

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Andreja Žitnik

**PRENOS PODATKOV V SISTEMU ZA
POLNENJE ELEKTRIČNIH VOZIL**

DIPLOMSKO DELO NA
VISOKOŠOLSLEM STROKOVNEM ŠTUDIJU

Mentor: doc. dr. Rok Rupnik

Ljubljana, 2012

IZJAVA O AVTORSTVU

diplomskega dela

Spodaj podpisani/-a Andreja Žitnik,

z vpisno številko 63050470

sem avtor/-ica diplomskega dela z naslovom:

Prenos podatkov v sistemu za polnjenje električnih vozil

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- sem diplomsko delo izdelal/-a samostojno pod mentorstvom (naziv, ime in priimek)
doc. dr. Rok Rupnik
- so elektronska oblika diplomskega dela, naslov (slov., angl.), povzetek (slov., angl.) ter ključne besede (slov., angl.) identični s tiskano obliko diplomskega dela
- soglašam z javno objavo elektronske oblike diplomskega dela v zbirki »Dela FRI«.

V Ljubljani, dne 12.4.2012

Podpis avtorja/-ice: _____



Št. naloge: 00550/2011

Datum: 14.10.2011

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Kandidat: **ANDREJA ŽITNIK**

Naslov: **PRENOS PODATKOV V ŠISTEMU ZA POLNJENJE ELEKTRIČNIH VOZIL**

DATA TRANSFER IN ELECTRIC VEHICLE CHARGING SYSTEM

Vrsta naloge: Diplomsko delo visokošolskega strokovnega študija

Tematika naloge:

Izdelajte načrt za informacijsko obvladovanje sistema za polnjenje električnih vozil. Na podlagi tega razvijte učinkovite in varne komunikacijske komponente za ta sistem. Komponente naj povezujejo pametne polnilne postaje s centri vodenja polnilne infrastrukture. Razvoj speljite v razvojnem okolju Microsoft visual studio 2008 v programskem jeziku C#. Za podatkovno bazo pa izberite Microsoft SQL Server 2008.

Mentor:

doc. dr. Rok Rupnik

Dekan:

prof. dr. Nikolaj Zimic



Zahvala

Najlepše se zahvaljujem mentorju doc. dr. Roku Rupniku za izkazano potrpljenje, mentorstvo in nasvete pri izdelavi tega diplomskega dela. Prav tako se zahvaljujem podjetju Etrek d.o.o., še posebej g. Mihi Levstku za vsebinsko pomoč in omogočeno testiranje programske rešitve.

Zahvaljujem se tudi svojim staršem za podporo v težkih trenutkih.

Kazalo

1	UVOD.....	3
1.1	Električna vozila.....	4
1.2	Renesansa električnih vozil.....	5
1.3	Emisije toplogrednih plinov in električna vozila.....	7
1.4	Prihodnost polnilnih postaj in pametna omrežja.....	9
2	SPLETNE STORITVE.....	13
2.1	Osnovni termini.....	13
2.2	Namen.....	14
2.3	Standardi.....	14
2.4	Izvedbe.....	15
3	UPORABLJENE TEHNOLOGIJE IN ORODJA.....	17
3.1	Ogrodje .NET.....	17
3.2	Microsoft Windows Embedded CE 6.....	18
3.3	Microsoft Visual Studio 2005, 2008 in 2010.....	19
3.4	Microsoft Platform Builder 6.0.....	20
3.5	Spletne storitve ASMX.....	21
3.6	Spletne storitve Windows Communication Foundation.....	21
4	OPREDELITEV POTREB.....	23
4.1	Uporabljeni termini iz področja elektromobilnosti.....	23
4.2	Namen sistema za polnjenje električnih vozil.....	25
4.3	Končni uporabniki.....	27
4.4	Komponente sistema za polnjenje električnih vozil.....	28
4.5	Omejitve.....	29
5	OPIS REŠITVE.....	31
5.1	Pregled komunikacij.....	31
5.2	Spletne storitve na postaji.....	32
5.3	Spletne storitve v centru vodenja polnilne infrastrukture EV.....	34

