



Sistema Multiagent per a gestió d'un Smartgid
Aplicacions de la Intel·ligència Artificial

E. Boronat Rosselló, M. Perelló Nieto, M.A. Garcia Gonzalo

14 de juny de 2012

Índex

1	Introducció	1
2	Definició general del sistema	2
3	Disseny	4
3.1	Especificació del sistema	4
3.1.1	Objectius del sistema	4
3.1.2	Escenaris	4
3.1.3	Percepcions	5
3.1.4	Accions	6
3.2	Disseny de l'arquitectura	6
3.2.1	Descripció dels agents	6
3.2.2	Protocols	7
3.2.3	Objectius	7
3.2.4	Diagrama d'interaccions	8
3.3	Disseny detallat	10
3.3.1	Casa	10
3.3.2	Barri	10
3.3.3	Planta d'energia	10
3.3.4	Companyia elèctrica	10
3.3.5	Ciutat	10
3.3.6	Director de joc	11
3.4	Implementació	11
3.4.1	smartgrid.agent	11
3.4.2	smartgrid.baseagents	11
3.4.3	smartgrid.contents	11
3.4.4	smartgrid.benaviter	12
3.4.5	smartgrid.energy	12
3.4.6	smartgrid .tools	12
4	Comunicació	13
4.1	Coordinació	13
4.2	Negociació	14
4.2.1	Negociació entre cases	14
4.2.2	Demanda d'energia entre casa i barri	16
4.2.3	Negociació entre casa i companyia elèctrica	16
4.3	Resta de comunicacions del sistema	16
4.3.1	Informació d'estat entre casa i districte	16

4.3.2	Informació d'estat entre districte i ciutat	16
4.3.3	Informació de transacció entre cases per la ciutat	17
4.3.4	Informació d'energia venuda de la companyia elèctrica per la ciutat	17
4.3.5	Informació d'energia entregada del districte per la ciutat .	17
5	Gestió d'estratègies	18
5.1	Estratègies	18
5.1.1	Normal	18
5.1.2	Ambiciosa (greedy)	18
5.1.3	Desinteressada (selfless)	19
5.1.4	Tramposa (cheating)	19
5.2	Elecció d'estratègies	19
6	Resultats	20
7	Conclusions	24

Capítol 1

Introducció

Smartgrid és un nou paradigma en la distribució elèctrica, on el model centralitzat de distribució de la energia de les plantes als consumidors, és substituït per un model més distribuït, on els consumidors són també productors, i la energia pot ser també distribuïda des de els consumidors amb excedent als que tenen dèficit.

Aquest projecte té com a escenari una ciutat, formada per un conjunt de cases distribuïdes en barris, i una companyia elèctrica, que disposa d'una planta productora per cada dos barris. Les cases són les consumidores d'energia, però també tenen capacitat de producció i emmagatzematge. Els barris no consumeixen energia, però sí que tenen capacitat de generar energia (a partir de biomassa), i d'emmagatzemar-ne. Aquesta capacitat estarà especialment al servei de les cases del barri, tot i que no es limita que es pugui intercanviar amb altres barris o cases d'altres barris.

El sistema premiarà l'intercanvi de l'energia directament entre les cases, i entre cases i barris, intercanviant amb la central només en cas de necessitat.

Un factor a considerar és que la distribució d'energia és millor a menor distància.

El sistema no funciona en temps real, sinó que es fa un global setmanal, i es negocia l'energia bastant-se amb aquestes dades agregades.

Capítol 2

Definició general del sistema

El sistema, doncs, pretén ser una xarxa local d'intercanvi d'energia. Pretenem que sigui escalable i per tant, que al afegir més barris, cases, o fins hi tot ciutats el sistema continuï funcionant i accepti aquests nous agents.

El nostre sistema, particularment, està pensat per ser aplicat per una cooperativa de petits productors d'energia renovable, que entre tots tracten d'abastir-se energèticament tractant d'evitar haver de comprar energia a la companyia elèctrica. És per això que al nostre sistema no hi ha una moneda pròpiament i els intercanvis d'energia són per dir-ho d'alguna forma gratuïts entre usuaris. L'únic intercanvi de diners que es produeix és entre la casa i la companyia elèctrica si no hi ha més remei que acudir-hi per aconseguir l'energia.

Cada usuari, cada casa que forma part de la cooperativa, està disposada a repartir els seus excedents d'energia entre els que la necessitin, això els reporta reputació. Aquesta reputació li serveix per que, en cas de haver d'acudir a la companyia elèctrica, pugui repartir el cost monetari entre totes les cases a les que ell ha estat proporcionant energia, perdent en proporció la reputació que havia obtingut i fent que la de les cases a les que havia abastit augmenti.

El cost de l'energia, o reputació que s'intercanvia entre els agents, és determinat per la distància. Aquesta proporció segons la distància és l'energia que es perd pel camí. Per tant si entre dos agents hi ha cost 1 (es perd una unitat d'energia), en el cas que un dels agents necessita 3 KWh, n'haurà de demanar 4 i pagar per aquests 4 quan només en podrà aprofitar 3 per afegir a les seves reserves d'energia. De forma que cada agent tracti de minimitzar la reputació que pagarà i acudeixi a cases molt llunyanes només si no té productors aprop. A l'hora de negociar però s'especifica també un preu segons la necessitat que té d'aquesta energia per ajudar a que els agents més crítics rebin energia primer, després dels que només tracten de no descarregar les bateries i finalment els que tenen emmagatzematge disponible i recullen energia que sobra al sistema.

Cada agent comença amb el mateix nombre de reputació. En perd cada cop que demana energia a un veí, al districte, o reparteix el seu cost econòmic entre les cases a les que ha estat ajudant. En guanya quan dona energia o quan paga la factura d'una casa que l'ha estat ajudant.

La capacitat de biomassa de cada barri consisteix en la produccions de

matèria orgànica de les seves cases, que si no ha de consumir per subministrar a les cases acumula.

