeld huishouden gebruikt tijdens de piek 1 tot 1,5 kilowatt. Daartegenover staat dat een gemiddelde elektrische auto, afhankelijk van het type, gedurende een paar uur tussen de 3,7 en 11 kilowatt afneemt. We zien dat de meeste elektrische auto's tegenwoordig een 11 kilowatt lader aan boord hebben wat het verbruik van één auto gelijkstelt aan tien huishoudens in een wijk. Het elektriciteitsnet kan veelal het verbruik van de een beperkt aantal elektrische auto's prima aan maar wanneer dit een equivalent van honderden huishoudens wordt, is het elektriciteitsnet daar niet meer op ingericht.



Om dit in goede banen te leiden, wordt hard gewerkt aan centrale Smart Charging-oplossingen om auto's slim op te laden. Zo kan ervoor worden gekozen een ingeplugde auto sneller, langzamer of op een ander moment laden of zelfs terug leveren (V2G). Voor meer informatie zie de Smart Charging guide (<https://www.elaad.nl/news/nieuw-smart-charging-guide/>). Echter, deze systemen kunnen

uitvallen of tegenstrijdige belangen hebben, waardoor er lokaal alsnog een overbelasting in het lokale net kan ontstaan.

Lokaal congestiemanagement zou dan ook als 'vangnet' kunnen dienen voor centraal aangestuurde Smart Charging-concepten. Mochten er ondanks centrale aansturing van de laadpalen alsnog problemen ontstaan dan kan de transformator lokaal zijn congestieprobleem oplossen met lokale actoren zoals een laadpaal, warmtepomp of een zonnepaneelomvormer.

Het lokaal managen van congestie vanuit de transformator heeft als voordeel dat het geen single point of failure bevat. In tegenstelling tot een centraal systeem heeft elke transformator zijn eigen communicatiesysteem. Door de directe verbinding is het mogelijk om laadpalen snel aan te sturen en is de sturing direct te zien via metingen van de transformator. Er is directe feedback waardoor een snelle controle-loop mogelijk is. Lokale communicatie kan dan ook verder bouwen op de opkomende nieuwe technologie *Edge Computing* in transformatorstations.

3 Communicatie

Voor de communicatie tussen transformator en laadpaal is een decentrale communicatietechniek nodig. Hierbij is het van belang te vermelden dat dit systeem geen centrale aansturing of communicatie nodig heeft omdat dit tijdens uitval van centrale Smart Charging-oplossingen eenzelfde bottleneck kan geven. Het zou wel centrale(re) systemen kunnen informeren over de acties die lokaal worden uitgevoerd (en daarmee ook de lokale 'rest-flexibiliteit' 'naar boven' kunnen communiceren) om aan te geven wat de flexibiliteitsmogelijkheden zijn. Wanneer er vervolgens op hogere netvlakken aanleiding is voor het ontsluiten van deze flexibiliteit is bekend op welke kabels wel ruimte is voor flexibiliteit en op welke kabels niet.

Voor de informatie-uitwisseling tussen transformator en laadpaal zijn enkele opties mogelijk.

1. Broadcast, waarbij transformator geen weet heeft van de laadpalen
2. Broadcast met feedback, waarbij de laadpaal feedback stuurt naar de transformator over zijn genomen actie om congestie te voorkomen
3. 1 op 1 communicatie, waarbij een 1-op-1-koppeling ontstaat tussen transformator en laadpaal

Ad 1.

De meest eenvoudige manier is een broadcast waarbij de transformator een bericht uitstuurt die door geïnteresseerde laadpalen kan worden opgevangen en verwerkt. Hiervoor zal tijdens de plaatsing van de laadpaal een koppeling gemaakt moeten worden tussen transformator en laadpaal. Dit kan gebeuren door de laadpaal te configureren met de identificatie die de transformator gebruikt om zijn congestieprobleem kenbaar te maken.

Ad 2.

Voortbordurend op de broadcast is de broadcast met feedback waarbij de laadpaal een bericht kan terugsturen met de verwachte actie. Deze terugkoppeling kan op verschillende manieren gebeuren. Zo zou naast de configuratie in de laadpaal ook een registratie in de transformator moeten plaats vinden.

