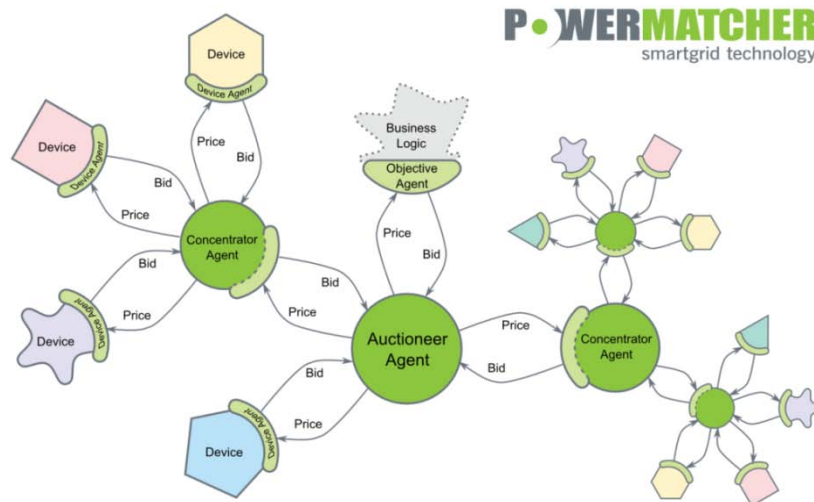


Integratiemogelijkheden PowerMatcher - Flexines

PowerMatcher is een op meerdere agenten gebaseerd systeem waarmee via elektronische wisselmarkten een cluster apparaten kan worden beheerd met als doel de vraag naar en het aanbod van elektriciteit in dat cluster op elkaar af te stemmen. Een multi-agentsysteem is een gestructureerd systeem waarmee complexe, gedistribueerde, aanpasbare en open ICT-systemen kunnen worden ingezet waarin meerdere softwareagenten met elkaar communiceren met als doel een systeemdoel te bereiken. Zo'n softwareagent is een op zichzelf staand softwareprogramma dat optreedt als vertegenwoordiger van iets of iemand (in dit geval een apparaat of een energievraag van de gebruiker). In de onderstaande afbeelding worden de verschillende agenten van PowerMatcher en hun interacties weergegeven.



Elk flexibel apparaat in een cluster wordt vertegenwoordigd door een *apparaatagent*, een stukje software dat de belangen van dat apparaat vertegenwoordigt. Deze agenten proberen de samenhangende processen op een zo voordelig mogelijke manier te beheren zonder dat daarbij een centraal optimalisatiealgoritme nodig is. Door in het multi-agentsysteem gebruik te maken van een elektronische markt (de *veilingmeester*), kunnen de agenten handelen in voorraden, dat wil zeggen elektriciteit, die de agent nodig heeft om zijn taak te kunnen uitvoeren. De enige informatie die tussen de agenten en de veilingmeester wordt uitgewisseld, zijn biedingen. Uit die biedingen blijkt in hoeverre een agent bereid is voor een bepaalde hoeveelheid elektriciteit te betalen of betaald te worden. Biedingen kunnen dus gezien worden als de urgentie of bereidheid van een apparaat om zichzelf in dan wel uit te schakelen. Biedingen worden met onregelmatige tussenpozen (*event-based*) verstuurd, namelijk alleen als de lokale situatie verandert en de agent dus een nieuw bod kan doen. Hierdoor blijft de communicatie tussen de bij PowerMatcher betrokken partijen zo beperkt mogelijk. De veilingmeester verzamelt de biedingen en berekent de evenwichtsprijs. Dat is de prijs waarbij de som van alle biedingen nul is, zodat er geen nettoconsumptie of -productie is. De evenwichtsprijs wordt teruggekoppeld aan de apparaatagenten, die dienovereenkomstig reageren door elektriciteit te produceren dan wel te consumeren of te wachten tot de marktprijs of de urgentie (toestand) van het apparaat verandert.