Una intenció del sistema, que no te res a veure amb l'apartat tècnic es que es hauria de poder servir per educar a les cases en el consum d'energia responsable, ja que no hem d'oblidar que darrera un sistema com aquest hi ha persones que viuen i treballen en els edificis que participen de la xarxa. I per tant ajudats pel rànquing de reputació, que d'alguna forma mostra qui consumeix menys energia de la que produeix, pot servir com a eina pedagògica i incentiva per a l'estalvi. Si no has de demanar sempre energia, no pagaràs factura de la llum. Si el sistema arribes a estabilitzar-se i a tenir excedents, aquestos es podrien vendre a la xarxa produint beneficis.

Capítol 3

Disseny

Pel desenvolupament del sistema s'ha utilitzat la metodologia d'enginyeria del programari orientat a l'agent Prometheus.

Seguint aquesta metodologia hem dissenyat el projecte en tres fases:

- Especificació del sistema
- Disseny de l'arquitectura
- Disseny detallat

A continuació es detalla cada una d'aquestes fases.

3.1 Especificació del sistema

3.1.1 Objectius del sistema

- Garantir el subministrament d'energia a cada casa.
- Garantir l'emmagatzemament de tota la energia produïda.
- Minimitzar la distància recorreguda per la energia intercanviada.
- Minimitzar les transaccions amb la companyia elèctrica.

Objectius específics dels agents:

- Tractar de tenir el millor balanç de reputació possible.

3.1.2 Escenaris

De la definició anterior i dels objectius ens derivem al següents possible escenaris generals:

- (a). La producció d'energia global de les cases i el seu consum s'equilibra i es pot emmagatzemar.
- (b). La producció d'energia global de les cases i el seu consum s'equilibra i es produeixen excedents d'energia.

- (c). La producció d'energia global de les cases i el seu consum no s'equilibra i cal demanar-la al districte per començar i equilibrar el sistema.
- (d). La producció d'energia global de les cases i del districte no compensa el consum del sistema i s'ha de demanar a la companyia elèctrica.

A nivell particular per a les cases apareixen els següents escenaris:

- (a). La casa produeix el mateix que consumeix i no enmagatzemarà res durant el torn.
- (b). La casa pot subministrar energia i comença una negociació.
- (c). La casa pot necessitar energia i accepta negociar amb un possible venedor.
- (d). La casa té necessitats d'energia després de les negociacions, i intenta satisfer-les amb el barri.
- (e). La casa té necessitats d'energia després de negociar amb el barri i les satisfà amb la companyia elèctrica.

3.1.3 Percepcions

Les percepcions que tenen les cases són:

- Consum
- Producció
- Capacitat inicial de la bateria
- Capacitat total de la bateria
- Posició geogràfica de la casa
- Barri al que pertanyen

Les percepcions que tenen els barris són:

- Capacitat inicial de la bateria
- Capacitat màxima de la bateria
- Volum inicial de biomassa

Les percepcions de les plantes d'energia són:

- Barris als que subministra

3.1.4 Accions

Les accions que poden realitzar les cases són:

- Emmagatzemar energia a les bateries
- Consumir energia emmagatzemada a les bateries
- Enviar energia a altres cases
- Demanar energia a altres cases
- Demanar energia al districte
- Demanar energia a la companyia elèctrica

Les accions que poden realitzar els barris són:

- Generar energia a partir de biomassa
- Demanar l'estat a les cases que el formen
- Subministrar energia a les cases que ho demanin

Les accions que poden realitzar les Companyies Elèctriques són:

- Tramitar demandes d'energia d'una casa cap a la planta d'energia corresponent

Les accions que poden realitzar les plantes d'energia són:

- Produir energia
- Enviar energia a una casa a petició de la companyia elèctrica.

3.2 Disseny de l'arquitectura

3.2.1 Descripció dels agents

Els principals agents del sistema són:

- Casa: Agrupa totes les funcionalitats relacionades amb la gestió de la energia de la casa
- Barri: Agrupa totes les funcionalitats relacionades amb la gestió de la energia del barri, i coordinació de les cases del barri
- Planta d'energia: Necessari per a la producció d'energia.

Altres agents auxiliars poden ser necessaris, però seran definits en fases posteriors del disseny.

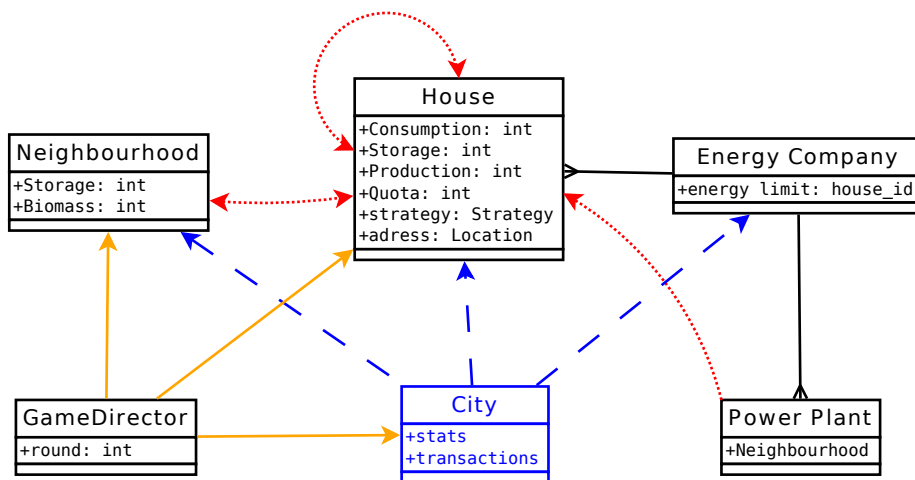


Figura 3.1: Diagrama d'interacció entre agents.

3.2.2 Protocols

Hi haurà dos protocols diferents al sistema.

El primer serà el Contract Net Protocol, que s'utilitzarà per fer les negociacions entre les cases.