Ad 3.

Voor een 1-op-1-verbinding is aan zowel de transformator als aan de laadpaal een registratie vereist. Daarnaast moet de transformator elke laadpaal specifiek benaderen om het congestieprobleem op te lossen wat meer tijd in beslag zal nemen.

Naast bovenstaande opties zou het uitbreiden van de functionaliteit in de laadpaal het mogelijk kunnen maken om het bereik van de transformator te vergroten door het bericht door te sturen waardoor er een meshed netwerk ontstaat. Echter maakt dit het systeem complexer, wat de vraag oproept of dat wenselijk is voor een back-up oplossing om congestie te voorkomen. Gezien de fysieke dimensionering van het LS-net zal de afstand tussen transformator en laadpaal veelal onder de halve kilometer vallen. De gekozen communicatietechnologie zal dan ook een afstand van halve kilometer moeten kunnen overbruggen waarbij niet altijd line of sight aanwezig is.

4 Informatie-uitwisseling

Naast de vraag op welke manier (hoe) gecommuniceerd kan worden tussen transformator en laadpaal is de vraag wat er gecommuniceerd moet worden om congestie te voorkomen. De informatie die je wilt uitwisselen heeft invloed op het benodigde eigenschappen van het communicatiekanaal. Zo is het met een broadcastbericht niet noodzakelijk om feedback te kunnen versturen naar de transformator vanuit de laadpaal.

Congestie kan zowel op een enkel afgaand kabel/veld plaatsvinden als op de gehele transformator. Tijdens een congestiemoment op een specifieke kabel is het voldoende om de laadpalen op de betreffende kabel aan te sturen. Mocht de transformator zelf het probleem zijn dan is het versturen van een bericht aan de laadpalen op alle afgaande kabels gerechtvaardigd om het probleem op te lossen.

Een eenvoudige manier van communicatie vanuit de transformator is het uitsturen van gevraagde verlaging of verhoging. Denk hierbij aan een x aantal ampèreverlaging, waarbij de laadpaal x van de standaardafzekering moet aan houden als maximum. Dit zou in de situatie van een laadpaal met een variabel capaciteitsprofiel overigens ook gelden.

Een uitwerking van bovenstaande informatie-uitwisseling zou er als volgt uit zien. We nemen in dit voorbeeld de eenvoudige communicatie-aanpak. In het fictieve voorbeeld hebben we een transformator van 900 ampère en 5 afgaande kabels van elk 250 ampère. Elke kabel heeft 40 huishoudens met een belasting van totaal 100 ampère en daarnaast zijn er 4 laadpalen aangesloten met een afzekering van 25 ampère per stuk. Dit zal resulteren in een overbelasting op transformatorniveau (1000 ampère), maar niet op kabelniveau. De transformator zal dit probleem proberen op te lossen door eerst een verlaging van bijvoorbeeld twee ampère te sturen naar alle afgaande kabels. In de ideale situatie zullen alle 20 laadpalen hier op reageren en zal de belasting zakken naar 960 ampère. Waarbij de laadpaal normaal een afzekering van 25 ampère heeft zal deze nu maximaal 23 ampère beschikbaar stellen aan de aangesloten auto. Na een nieuwe meting zal de transformator constateren dat twee ampère niet voldoende is en een nieuw bericht sturen met een verlaging van 5 ampère, waarbij de laadpaal verder zakt tot 20 ampère. In dit geval zal het systeem zijn congestieprobleem hebben verholpen en wacht nu op het moment waarop de beperking opgegeven kan worden. Deze regelloop kan constant blijven draaien, dus als er bijvoorbeeld een laadpaal het bericht niet ontvangt kan de transformator zijn congestie alsnog wegregelen met de andere laadpalen. Als de transformator in de loop van de tijd weer ruimte krijgt kan de transformator langzaam zijn beperking afbouwen tot we weer bij 0 ampère verlaging uitkomen en het systeem weer 'normaal' functioneert. Dit principe kan zowel op transformatorniveau worden toegepast als op kabelniveau.