5.4 Spletne storitve informacijskega sistema DEVS	37
5.5 Zagotavljanje varnosti med prenosom podatkov v IS DEVS	37
6 ZAKLJUČEK.....	41
6.1 Analiza rešitve.....	41
7 VIRI IN LITERATURA	43

Seznam uporabljenih kratic

COM	Component Object Model
CORBA	Common Object Request Broker Architecture
CVPI	Center za Vodenje Polnilne Infrastrukture
DCOM	Distributed Component Object Model
DEVS	Društvo za Električna Vozila Slovenije
RMI	Remote Method Invocation
SOAP	Simple Object Access Protocol
SPEV	Sistem za Polnjenje Električnih Vozil
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
W3C	World Wide Web Consortium
WCF	Windows Communication Foundation
WSDL	Web Service Definition Language
XML	eXtensible Markup Language

Povzetek

Električna vozila postajajo vse bolj dostopna množicam. Praktično vsi proizvajalci osebnih avtomobilov so se odločili predstaviti tudi modele električnih vozil, Španija in Velika Britanija pa sta se odločili za subvencioniranje nakupov električnih avtomobilov do 20 odstotkov nakupne cene. Ne zaostaja niti Slovenija, ki nudi kupcem električnih avtomobilov do 5.000 EUR subvencije. S tem se je pojavila potreba po razvoju mreže polnilnih postaj kjer lahko uporabniki napolnijo svoja vozila kadar so na poti.

Namen diplomske naloge je razvoj učinkovitih in varnih komunikacijskih komponent za sistem za polnjenje električnih vozil (SPEV). SPEV je celovita rešitev, ki povezuje pametne polnilne postaje s centri vodenja polnilne infrastrukture (CVPI), te pa z nacionalno bazo uporabnikov polnilnic. V diplomskem delu so opisane funkcionalne zahteve tega sistema, aplikacije, ki ga sestavljajo in komunikacijske poti med njimi. Delo vsebuje tudi poglavje o spletnih storitvah in pregled tehnologij, ki so omogočile razvoj sistema, ter nekaterih izzivov in rešitev pri izdelavi komunikacije med različnimi aplikacijami in napravami. Na koncu diplomske naloge je predstavljenih še nekaj idej za nadgradnjo sistema in morebitne izboljšave.

Tako kot so heterogene naprave, ki sestavljajo SPEV, tako so raznolika tudi okolja v katerih so bile razvite posamezne aplikacije. Aplikacije, ki se izvajajo na polnilnih postajah so bile razvite v orodju Microsoft Visual Studio 2008 in programskem jeziku C#, spletne storitve v orodju Microsoft Visual Studio 2010, oba portala pa v jeziku PHP 5. Za podatkovno bazo smo izbrali Microsoft SQL Server 2008.

Ključne besede:

Prenos podatkov, spletne storitve, SOAP, WCF, Windows CE

Abstract

Electric vehicles are becoming more and more accessible to the general public. Practically all car manufacturers have decided to present electric car models in recent years. Spain and Great Britain have decided to offer subsidies for electric cars for up to 20 percent of car price. Slovenia also decided to offer up to 5,000 EUR of subsidy. All this brought about a need to develop a network of charging stations so that electric car owners could charge their vehicles while on the road.

This diploma presents development of efficient and safe communication components for a system for charging electric vehicles (SPEV). The system connects smart charging stations with centers for management of charging infrastructure (CVPI) and with national database of charging system users. This diploma presents functional specifications of the system, applications that comprise it and communication pathways among them. It also includes a chapter on web services, an overview of technologies used, challenges and solutions that were achieved in order to enable communication among different applications and devices. In the end we include some ideas on possible upgrades in the future.

Just as the devices that comprise SPEV are heterogeneous, so are the environments in which the applications were developed. The applications for charging stations were developed in Microsoft Visual Studio 2008 and programming language C#, web services were developed in Microsoft Visual Studio 2010, and both portals were created in PHP 5. We chose Microsoft SQL Server 2008 as our database provider.