La resta de comunicacions s'implementaran mitjançant missatges INFORM, que duran la informació necessària, en els casos de:

- Sincronització d'agents
- Petició d'energia als barris
- Petició d'energia a la central
- Informació sobre les transaccions a la ciutat

3.2.3 Objectius

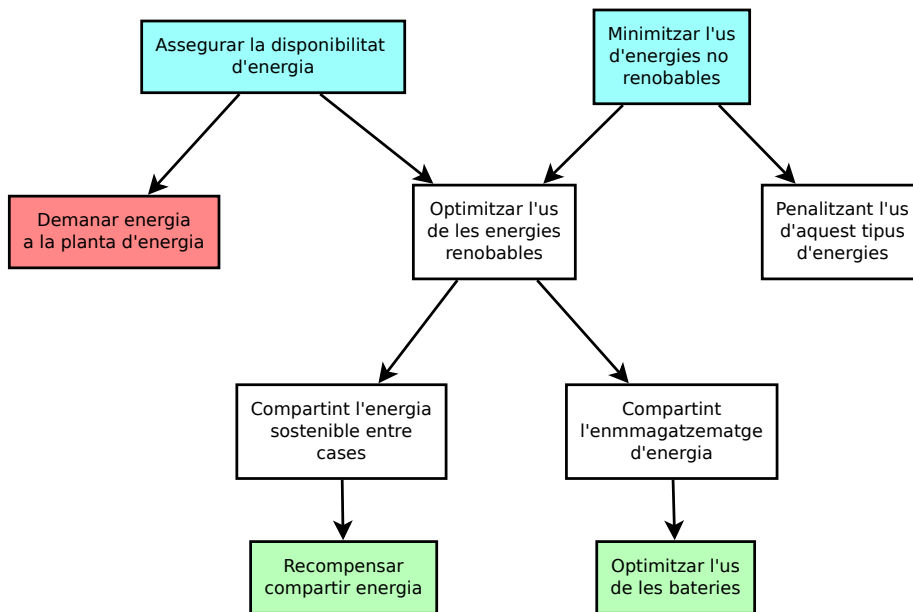


Figura 3.2: Diagrama d'objectius

3.2.4 Diagrama d'interaccions

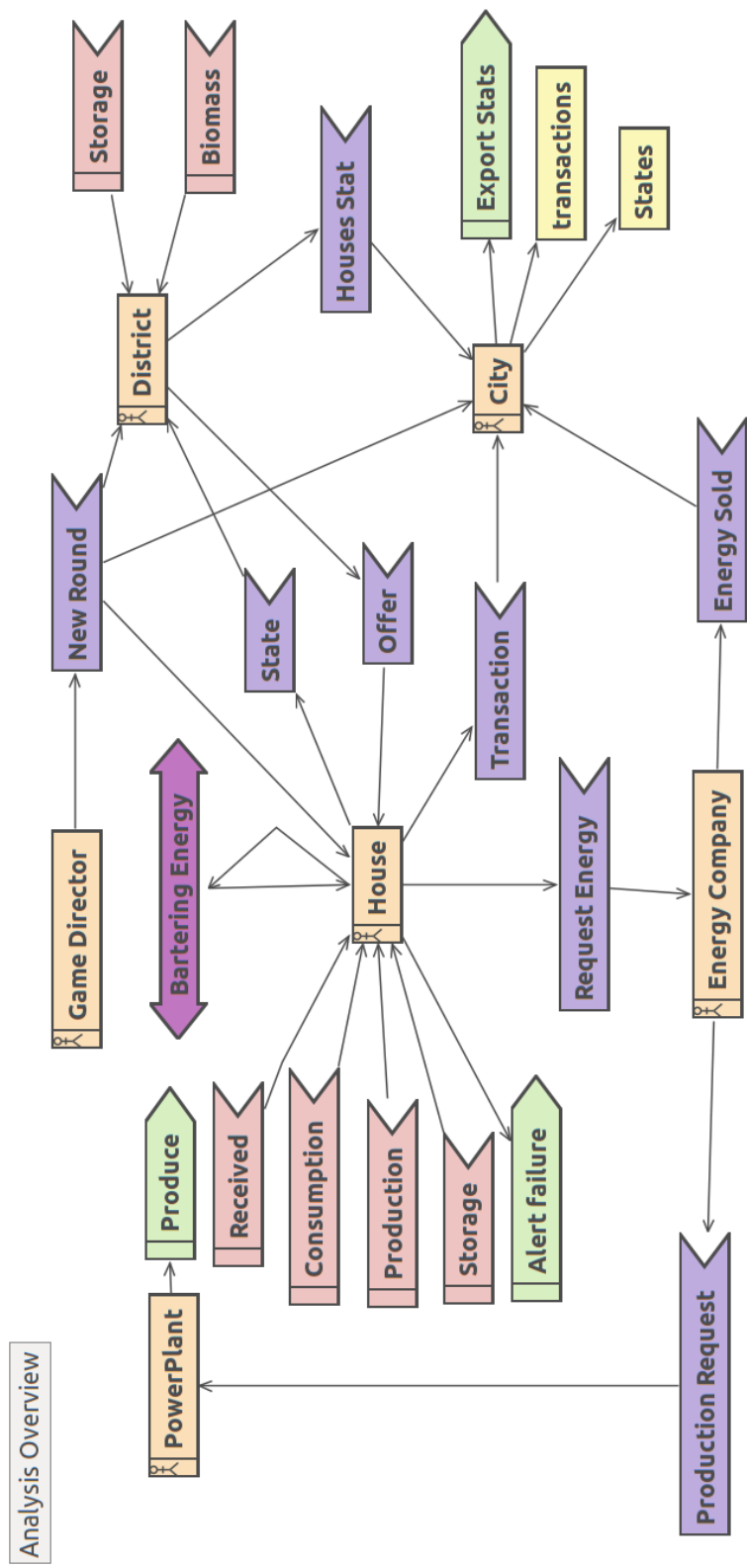


Figura 3.3: Diagrama d'interaccions entre agents.