Bovenstaand voorbeeld is een eenvoudige implementatie van een directe sturing om (langdurige) congestie te voorkomen. Hierbij is tijdens het uitwerken van de Proof of Concept (PoC) gebleken dat eenvoud van de aansturing erg effectief en toereikend was.

Naast een eenvoudige aansturing is ook verlagingen van de lopende laadsessie de revue gepasseerd, echter loop je dan al snel aan tegen wat je referentiekader is om het beschikbare ampères te verdelen. Denk hierbij aan het maximum van de lader van de auto, de huidige ampères en de aansluitwaarde van de laadpaal of laadkabel.

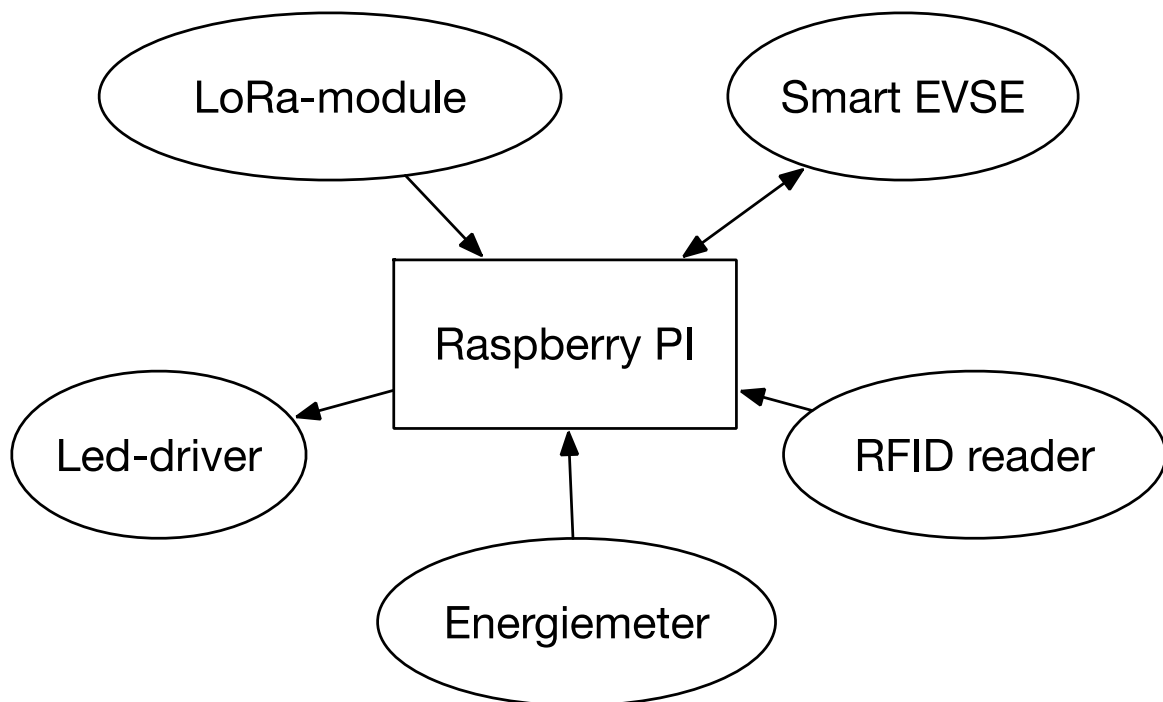
Een alternatief voor de verlaging van x ampère zou een procentuele verlaging kunnen zijn. Echter krijg je net als het aanpassen van een lopende sessie last van een verschuivend referentiekader. Is het krijgen van twee achtereenvolgende stuursignalen vanuit de transformator de vraag voor verlaging op een verlaging of was het stuursignaal bedoeld als aanpassing op het vorige signaal.

Een eventuele specifiekere aansturing per fase lijkt nodeloos complex. Mocht blijken dat de transformator veelvuldig ingrijpt waarbij onbalans van de fases dusdanig groot is, dan is het effectiever om de fase-onbalans op te lossen door fysieke handelingen uit te voeren zoals het verdraaien van de fases bij aansluitingen of andere technieken die nu al worden toegepast.