Key words:

Data transfer, web services, SOAP, WCF, Windows CE

1 UVOD

Razloge za pospešeno uvajanje elektromobilnosti lahko razdelimo na ekološke, strateške, tehnične in ekonomske:

- ekološki: brez električnih vozil (EV) in sorodnih »zelenih« tehnologij ni pričakovati zmanjšanja emisij toplogrednih plinov,
- strateški: neodvisnost od nafte in plina je možna samo pri velikem deležu EV v transportu,
- tehnični: nove tehnologije s področij baterij in pametnih omrežij so prerasle razvojno fazo, elektromobilnost je ena osrednjih točk tehnološkega razvoja Evrope,
- ekonomski: elektromobilnost ustvarja nove poslovne priložnosti in je ena osrednjih točk ekonomske prenove Evrope.

Vendar pa si vsakodnevne uporabe EV ni mogoče predstavljati brez primerne infrastrukture, ki nam omogoča polnjenje (ali v nekaterih primerih izmenjavo) baterij ko smo na poti. Potrebujemo javne polnilne postaje za EV, ki so varne in enostavne za uporabo, pa tudi način kako najti prosto vtičnico in jo rezervirati do svojega prihoda. EV se namreč v večini primerov polnijo več ur, tako da čakanje v vrsti ni smiselno.

V tej diplomski nalogi je opisan sistem, ki povezuje pametne polnilne postaje EV za namene nadzora in vzdrževanja, lažje prijave uporabnikov, pa tudi za že omenjeno iskanje proste polnilne postaje. Opisan je prenos podatkov med oddaljenimi deli sistema in izbrane rešitve, ki zagotavljajo delovanje delov sistema ob prekinitvah povezav.

Večino funkcij opisanega sistema je mogoče uporabiti že danes, nekatere pa so bile sprogramirane z mislijo na prihodnost in bodo za uporabo zahtevale nadgradnje na strani dobavitelja električne energije.

1.1 Električna vozila

Električna vozila so vozila, ki za pogon pretežno uporabljajo elektromotor in večino ali kar vso energijo črpajo iz baterij (z izjemo električnih vlakov, ki dobijo energijo iz električnih tirnic). V tej diplomski nalogi se termin EV nanaša predvsem na električne avtomobile in motorje, saj so to vozila, ki uporabljajo pametne polnilne postaje.

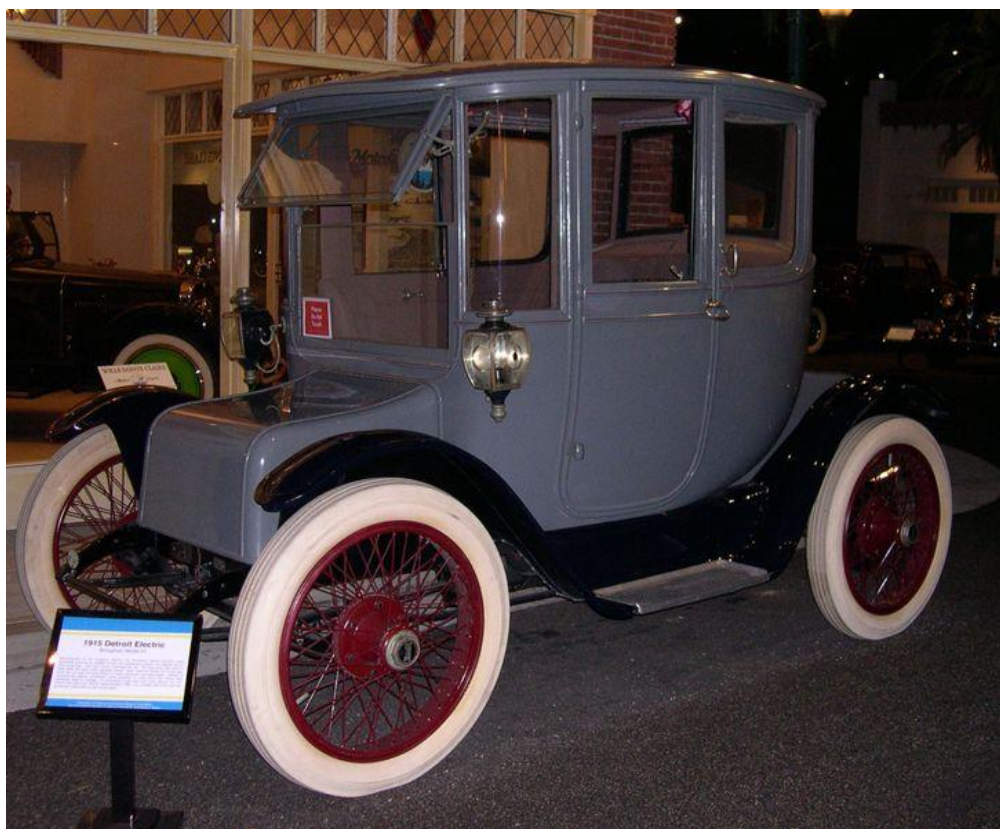
Prva električna vozila so se pojavila sredi 19. stoletja, ko motor z notranjim izgorevanjem še ni bil dovolj izpopolnjen, da bi prevzel dominantno vlogo na trgu osebnih vozil kakršno ima danes. V kratkem času se je razmahnila proizvodnja EV in v začetku 20. stoletja so električne avtomobile proizvajale najmanj Avstrija, Belgija, Francija, Nemčija, Velika Britanija, Italija, Švica in ZDA, ki je imela od navedenih največje število proizvajalcev in verjetno tudi največje število registriranih električnih avtomobilov – 34.000 v letu 1912.