Opzet van de simulatie

Er zijn twee *use cases* uitgevoerd waarin gebruik is gemaakt van de PowerMatcher-technologie. Beschikbare flexibiliteit van een heterogeen cluster en flexibiliteitswaarde (wanneer wordt gehandeld op de APX). Een week lang werden met een cluster bestaande uit 1000 huishoudens simulaties uitgevoerd met kleine apparaatmodellen. Op basis van studies van het Centraal Bureau voor de Statistiek werden het aantal en het type apparaten in huishoudens bepaald. Hieronder wordt een uitsplitsing van het cluster weergegeven.

Apparaat	Penetratie
Koelkast	100%
Diepvriezer	79%
Wasmachine	100%
Droogtrommel	59%
Afwasmachine	47%

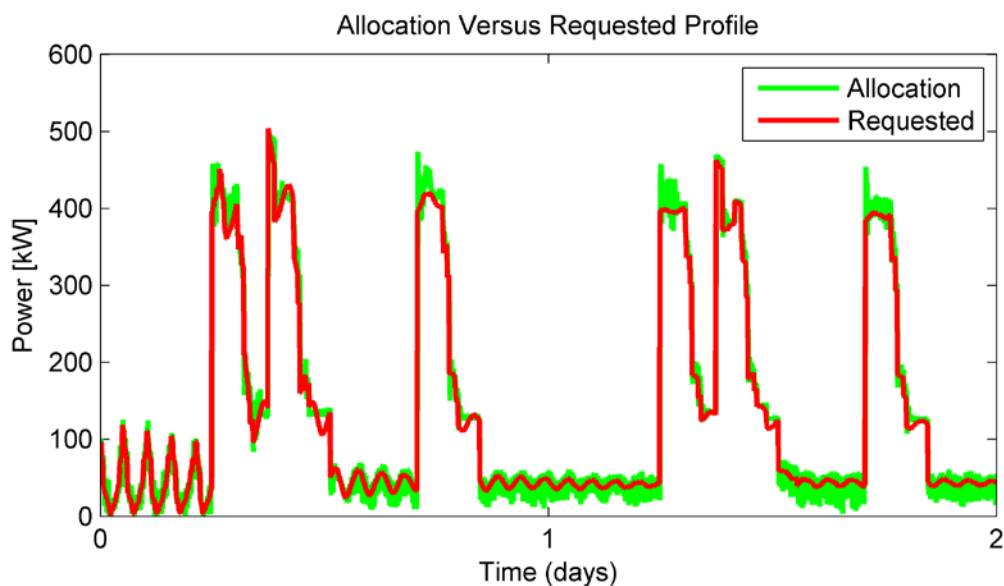
Tabel 1: Aandeel apparaten in gewone Nederlandse huishoudens.

Alle apparaatmodellen zijn gevalideerd met echte apparaten en voor de configuratie-instellingen van die apparaten (bijv. de koelkastinhoud) werd uitgegaan van apparaten die op dit moment in Nederland zijn geïnstalleerd.