5 Proof-of-Concept

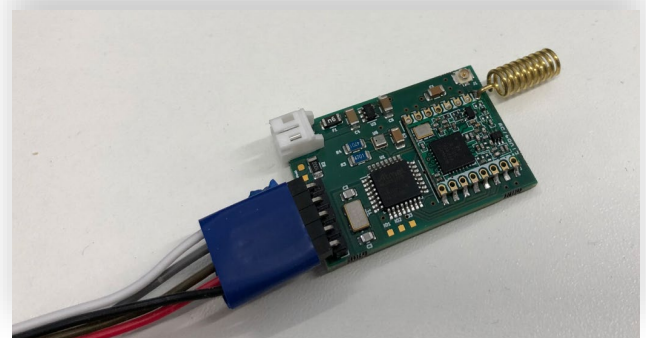
De Proof of Concept (PoC) is gebouwd op het laadplein van ElaadNL in Arnhem. Voor het pand staat de zelfgebouwde laadpaal, met daarin de communicatie-module en daarnaast een Raspberry PI die de transformator limieten uitstuurt via een LoRa-module.

De decentrale congestiemanagementpaal staat in een rijtje van 4 laadpalen. De paal is opgebouwd uit een Raspberry Pi, LoRa-module, SmartEVSE met eigen software, energiemeter, RFID reader en LED-driver. De Raspberry Pi vormt het hart van het systeem voor easy prototyping. De Pi heeft de taak om alle sub componenten aan te sturen. Een Python programma stuurt verschillende blokken aan en vormt zo de flexibele omgeving die nodig is om snel te experimenteren met algoritmes en aansturing. Het programma stuurt de SmartEVSE aan voor het mode3 deel en de beïnvloeding van de laadsnelheid, daarnaast is de LoRa-module en een aangepaste LED-driver toegevoegd.



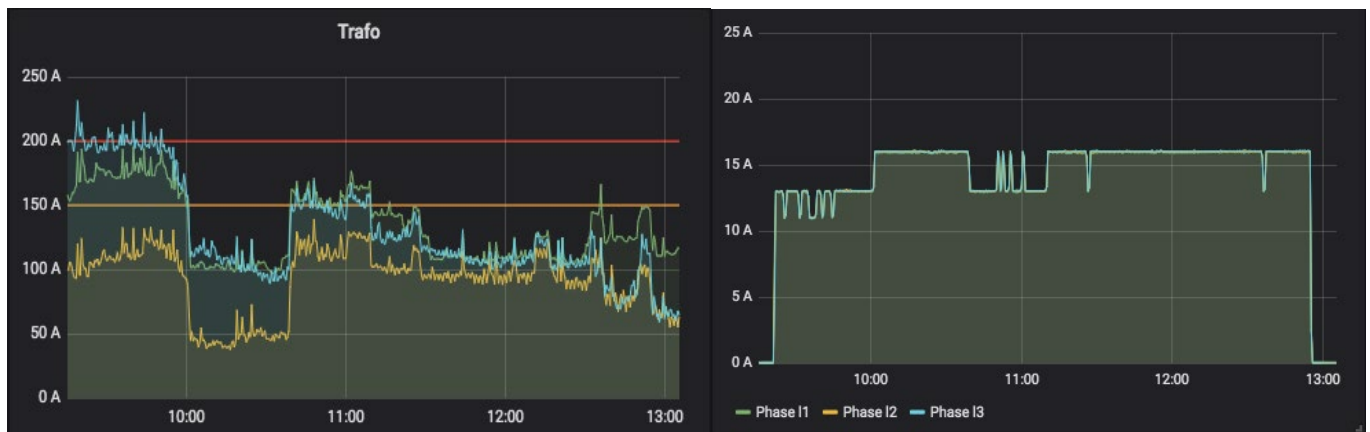
Figuur 1: Versimpelde architectuur voor de proof of concept