Leta 1907 je podjetje Anderson Carriage Company v ZDA začelo s proizvodnjo avtomobila Detroit Electric (slika 1-1), ki je z enim samim polnjenjem lahko naredil 130km in dosegel najvišjo hitrost 32km/h. Med leti 1910 in 1920, ko je bila proizvodnja na vrhuncu, so prodali od 1000 do 2000 avtomobilov letno, nato pa je enako kot pri ostalih proizvajalcih začela prodaja upadati in se leta 1939 zaključila [1].

Razloga za upad popularnosti električnih vozil sta predvsem dva:

- pomanjkljiva električna infrastruktura zunaj mest,
- bencinski avtomobili so lahko z enim polnjenjem prevozili dosti večje razdalje, poleg tega pa je bil v 20. letih 20. stoletja bencin že zelo dosegljiv.

Zaradi pomanjkanja nafte med 2. svetovno vojno so postala električna vozila za krajši čas spet zanimiva in pojavili so se novi proizvajalci. Po letu 1950 pa je zanimanje zaradi ponovne dostopnosti nafte spet upadlo, čeprav se je občasno kateri od proizvajalcev še opogumil z novim modelom, npr. Škoda z modelom Eltra.



Slika 1-1: Detroit Electric

1.2 Renesansa električnih vozil

V zadnjih letih se zaradi negativnega vpliva nafte in njenih derivatov na okolje, nekaj pa tudi zaradi omejenih naftnih virov, električna vozila vračajo na trg osebnih vozil. Kyotski protokol, ki ga je sprejelo 141 držav sveta, med drugim tudi Evropska unija, zahteva zmanjšanje emisij toplogrednih plinov za vsaj 5% v letih 2008-2012. Avtomobili so v letu 2004 predstavljali 10% emisij ogljikovega dioksida v Evropski uniji, zato so mnoge države sprejele ukrepe za zmanjšanje emisij avtomobilov kot je npr. subvencioniranje nakupa električnih vozil.

Nekateri ukrepi evropskih držav:

- Irska: načrtuje postavitve 1.500 polnilnih postaj za EV in 30 visokovoltajnih postaj za hitro polnjenje in subvencionira nakup EV z enkratnim zneskom do 5000 EUR. Cilj je do leta 2020 doseči 10% delež električnih vozil med vsemi vozili.
- Portugalska: načrtuje postavitve 1.300 navadnih in 50 visokovoltajnih polnilnih postaj v 25 največjih mestih v državi. Poleg tega so EV oprostil davka na vozila in nekaterih letnih dajatev, prvih 5.000 prodanih EV pa bo deležnih 5.000 EUR subvencije.
- Španija: načrtuje 1 milijon električnih avtomobilov do leta 2014.