3.3 Disseny detallat

A continuació es detalla cada agent.

3.3.1 Casa

És l'agent principal del sistema, al estar estretament vinculat als objectius. Les cases són les úniques consumidores d'energia del sistema. A més, les cases produeixen energia, i tenen capacitat d'emmagatzematge. Per poder equilibrar el sistema, les cases poden intercanviar energia amb altres cases, amb els barris, i també poden donar o rebre energia a la central elèctrica.

3.3.2 Barri

Aquest agent funciona com a petit gestor de cada barri. En recull les dades de producció, consum i bateria per facilitar-les si s'escau al l'agent encarregat de recollir les estadístiques de tot el sistema. La seva funció principal es però dona suport a les cases que en formen part proporcionant energia elèctrica produïda per una planta de biomassa amb les contribucions de les cases. L'agent divideix tota la energia que te entre el número d'agents. Aquesta es la quantitat màxima que subministrarà als agents. La biomassa que produeix s'acumula per al torn següent si no la consumeix. S'entén que es la que recull de les cases del barri.

3.3.3 Planta d'energia

És l'agent encarregat de produir la energia mancant al sistema. És a dir, aquella que cases i barris no tenen capacitat de generar. Aquests reben l'avís de la companyia elèctrica indicant quina casa la necessita, produeix aquesta energia i li envia directament a la casa.

3.3.4 Companyia elèctrica

És un agent auxiliar creat per gestionar la comunicació entre cases i plantes d'energia. En cas de ser necessari, una casa rep energia de la planta d'energia que li correspon. Per alliberar a les cases de la lògica de saber quina és la planta que li correspon, s'ha creat un agent que centralitza les comunicacions des de les cases, i fa d'intermediari entre casa i planta.

3.3.5 Ciutat

És un agent auxiliar creat per la visualització del funcionament del sistema de manera no intrusiva, per tant es un agent que pot posar-se en marxa en qualsevol moment, i començar a crear les estadístiques, a més esta preparat per que puguin haver múltiples nodes ciutat sense conflicte, d'aquesta manera es poden recollir les estadístiques en diversos punts.

La informació que ens proporciona és: per cada torn i casa, l'energia produïda, consumida, acumulada en bateria, venuda a altres cases i demanada a la Companyia Elèctrica, total de preu de les seves ventes y distancia total de les seves vendes.

3.3.6 Director de joc

Aquest agent és l'encarregat de sincronitzar les negociacions, aportant el concepte de setmana, i establint i informant a la resta d'agents quan comença i acaba cada setmana.

3.4 Implementació

La implementació del sistema s'ha realitzat en el llenguatge Java, utilitzant el framework de sistemes multiagent JADE.

Els paquets de Java que conté el sistema s'enumeren a continuació.

3.4.1 smartgrid.agent

Aquest paquet conté una classe per cadascun del tipus d'agents que poden registrar-se al sistema:

- City: Agent que motoritzant el funcionament energètic de la ciutat
- Districte: Agent que representa el concepte de barri
- EnergyCompany: Companyia elèctrica
- GameDirector: Agent que sincronitza la resta d'agents del sistema
- House: Casa
- PowerPlant: Planta d'energia

3.4.2 smartgrid.baseagents

Aquest paquet conté classes de les que poden heretar els agents segons les funcions que realitzen:

- Consumer: consumidor d'energia.
- SyncAgent: agent que rep els missatges de sincronització temporal del sistema
- Trader: agent que negocia energia

3.4.3 smartgrid.contents

Aquest paquet conte els conceptes que es transmeten en els missatges. Tracta de ser una implementació bàsica d'una ontologia ja que no la vam poder carregar amb el jena. En la implementació final han acabat essent L'energia i la Reputació. Totes dues classes hereten de la classe Quantificable.

- Quantificable: Classe abstracta que representa qualsevol cosa quantificable.
- Energia: Representa una quantitat d'energia.
- Reputació: Representa una quantia de reputació

3.4.4 smartgrid.benaviter

Aquesta classe conte els benaviters avançats que s'han implementat fent servir comportament basats en màquines d'estats per protocols d'interacció i resolució de tasques amb diversos passos a realitzar.

- Close Round: Màquina d'estat que realitza les següents tasques
 - Consume Energy: Consumeix l'energia que ha acumulat, i guarda o consumeix el que li sobra o li falta de les bateries.
 - Desicion Node: si després encara li falta energia en demana utilitzant el Demand Energy. SI en tornar a aquest encara li falta torna al deman energy i li demana a la companyia elèctrica.
 - Close Round: Mostra només el resultat del torn si ha satisfet les seves necessitats, o si li falta o li sobra energia.
- Deman Energy: Un comportament basat en el protocol Request de FIPA. S'encarrega de demanar energy al districte o al la companyia elèctrica. Depenent del parametre que s'hagi guardat al DataStore amb que va ser creat.
- Request responder Behaviour: Es el comportament que respon a les demandes d'energia que li arriben al districte o a la companyia elèctrica.

3.4.5 smartgrid.energy

Paquet amb les classes que representen els tipus d'energia i les seves funcions relacionades.

- BioMass: Representació de la biomassa
- Consumption: Representació del consum d'energia
- Perception: Classe que representa una percepció, ja sigui sobre el consum o sobre la producció
- Production: Representació de la producció d'energia
- Storage: Representació de les bateries d'emmagatzematge d'energia

3.4.6 smartgrid .tools

Aquest paquets conte diverses classes que serveixen d'utilitat per a realitzar diverses tasques i comunicacions entre agents.

- ConversationID: Serveix per a construir a traves de dades conversationID dels missatges i descodificar a la vegada aquest conversationID en dades o objectes.
- Location: Localització geogràfica d'un agent.