Voor de PoC is gekozen voor het gebruik van LoRa techniek. LoRa is de fysieke laag waarop LoRaWAN is gebouwd. In het OSI-model implementeert LoRa laag 1 (de fysieke laag) en LoRaWAN laag 2 en 3 (datalink- en netwerklaag). Door eerdere projecten (zie <https://blog.usejournal.com/low-power-iot-devices-and-the-possible-use-case-in-the-grid-4c3261527afb>) is kennis opgedaan van deze technologie. Daarnaast is er hardware ontwikkeld om eenvoudig een PoC te maken. De gekozen technologie was tijdens het aantonen van deze PoC niet relevant, daarom zijn er in de aanbevelingen ook vervolgvragen voor het uitwerken van een keuze op communicatievlak.



Figuur 2: Ontwikkelde hardwaremodule voor LoRa/LoRaWAN communicatie

Vanwege praktische redenen is gekozen om de verzendende module niet in de transformator te plaatsen maar een Raspberry Pi te gebruiken. De metingen van de transformator worden real-time verwerkt door de Raspberry Pi. Voor de demo zijn er 3-tal niveaus gemaakt die tijdens kantoor uren meestal tussen 8 en 12 worden behaald zodat er dagelijks congestie gesimuleerd kan worden. Als de belasting van één van de fases over de waarden van 150 ampère heen gaat wordt er een beperking van 6 ampère richting de laadpaal gestuurd. Mocht dit toch verder oplopen, tot boven de 200 ampère, dan wordt de beperking verhoogd naar 8 ampère. De beperkingen van 0, 6 en 8 ampère zijn gekozen om een duidelijk zichtbaar resultaat te krijgen aan de laadpaalzijde maar geen overdreven beperkingen op te leggen. De laadpaal heeft een maximale stroom van 20 ampère, waarbij auto's meestal op 16 ampère laden. De beperking zal dit verlagen naar 14 of 12 ampère, wat in de logging te zien is.



Figuur 3: Laadsessie (links) met daarin de sociale module in actie vanuit de transformator (rechts)

```

08:52:20 p2p-congestie laadpaal.py[10437]: received(evse): STATE=PREPARING
08:52:23 p2p-congestie laadpaal.py[10437]: RFID: xxxxxxxxxxxxxxxx
08:52:23 p2p-congestie laadpaal.py[10437]: received(evse): session:start
08:52:23 p2p-congestie laadpaal.py[10437]: received(evse): session:started
08:52:28 p2p-congestie laadpaal.py[10437]: received(evse): STATE=CONNECTED
08:52:29 p2p-congestie laadpaal.py[10437]: received(evse): LOCK=LOCKED
08:52:29 p2p-congestie laadpaal.py[10437]: received(evse): STATE=OFFERING
08:52:31 p2p-congestie laadpaal.py[10437]: received(evse): STATE=CHARGING
10:15:46 p2p-congestie laadpaal.py[10437]: DSO(-75) update to 6
10:15:47 p2p-congestie laadpaal.py[10437]: received(evse): setcurrent:14
10:15:47 p2p-congestie laadpaal.py[10437]: received(evse): current=14
10:21:47 p2p-congestie laadpaal.py[10437]: DSO(-75) update to 8
10:21:47 p2p-congestie laadpaal.py[10437]: received(evse): setcurrent:12
10:21:47 p2p-congestie laadpaal.py[10437]: received(evse): current=12
10:22:46 p2p-congestie laadpaal.py[10437]: DSO(-76) update to 6
10:22:47 p2p-congestie laadpaal.py[10437]: received(evse): setcurrent:14
10:22:47 p2p-congestie laadpaal.py[10437]: received(evse): current=14
10:23:46 p2p-congestie laadpaal.py[10437]: DSO(-84) update to 8
10:23:47 p2p-congestie laadpaal.py[10437]: received(evse): setcurrent:12
10:23:47 p2p-congestie laadpaal.py[10437]: received(evse): current=12
10:24:46 p2p-congestie laadpaal.py[10437]: DSO(-75) update to 6
10:24:47 p2p-congestie laadpaal.py[10437]: received(evse): setcurrent:14
10:24:47 p2p-congestie laadpaal.py[10437]: received(evse): current=14
10:25:46 p2p-congestie laadpaal.py[10437]: DSO(-78) update to 8
10:25:47 p2p-congestie laadpaal.py[10437]: received(evse): setcurrent:12
10:25:47 p2p-congestie laadpaal.py[10437]: received(evse): current=12
10:30:46 p2p-congestie laadpaal.py[10437]: DSO(-75) update to 6
10:30:48 p2p-congestie laadpaal.py[10437]: received(evse): setcurrent:14
10:30:48 p2p-congestie laadpaal.py[10437]: received(evse): current=14