- Velika Britanija: Leta 2008 je Gordon Brown obljubil 100 milijonov funtov v podporo električnim avtomobilom, hibridnim avtomobilom in drugim projektom za naravi prijazne avtomobile. Načrtujejo postavitev 11.000 polnilnih postaj in subvencionirajo 25% cene električnega avtomobila oz. do 5.000 funtov.
- Slovenija: vlada je v septembru 2011 potrdila Program za spodbujanje nakupa baterijskih električnih vozil v obdobju 2011-2013, nato sta bila v oktobru 2011 in decembru 2011 objavljena razpisa za subvencioniranje nakupa EV. Višina nepovratnih sredstev po obeh javnih pozivih je odvisna od kategorije vozila in od vrste investicije (nakup novega vozila ali predelava vozila na električni pogon) in znaša od 1.000 do 5.000 EUR, pri čemer nepovratna finančna spodbuda ne sme preseči 50% vrednosti priznanih stroškov naložbe, poleg tega pa mora vlagatelj zagotoviti tudi lastna sredstva v višini najmanj 25% priznanih stroškov naložbe.

Tudi čez lužo električnim avtomobilom napovedujejo svetlo prihodnost. V AEO (Annual Energy Outlook 2009 – ZDA) so napovedali, da bo leta 2030 na ameriških cestah kar 40 odstotkov osebnih vozil hibridnih in če damo zraven še t.i. mikrohibride, ki lahko preklaplajo z bencinskega na električni pogon, še 25 odstotkov. Seveda pa so to le napovedi in je veliko odvisno od tehnološkega razvoja in od vložkov v infrastrukturo. Trenutno zmagovalna tehnologija še ni poznana, saj se praktično vsak teden pojavi kaj novega. Nova baterija, nov način polnjenja, nov elektromotor, nov material itd.

Tudi proizvajalci vozil so zaslutili priložnost, tako da vsi večji koncerni razvijajo električna vozila nove generacije, med drugim Renault, Peugeot-Citroen, VW, Mitsubishi, General Motors, Toyota, Daimler in Ford.



Slika 1-2: Renault Fluence

Poleg razvoja avtomobilov srednjega razreda so se kmalu pojavili tudi športni modeli, med katerimi je še posebej opazen Tesla Roadster, ki ima kot čistokrvni električni avtomobil le dve prestavi (prvo in vzvratno), doseže 100km/h v pičlih 3,9 sekundah, z enim polnjenjem pa lahko naredi 320km.