Capítol 4

Comunicació

4.1 Coordinació

La coordinació entre agents és necessària per definir quan comencen i acaben les setmanes. Aquesta coordinació temporal es pot abordar de dues maneres diferents, centralitzada i distribuïda. Fer-ho de manera centralitzada té com a avantatge la simplicitat, i com a desavantatge que depèn de l'agent que faci la sincronització. Pel contrari, el model distribuït no depèn de cap agent, i és més resistent a fallades, però és considerablement més complex de dissenyar i implementar.

Hem implementat un sistema centralitzat, on els torns venen definits per l'agent GameDirector, que implementa el Behaviour Ticker, i que a cada senyal envia un missatge INFORM a tots els agent registrats com a "Synchronized Agent".

4.2 Negociació

4.2.1 Negociació entre cases

La negociació entre cases és la part fonamental del sistema, i es desenvolupa de la següent manera.

Arribada una setmana la casa comprova el seu consum, la seva producció, i a quina capacitat està la bateria. Amb aquestes dades infereix la següent informació com a consumidor:

- Quina és la quantitat d'energia mínima necessària per poder assegurar el subministrament durant la setmana.
- Quina és la quantitat d'energia òptima que portaria a satisfer el consum de la setmana, i a deixar la bateria a mitja capacitat.
- Quina és la quantitat d'energia màxima que pot rebre la casa (aprofitant la màxima capacitat de la bateria).

El motiu pel qual la quantitat d'energia òptima de la casa és la que porta a tenir la bateria al 50% de la seva capacitat, és que d'aquesta manera, no només té capacitat per no quedar-se sense energia, que és un dels objectius del sistema, sinó té capacitat d'emmagatzemar energia excedent (ja sigui pròpia o d'altres cases). La energia no es pot fer desaparèixer, i per tant és un dels objectius del sistema el seu emmagatzematge.

Per altre banda, la casa també infereix la següent informació, utilitzant les mateixes dades, però aquesta vegada com a potencial subministrador, i no com a consumidor:

- Quina és la quantitat mínima d'energia de la que s'ha de desfer la casa, ja que no té capacitat per emmagatzemar-la.
- Quina és la quantitat d'energia òptima que ha de donar, per quedar-se a la capacitat òptima de la bateria (la meitat de la capacitat total).
- Quina és la quantitat màxima d'energia que la casa pot arribar a subministrar en cas necessari.

Una vegada contestades aquestes tres últimes preguntes, la casa veu quins d'aquests valors existeix (si la casa s'ha de desfer d'energia, si n'ha de donar per arribar al òptim, i si en pot arribar a subministrar), i per aquells que existeixen comença una negociació, amb la resta de cases, informant-les (mitjançant un Contract Net Protocol) que pot oferir energia, i la quantitat.

La resta de cases, quan reben un missatge iniciant una negociació, veuen els tres valors que s'han inferit per saber l'estat de la casa com a consumidora d'energia. Poden existir els quatre casos que es detallen a continuació:

- La casa necessita la quantitat d'energia que s'oferta per assegurar el subministrament de la setmana, i per tant té una prioritat molt elevada en aconseguir-la.
- La casa pot utilitzar la energia ofertada per arribar a l'òptim i té una prioritat entre normal i alta per aconseguir-la.
- La casa pot emmagatzemar la energia, però sobrepasant la seva capacitat d'emmagatzematge òptima, pel que té una prioritat baixa en aconseguir-la.
- La casa no té capacitat per consumir o emmagatzemar la energia.

En l'últim cas, la casa haurà de rebutjar la proposta d'energia rebuda. Pels tres primers casos, la casa contestarà la proposta amb una oferta, enviant junt amb la quantitat d'energia màxima dins del cas escollit, una valoració, que dependrà de la prioritat que tingui per aconseguir la energia, segons els criteris definits. També afectarà a aquesta valoració la distancia a que es trobi una casa de l'altra, fent que a major distancia, menor valor oferirà per la energia. La valoració exacta, no només dependrà d'aquests dos factors, sinó de la estratègia que estigui seguint en aquell moment l'agent per negociar.

Una vegada l'agent que havia iniciat la negociació ha rebut totes les ofertes (això es determina per si tots els agents han contestat, o si ha passat un temps màxim d'espera), les analitza de la següent forma, per veure quines acceptarà. Primer de tot les ordenarà per valoració (el valor que l'ofertant ha enviat és per unitat d'energia), i tot seguit procedirà a acceptar totes aquelles amb valoració més alta fins a cobrir la quantitat d'energia que estava ofertant, o fins que arribi al seu valor de reserva.

Aquesta valor de reserva ve determinat per com d'interessada estava la casa per subministrar la energia a algú altre. Per exemple, si la casa tenia molt poc interès, ja que era la proposta de la energia que podia arribar a donar, però que la deixava sense reserves, el valor de reserva serà molt alt, i només acceptarà la oferta si rep un valor molt alt (cosa que passarà si una casa necessita desesperadament la energia, i no està excessivament lluny). Si pel contrari la casa ha de subministrar la energia forçosament ja que no pot emmagatzemar-la, el valor de reserva serà molt baix o zero, i acceptarà qualsevol oferta que li faci per la energia.

El valor de reserva exacte ve determinat no només per la prioritat, sinó també per la estratègia amb la que negocia la casa.

Finalment, l'últim pas de la negociació el realitza l'ofertant, que al rebre l'acceptació de la oferta, haurà de comprovar que no se li hagi acceptat abans una altra oferta per la mateixa energia, i per tant, que no té satisfetes les necessitats mitjançant una altra negociació. Una vegada ha fet la comprovació, confirma i tanca el tracte, i es procedeix al subministrament de la energia.

4.2.2 Demanda d'energia entre casa i barri

La casa, un cop ha acabat el torn i no ha pogut trobar cases que li subministrin l'energia necessària, recorre al barri per demanar-li energia. Aquest li acceptara i li enviarà la energia si no supera la mitja d'energia que li toca a cada casa aquell torn. SI ho fa el districte li enviarà només la quantitat que li pertoca aquest torn i la companyia haurà de buscar-la a a la companyia elèctrica.