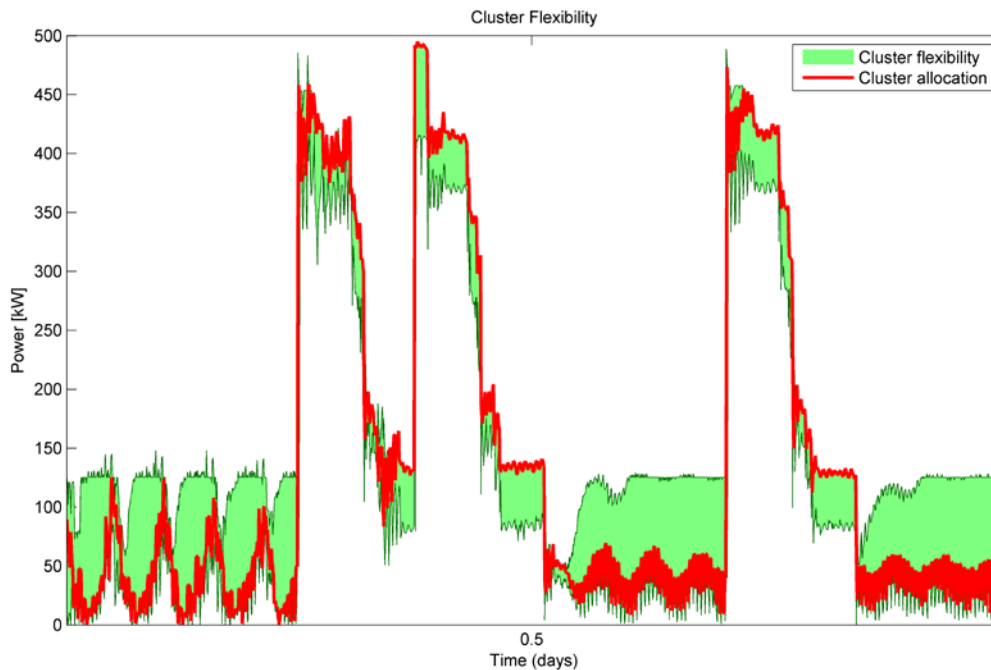
Elk apparaat is in staat om met twee beheerders draaien. Eén waarin de apparaten gebruikmaken van coördinatie door PowerMatcher en één waarbij de apparaten op dezelfde wijze reageren als wanneer ze niet worden gecoördineerd, oftewel 'business as usual'. Voor meer informatie over toestelintelligentie en -modellen zie D8.2.

Beschikbare flexibiliteit van een heterogeen cluster

Deze *use case* meet de flexibiliteit van een cluster bestaande uit 1.000 huishoudens met koelkasten, diepvriezers, wasmachines, droogtrommels en afwasmachines. Om de flexibiliteit van het heterogene cluster te meten, is er eerst een referentiecasse opgezet door een simulatie uit te voeren waarbij alle agenten gebruikmaakten van hun 'business as usual'-beheerder. Op basis van deze case werd een profiel opgemaakt met het totale aan het cluster toegewezen vermogen. Dit profiel werd vervolgens in het cluster ingevoerd terwijl de apparaten gebruikmaakten van hun 'PowerMatcher'-beheerder om na te gaan hoe dicht het cluster bij een profiel kon blijven. Vervolgens zou de grootst en kleinste mogelijke toewijzing op een bepaald moment kunnen worden berekend aan de hand van de biedingen van de apparaatagenten.



Hierboven ziet u dat het PowerMatcher-cluster, zoals verwacht, in staat is dicht bij het cluster van het gevraagde gegenereerde profiel te blijven. Op basis van de informatie over de toestand van de afzonderlijke apparaten en de apparaatbiedingen kunnen we de boven- en ondergrens van de totale apparaattoewijzingen berekenen en zo de flexibiliteit van het cluster zichtbaar maken. Zie de onderstaande afbeelding.