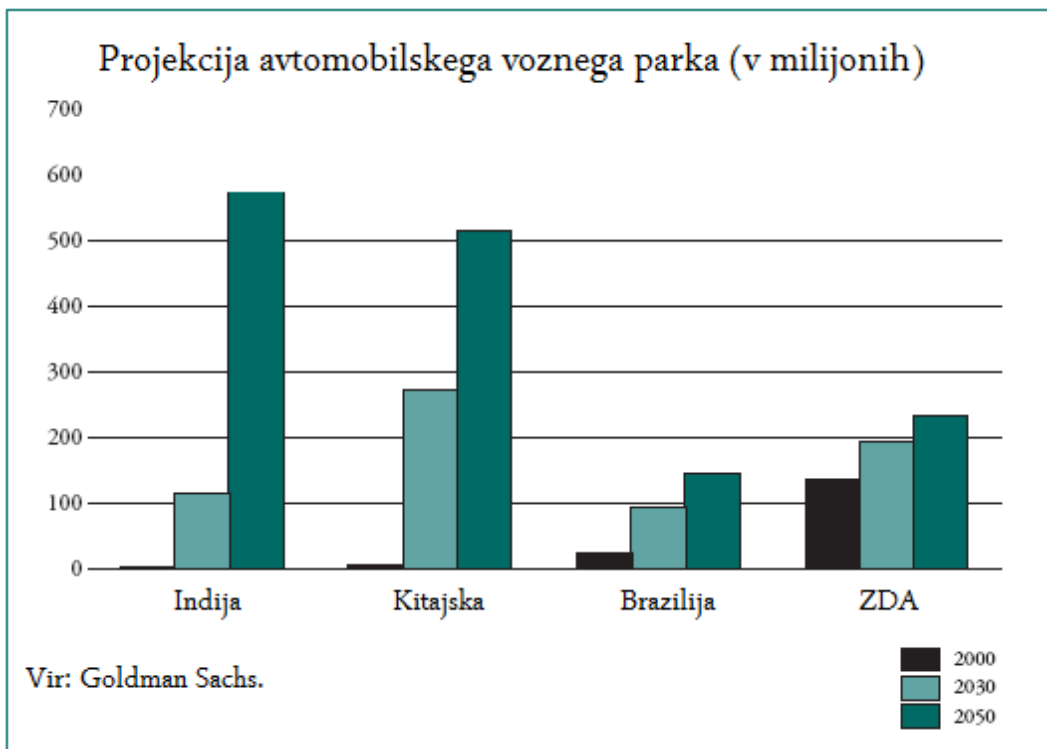
Slika 1-3: Tesla Roadster

Po podatkih podjetja JATO Dynamics je bilo v Evropi v prvem polletju leta 2011 prodanih 5.222 EV. Ta številka se sprva zdi zelo nizka, vendar če vemo, da je bilo leta 2010 v istem obdobju prodanih le 507 EV, v celem letu pa 1.337, ugotovimo da gre za več kot 10-kraten porast EV. To je delno tudi posledica subvencij za nakup električnih vozil, ki so jih evropske države uvedle v zadnjih letih.

1.3 Emisije toplogrednih plinov in električna vozila

Danes so na voljo številne tehnologije, energenti in metode, ki prispevajo k zmanjšanju izpustov toplogrednih plinov v transportu. Govorimo lahko o izboljšanih motorjih z notranjim zgorevanjem, o biogorivih, o večanju deleža javnega prevoza, o gorivnih celicah in tudi o spremenjenih navadah in načinu vožnje. Zadnje študije, ki upoštevajo 4 do 5 letne razvojne cikle v avtomobilski industriji, kažejo, da bo v kratkoročnem obdobju največji prispevek k zmanjšanju emisij vpeljava nekaterih izboljšav motorjev z notranjim izgorevanjem.

Pred časom je veliko obetala uporaba biogoriv, a ta je v zadnjih letih deležna določene skepse. To pa predvsem zaradi pomanjkljivega nadzora, ki je omogočil, da so iskalci zaslužka na posekah gozdov sadili rastlinske kulture za pridobivanje biogoriv. Težava je seveda v tem, da krčenje gozdov na svetovni ravni vpliva na kar 18% delež emisij, kar je več kot celoten promet skupaj.



Slika 1-4: Projekcija voznega parka osebnih vozil do leta 2050

Države G8 so se na srečanju v Heiligendammu leta 2007 zavezale za 50 % zmanjšanje toplogrednih izpustov do leta 2050 (relativno glede na vrednosti iz 1990). Kot povzema Sternovo poročilo [3], naj bi za doseg te ciljeve do omenjenega leta 2050 razviti svet zmanjšal emisije za 60 do 80 %. Če upoštevamo nekatere spremembe kot je večanje števila vozil (slika 1-4) in večanje povprečne letne kilometrine posameznega vozila, potrebujemo po trditvah nekaterih strokovnjakov kar 90 % zmanjšanje emisij na prevožen kilometer [4]. Tako majhnih izpustov pa tudi od najboljših motorjev z notranjim izgorevanjem ne moremo pričakovati.

Električna vozila ob uporabi ne proizvajajo toplogrednih plinov, seveda pa je potrebno upoštevati še tiste emisije, ki so nastale pri proizvodnji elektrike. EV so lahko le toliko »zeleni« kolikor je »zeleni« proizvodnja energije v državi, zato vse evropske države poleg ukrepov za povečanje deleža električnih vozil načrtujejo tudi povečanje deleža generirane elektrike iz obnovljivih virov kot so voda, veter in sonce. In prav v tem je resnična prednost EV. Medtem ko ni mogoče poljubno spreminjati emisij vozil na notranje izgorevanje in je treba počakati, da bodo lastniki kupili nova, bolj okolju prijazna vozila, lahko država na izpuste EV vpliva ne glede na nakupne navade voznikov. S tem ima več možnosti za uravnavanje letnih emisij in več možnosti za zmanjšanje emisij na dogovorjeno mejo.

1.4 Prihodnost polnilnih postaj in pametna omrežja

Pametno omrežje (angl. »smart grid«) je električno omrežje, ki skuša predvideti in se inteligentno odzvati na stanje v omrežju, ki se spreminja glede na proizvodne kapacitete proizvajalcev električne energije in glede na potrebe porabnikov [2].