El protocol que s'utilitza es el Request. La casa l'inicia quan s'acaba el torn. Un cop la rep el districte aquest l'accepta si te prou energia i sinó li envia la quantitat que li correspon. Un cop ha fet l'enviament de l'energia el districte informa a l'agent ciutat, si hi es, de la l'energia que ha subministrat i aquí se li ha enviat.

4.2.3 Negociació entre casa i companyia elèctrica

Un cop les cases ja han realitzat totes les negociacions possibles ja sigui amb altres cases, o amb el barri, poden recórrer a negociar amb la companyia elèctrica. Aquesta sempre està disposada a entregar l'energia que se li demani, però això perjudica al objectiu global del sistema, per tant les cases potenciaran el fet de no demanar aquesta energia.

Un cop la companyia elèctrica ha estat informada sobre la necessitat de les cases, aquesta busca quina es la planta d'energia més propera a la casa, i li envia una petició perquè li envii un paquet d'energia.

Aquesta última es la encarregada de fer saber a la casa inicial que la seva demanda serà satisfeta. En aquest punt finalitza la negociació d'aquesta energia.

Tots els missatges enviats amb el propòsit de negociar una quantitat d'energia es realitzen utilitzant un objecte de la classe energyMsg, el qual conté el numero de torn, el nom de la casa amb necessitat d'energia, i per ultim la quantitat d'energia demanada.

4.3 Resta de comunicacions del sistema

4.3.1 Informació d'estat entre casa i districte

Al principi de cada torn les cases al comprovar l'energia que han de consumir, produeixen i tenen emmagatzemada li envien un informe al seu districte. Aquest fa servir aquesta informació per decidir si ha d'enviar energia a aquesta casa, i quina quantitat li pertoca.

Aquesta informació s'envia mitjançant un objecte de la classe State, la qual conté el consum, la producció, el nivell de bateria.

4.3.2 Informació d'estat entre districte i ciutat

La ciutat cada torn inicia una petició dels estats de totes les cases, demanant aquesta informació a tots els districtes. Aquests entreguen un resum de l'estat de les seves cases en el torn anterior, d'aquesta manera disposa de tota la informació ja estabilitzada.

El contingut del missatge que es rep es un objecte State com en el cas anterior.

4.3.3 Informació de transacció entre cases per la ciutat

Cada cop que una finalitza amb èxit una transacció entre cases, la casa compradora que envia l'inform a la venedora, també envia un missatge al agent ciutat indicant que s'ha realitzat aquesta transacció. El contingut del missatges es un objecte de la classe transactionMsg, la el qual conté el torn en el que s'ha realitzat la transacció, el nom del venedor, el nom del comprador, la quantitat d'energia venuda, i el preu d'aquesta.

4.3.4 Informació d'energia venuda de la companyia elèctrica per la ciutat

Cada cop que la companyia elèctrica ven energia a una casa, envia un missatge a la ciutat indicant la quantitat d'energia que la casa li havia demanat. Aquest missatge ve contingut en un objecte de la classe energyMsg, el qual conté el nom de la casa que ha rebut l'energia, el torn, i la quantitat.

4.3.5 Informació d'energia entregada del districte per la ciutat

El districte es capaç de entregar un nombre limitat d'energia entre les cases que li pertanyen, aquesta energia que es reparteix també és informada al agent ciutat, de manera que a les estadístiques finals es pugui fer un control.

El missatge que s'envia conté un objecte de la classe energyMsg, el qual conté el nom de la casa que ha rebut l'energia, el torn, i la quantitat.

Capítol 5

Gestió d'estratègies

El sistema d'ha dissenyat de manera que les cases poden adoptar diferents estratègies pel que fa a la negociació d'energia entre elles.

Les estratègies defineixen les accions que una casa executa per tal d'aconseguir els seus objectius. En aquest cas, l'objectiu global del sistema és minimitzar la distància de la energia intercanviada, i minimitzar la quantitat d'energia intercanviada amb la companyia elèctrica. Però a més a més d'aquests, cada casa té com a objectius no acumular més energia de la que pot emmagatzemar, ni consumir més de la que disposa. És a l'hora d'intentar complir aquests objectius que les cases adopten diferents estratègies.

5.1 Estratègies

S'han definit les següents estratègies al sistema:

5.1.1 Normal

En aquesta cas l'agent segueix una estratègia d'acord amb els criteris de negociació que s'han definit, i fa una valoració d'energia proporcional a com d'important és aconseguir ho subministrar la energia en cada cas.

D'aquesta manera, si necessita la energia de manera crítica oferirà un valor elevat, si la necessita per estar al nivell òptim oferirà un valor normal, i si la pot emmagatzemar però per sobre del nivell òptim oferirà un valor baix.

Pel que fa al subministre d'energia, acceptarà ofertes de valor baix si no pot emmagatzemar la energia, d'un valor normal si l'apropa al seu nivell òptim, i d'un valor alt si baixa del seu òptim, i l'apropa a quedar-se sense reserva d'energia. En tots aquests casos definirà un valor de reserva que determinarà quines ofertes poden ser acceptades.

5.1.2 Ambiciosa (greedy)

Aquesta estratègia és similar a la normal, però en aquest cas l'agent és més ambiciós pel que fa a aconseguir la energia que el porta a l'estat òptim, i més conservador pel que fa a desfer-se d'energia que l'allunya de l'òptim.

5.1.3 Desinteressada (selfless)

Aquesta estratègia també es basa en la normal, però en aquest cas l'agent és més generós amb els interessos dels altres agents, i menys en els seus propis. En aquest cas no oferirà valors tant alts per la energia que no necessita de manera crítica, i acceptarà valors menors per la energia que pot necessitar amb posterioritat.

5.1.4 Tramposa (cheating)

Aquesta estratègia intenta aconseguir sempre el màxim d'energia, i només subministra energia quan no li és possible emmagatzemar.

5.2 Elecció d'estratègies

La elecció de la estratègia es defineix de la següent manera.