```

Figuur 4: Het starten van een laadtransactie, met even later een DSO-beperking van 6 en 8 ampère

Om de gebruiker feedback te geven over het ingrijpen van de DSO is naast de standaardkleuren groen, lichtblauw, donderblauw en rood ook de kleur paars mogelijk. De kleur paars wordt getoond als er geladen wordt (normaal donderblauw) en er een DSO-beperking van kracht is.

6 Learnings en vervolg

In de proefopstelling staat momenteel maar één laadpaal. Dit maakt testen van het gedrag van de sturing lastig. In de testopstelling is gebruik gemaakt van een harde waarde waarbij we ervan uit gaan dat er sprake is van congestie. Dit kan resulteren in oscillatie in de regeling als het verbruik rond

dit punt schommelt. Door gebruik te maken van een dode band rondom het congestiepunt kan dit worden voorkomen worden. Het zou als vervolgstap dan ook goed zijn om te onderzoeken wat het gedrag is op grote schaal. Het effect van verschillende informatie-uitwisselingstechnieken zou kunnen worden getest in simulatie en/of praktijk.

Tijdens de implementatie van de PoC is gebleken dat de regel 'less is more' geldt bij het uitwisselen van congestie-informatie. Door de regeling eenvoudig te houden en absoluut in plaats van procentueel, blijven de effecten van de sturing inzichtelijk. Door gebruik te maken van eenvoudige rekenregels is effect van de sturing eenvoudig te berekenen en voorspellen. Dit zal de robuustheid ten goede komen omdat het implementeren van de congestiesturing aan transformator en laadpaalzijde eenvoudiger is.

Tijdens het uitvoeren van de PoC is ervoor gekozen om de berichten nog niet te ondertekenen om de authenticiteit en integriteit te kunnen waarborgen. Dit zal echter als eerste vervolgstap moeten plaatsvinden om te voorkomen dat er ook Lora(Wan)-berichten van andere apparaten binnen kunnen komen op de laadpaal. Omdat deze berichten niet voldoen aan het formaat van een congestiebeperking worden de berichten tijdens deze PoC niet verwerkt. Maar als het systeem in de praktijk gebruikt gaat worden, is het noodzakelijk om de berichten te ondertekenen of te versleutelen zodat de authenticiteit en integriteit kan worden gewaarborgd. Dit moet voorkomen dat kwaadwillenden namens de DSO berichten kan uitsturen.

Naast het ondertekenen of versleutelen van de berichten is het uitzoeken van een geschikte draadloze communicatietechnologie voor opschaling ook noodzakelijk. LoRa maakt gebruik van een in Nederland vergunningsvrije frequentie. Wat inhoudt dat er beperkingen zijn wat betreft zendvermogen en bezettingstijd. Maar ook dat andere apparaten deze band kunnen gebruiken en hierdoor met de communicatie kunnen interfereren. Het advies is dan ook om te onderzoeken of dit toereikend is of dat andere techniek en/of een eigen frequentie noodzakelijk zijn.

Als laatste is de vraag of we deze technologie breder willen kunnen inzetten in bijvoorbeeld omvormers van zonnepanelen, warmtepompen of laadpalen die kunnen terug leveren via V2G. Als dat het geval is dan zal rekening moeten worden gehouden met terug levering, hetzij in business rules van het protocol of in het protocol zelf waarbij het 'less is more'-principe gehandhaafd blijft.