Pričakovana rast porabe električne energije na svetovni ravni je 2,2 % letno. Skupaj s starajočo se infrastrukturo to predstavlja izziv, ki ga morajo proizvodna in distribucijska podjetja rešiti, da bi lahko delovala učinkovito in hkrati zagotavljala dovolj električne energije za vse porabnike.

V obstoječih električnih omrežjih proizvodnja električne energije sledi porabi. Ob konici porabe to lahko pomeni tudi vključitev dodatne elektrarne. Konic ni mogoče povsem predvideti, zato elektrarne običajno delujejo z določenim odstotkom rezerve, ki jo lahko izkoristijo kadar se poveča poraba ali se mora katera od elektrarn izključiti zaradi napake. Pri tem je treba upoštevati, da lahko nekatere elektrarne (npr. termoelektarne) prilagajajo svojo produkcijo le počasi in zato niso primerne za pokrivanje konic. S prehodom na zeleno energijo in gradnjo elektrarn na nezanesljive vire kot sta veter in sonce pa se srečujemo še z nepredvidljivostjo proizvodnje električne energije.



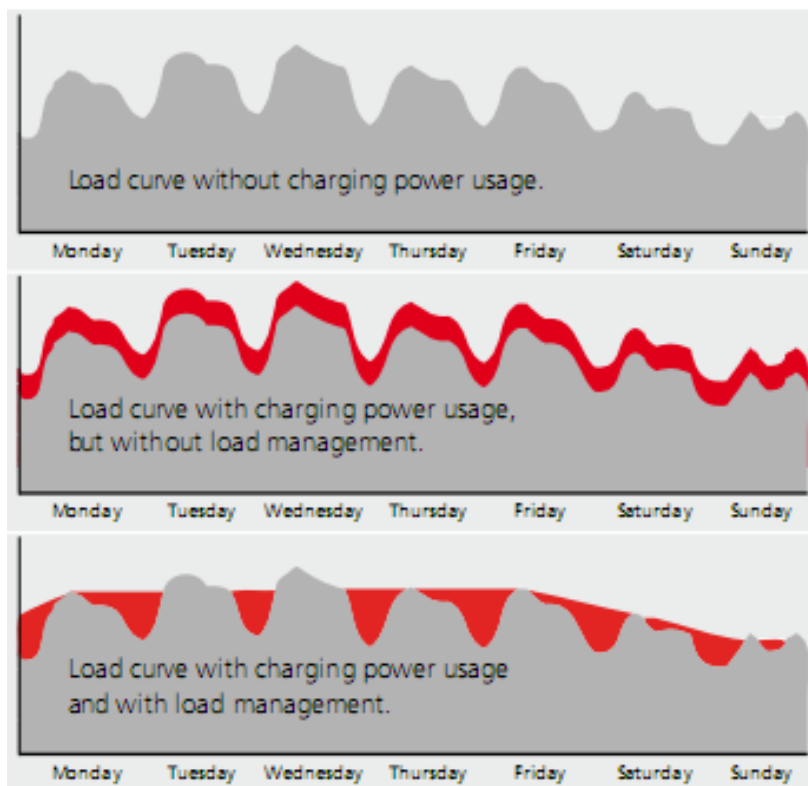
Slika 1-5: Akumulacijsko jezero ČHE Avče

Dodatne težave predstavlja presežek proizvodnje električne energije ponoči, saj npr. jedrske elektrarne Krško ni mogoče ponoči kar izključiti, pa tudi za termoelektarne ne bi bilo dobro,

da bi se izklaplajale in s tem ohlajale vsako noč. V Sloveniji to težavo delno rešujemo z izgradnjo črpalnih hidroelektrarn, ki v času, ko je poraba električne energije nizka, vodo črpajo v akumulacijsko jezero (slika 1-5), v času konic porabe pa jo spuščajo po ceveh in proizvajajo električno energijo.