En un inici, una de les estratègies és seleccionada a l'atzar entre les existents, i totes tenen la mateixa probabilitat de ser seleccionades per igual.

Una vegada s'ha seleccionat una estratègia, i ha concluit la negociació que s'ha realitzat seguint-la, s'avalua el resultat que se'n ha obtingut. Aquesta valoració es fa mitjançant una heurística que intenta quantificar com de bona ha estat la estratègia. En aquest cas la heurística escollida és la diferència que hi ha entre la capacitat de la bateria anterior a la negociació, i la posterior, respecte a la capacitat òptima. Això vol dir que si l'estat de la bateria era per exemple l'òptim, i després de la negociació ens trobem a 2 sobre l'òptim, la heurística ens retornarà un valor de -2. Si pel contrari estem a 10 sota l'òptim, i la negociació ens apropa fins a 6 sota l'òptim, la heurística ens retornarà un 4 positiu.

Una vegada tenim el valor de la heurística, es tornen a valorar les probabilitats amb que es selecciona cada estratègia. Si per exemple s'ha partit del punt inicial, en que la probabilitat de seleccionar cada estratègia era 0,25 i s'ha obtingut un valor positiu de la heurística, podríem esperar per exemple, que la estratègia utilitzada passi a tenir una probabilitat de 0,30, i la resta decreixin proporcionalment. En cas de que la heurística hagués estat negativa, la nova probabilitat de la estratègia podria baixar fins als 0,20 de manera que incrementessin les altres. Com major (o menor si negatiu) és el valor d'una heurística, més es veu afectada la probabilitat de ser escollida.

El resultat d'aquest mètode d'elecció d'estratègies és que després d'un número significatiu de negociacions, les estratègies que s'utilitzaran, seran aquelles que hagin donat millors resultats, i les estratègies que hagin donat mals resultats, tendiran a quedar en desús.

Capítol 6

Resultats

Una vegada desenvolupat el sistema, hem pogut observar el funcionament dels diferents agents a l'hora de demanar l'energia necessària al seu districte, i emmagatzemar-la quan això és possible.

En primer lloc podem veure dos exemple de cases o la seva activitat.

La llegenda de les gràfiques és la següent, pel que fa als valors que segueixen al codi de la casa (H.1.1 o H.2.1):

- con: Consum
- produ: Producció
- bater: Estat de la bateria
- EnD: Enviada des del barri
- EnC: Enviada des de la central
- sold: Intercanviada amb altres agents

Les gràfiques 6.1 i 6.2 mostren com les diferències entre producció i consum s'equilibren principalment amb la bateria, en alguns casos amb intercanvis amb la central, i en poques ocasions intercanviant amb altres cases.

En la gràfica 6.3 on es pot veure l'energia subministrada per les cases a altres cases, en una execució de 18 setmanes:

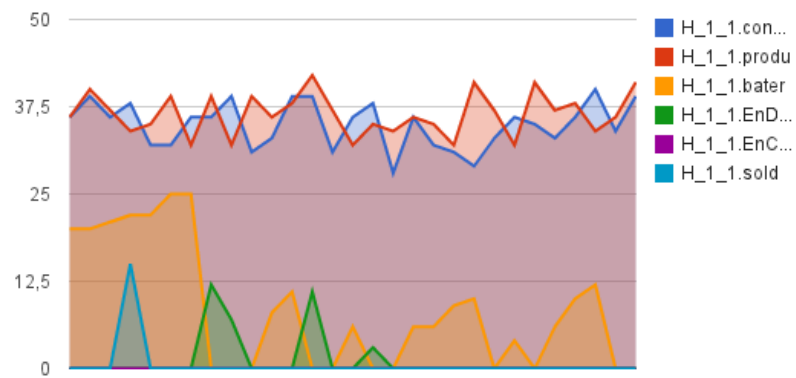


Figura 6.1: Exemple de l'estat d'una casa durant trenta torns.

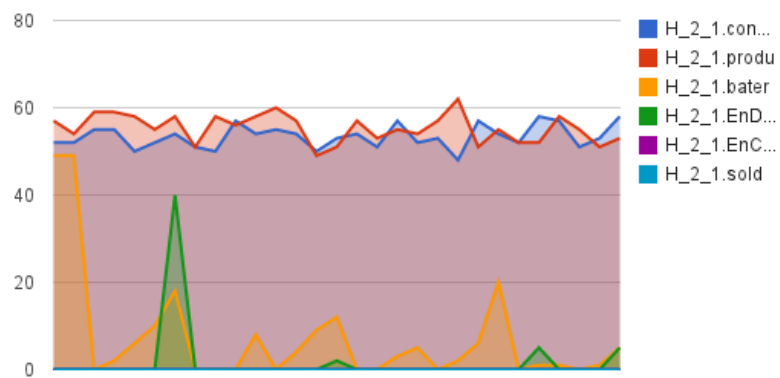


Figura 6.2: Un altre exemple de l'estat d'una casa durant trenta torns.

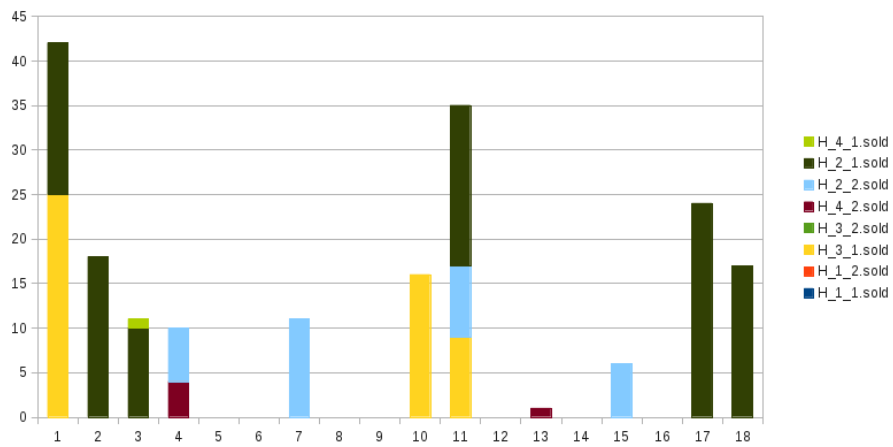


Figura 6.3: Suma de l'energia venuda per cada torn.