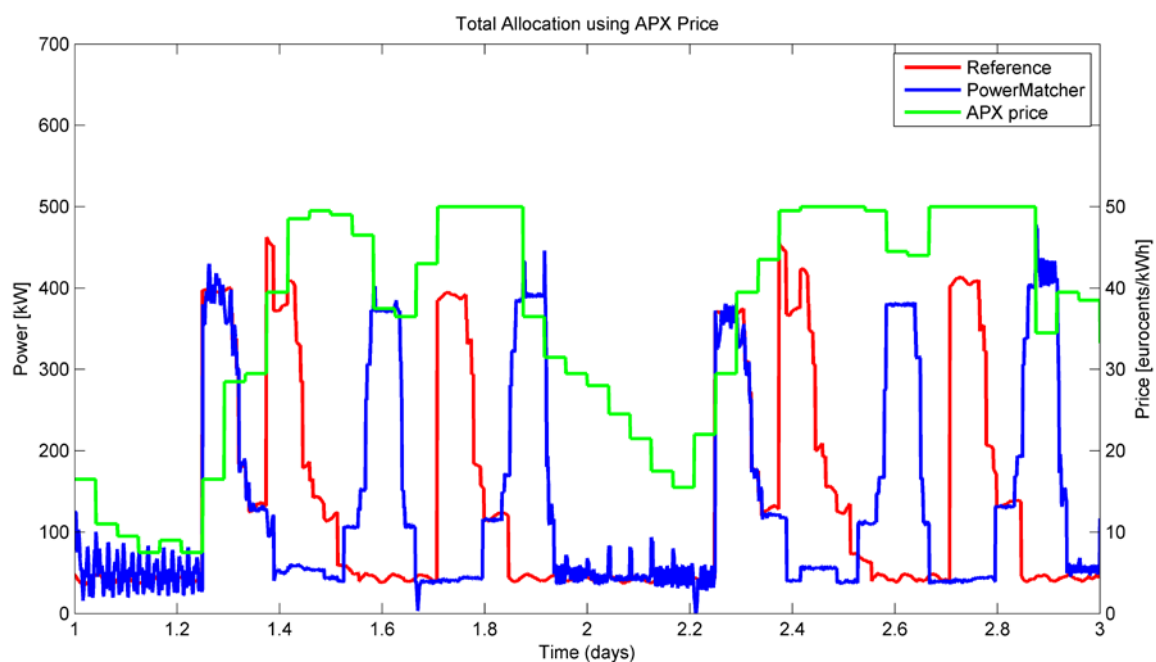


Aangetoond werd dat het cluster over een periode van een week gemiddeld 170% kon stijgen boven en 27% kon zakken onder de werkelijk gerealiseerde toewijzing.

Flexibiliteitswaarde – Wanneer wordt gehandeld op de APX

Deze *use case* maakt een schatting van de beschikbare flexibiliteit vanuit het gezichtspunt van de prosumenten, door de beschikbare flexibiliteit te verhandelen op de *day-ahead*-markt van de APX (Amsterdam Power Exchange). Om de flexibiliteitswaarde te onderzoeken door te handelen op de APX werd hetzelfde cluster als in de vorige test gebruikt en werd een referentiecasi uitgevoerd waarin apparaten zonder coördinatie door PowerMatcher draaiden. Vanaf 2010 werd het cluster verplicht een APX-prijsprofiel te hanteren terwijl het gebruikmaakte van de coördinatie door PowerMatcher. Op deze manier kunnen we nagaan hoe de flexibiliteitsinstrumenten reageren op werkelijke APX-marktprijzen.

Zoals hieronder te zien is, probeert het door de PowerMatcher beheerde cluster op momenten waarop de prijzen hoger zijn, zijn vermogen te verlagen totdat het apparaat aan moet wegens comfortbeperkingen van de klant.



Berekend werd dat per huishouden € 3,26 per maand werd bespaard, wat een besparing inhoudt van ongeveer 9% per huishouden voor kleine apparaten.

Verwijzingen

1. CBS, 2004, *Duurzame goederen; bezit naar huishoudenkenmerken*.
2. B. Roossien, P.A. MacDougall, 2010, Flexines D8.1: Mathematical quantification of flexibility for Smart Grids, ECN report.
3. J.K. Kok, C.W. Warmer, I.G. Kamphuis, 2005, *The PowerMatcher: Multi-agent control of electricity demand and supply*. IEEE Intelligent Systems, 21(2):89–90, *Deel van overzichtsartikel: "Agents in Industry: The Best from the AAMAS 2005 Industry Track"*.
4. <http://www.powermatcher.net>
5. B. Roossien, P.A. MacDougall, 2011, Flexines D8.2: Simulation Goals and Architecture, ECN/TNO Report.
6. <http://www.apxendex.com/>