Per últim, es pot veure com després de 100 execucions, la mitjana de la prioritats amb que s'usa cada estratègia, basat en els resultats obtinguts, és la següent:

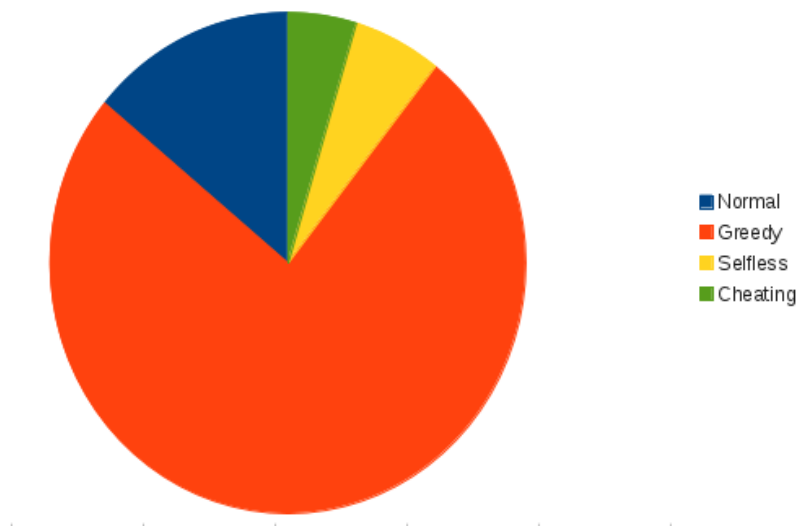


Figura 6.4: Mitjana d'estratègies escollides pels agents.

Els resultats segueixen el que es podia esperar, ja que la valoració d'una estratègia està basada en com s'apropen els resultats obtinguts a la capacitat òptima de la bateria. La estratègia greedy és la més ambiciosa en aconseguir aquest objectiu, pel que és normal que sigui la que obté millors valoracions. La estratègia cheating segueix l'objectiu d'acumular el màxim d'energia, pel que és normal que no sigui ben puntuada quan es valora respecte a la capacitat òptima.

Capítol 7

Conclusions

Els sistemes multiagent són sistemes complexos que creiem que en el cas de les smartgrid proporcionen una flexibilitat que la programació estàndard no permetria. Fent que el sistema sigui independent i reactiu a l'entorn d'una forma molt ràpida i amb moltes possibilitats.

En el nostre problema el que hem acabat implementat es una versió molt bàsica del que seria un sistema d'aquestes característiques. Ens hem trobat amb moltes dificultats per acabar de enquadrar els comportaments definitivament, i hem acabat provant moltes coses. De vegades pel propi desconeixement del paradigma, o no haver trobat la documentació adequada hem fet les coses més complicades, i en algun cas també a la inversa.

Per al problema en qüestió creiem que un sistema multiagent seria probablement una bona sol·lució i que no seria tant agosarat donar el pas cap un sistema real per a petits productors d'energia o cooperatives d'energies renovables que ja existeixen a la comunitat.

Les possibilitats a partir d'aquest punt però són molt grans. I ens adonem que potser alguns punts no els hem tingut en compte. Com per exemple algun sistema per recolzar l'honestedat dels agents a l'hora de comercia. En el nostre sistema cada Agent sap la reputació que te, però no hi ha res que li impedeixi pagar-ne més de la que te. Per tant potser seria interessant tenir un agent intermediari per assegurar la validesa d'aquestes transaccions amb un sistema senzill com el que fem servir per demanar energia a la planta d'energia. Però ja passa per un filtre i dona consistència al sistema i permet l'inclusió de nous agents sense preocupar-se si han estat implementats de forma honesta o no.

També una cosa que hem ha fet ballar ha estat l'execució en paral·lel dels agents, i el temps que s'hi dedicava a cada agent. Això a fet difícil el seguiment del programa i en hem al·legrat de haver pres la decisió des del principi de introduir un agent que hem anomenat ciutat per recollir la informació i exportar-la a fitxers de dades.

Ha estat una pràctica que ens a posat a prova, però ens a permès tastar la complexitat d'aquest tipus de sistemes, i entendre d'una forma molt més clara tots els conceptes relacionats amb el paradigma. Protocols, comportaments, decisió d'acció en pro d'un objectiu final.

Bibliografía

- [1] JR VOTANO, M PARHAM, AND LH HALL. % bf A Methodology for the Analysis and Design of Multi-Agent Systems using JADE. *Chemistry &*, (May), 2004.
- [2] SJ RUSSELL. **Artificial intelligence: a modern approach**. 2010.
- [3] ELISABETH CRAWFORD. **Learning to Select Negotiation Strategies with Strategic Experts**. 2005.
- [4] FL BELLIFEMINE, G CAIRE, AND DOMINIC GREENWOOD. **Developing multi-agent systems with JADE**. *Chemistry &*, page 286, 2007.
- [5] ISAAC CHAO, OSCAR ARDAIZ, LIVIU JOITA, AND OMER F RANA. **Optimizing Decentralized Grid Markets through Group Selection**. *Proceedings of the IEEE*.
- [6] RAJKUMAR BUYYA, JONATHAN GIDDY, DAVID ABRAMSON, SOFTWARE ENGINEERING, COMPUTING GROUP, AND DATABASE SECTION. **Economic Models for Management of Resources in Peer-to-Peer and Grid Computing**. *Context*, pages 1–13.
- [7] BERNHARD BAUER, JAMES ODELL, JAMES ODELL ASSOCIATES, AND ANN ARBOR. **Agent UML: A Formalism for Specifying Multiagent Interaction**. 2001.