Zdi se, da s povečevanjem števila električnih avtomobilov opisane težave le rastejo, vendar to ni nujno res. Slika 1-6 prikazuje tri primere porabe električne energije skozi teden, pri čemer sivo polje označuje obstoječo porabo, rdeče polje pa (nekoliko pretirano prikazano) porabo za polnjenje električnih vozil. Prvi graf kaže trenutno stanje (praktično brez električnih avtomobilov), drugi graf predstavlja enakomerno razporejeno polnjenje velikega števila električnih avtomobilov v obstoječi električni infrastrukturi, tretji graf pa polnjenje v pametnem omrežju, kjer poraba sledi proizvodnji.

Iz tretjega grafa je razvidno, da imamo v pametnem omrežju bolj enakomerno porabo energije, saj se polnjenje električnih avtomobilov prilagaja obremenjenosti omrežja. Avtomobili se polnijo na parkirnih mestih ali doma v garažah, vozniki pa se lahko sami odločijo ali je polnjenje nujno in ga omrežje ne sme prekiniti ali ni nujno, kar se odraža tudi v ceni električne energije.



Slika 1-6: Primeri porabe električne energije sedaj, z električnimi avtomobili in z električnimi avtomobili v pametnem omrežju. Vir: Mennekes EV Solutiona

A zgodba se tu šele dobro začinja. Avtomobilska baterija je namreč lahko vir energije tudi čemu drugemu kot lastnemu motorju. Polno parkirišče električnih vozil, povezanih v omrežje, postane prava elektrarna (slika 1-7). Dobimo koncept V2G («vehicle to grid»).

Danes in po predvidevanjih še prihodnjih 15 do 20 let to zaradi potrebnih prilagoditev elektroenergetskega omrežja in avtomobilske avtomatike ne bo uresničljivo. Kasneje pa bo mogoče s takšno virtualno elektrarno izvajati t. i. sistemske storitve, ki podprejo vodenje omrežja in za katere so lastniki vozil seveda plačani. Za posamezno vozilo bi po izračunih letni prihodki znašali celo do 4000 dolarjev. Že danes pa lahko za polnjenje baterij izkoristimo cenejšo nočno energijo, tako da električni avtomobili predstavljajo minimalno obremenitev obstoječe infrastrukture.

Z naraščanjem števila EV bo naraščal tudi pomen pametnih polnilnih postaj, saj bi sicer veliko število uporabnikov, ki bi ob prihodu domov začeli polniti avtomobil preveč obremenilo omrežje. Te postaje bodo bodisi prestavile polnjenje na bolj ugoden čas (na čas nižje tarife), bodisi prejemale navodila operaterja električnega omrežja glede najbolj primerne časa polnjenja. V zameno za prilagajanje omrežju pa bo uporabnik dobil cenejšo električno energijo.



Slika 1-7: Parkirišče za EV, Nizozemska; srebrni stebrički ob strani nudijo brezplačno polnjenje

Pametne polnilne postaje kakršne so opisane v tej diplomski nalogi predstavljajo prvi korak do izravnavanja porabe električne energije s pomočjo EV, seveda pa bo za poln izkoristek treba počakati še na pametno omrežje, ki bo sposobno upravljati z njimi.

2 SPLETNE STORITVE

World Wide Web Consortium (W3C) definira spletne storitve kot »... programski sistem, narejen za podporo interoperabilnih interakcij računalnik-računalnik preko mreže. Ima vmesnik, opisan v formatu, ki ga razume računalnik (WSDL). Drugi sistemi rokujejo s spletno storitvijo na način, ki je predpisan z njenim opisom in pri tem uporabljajo sporočila SOAP, ki se po navadi prenašajo preko http ob uporabi serializacije XML in drugih spletnih standardov.« [5]

2.1 Osnovni termini

2.1.1 WSDL

WSDL (Web Services Description Language) je XML dokument, namenjen opisu spletnih storitev. Vsebuje lokacijo spletne storitve in natančen opis operacij, ki jih le-ta pozna, vključno z vhodnimi in izhodnimi parametri.

WSDL dokument sestavljajo štiri glavni elementi:

- »Types«: podatkovni tipi, ki jih pozna spletna storitev,
- »Message«: sporočila, ki jih uporablja spletna storitev,
- »PortType«: operacije (metode) spletne storitve,
- »Binding«: komunikacijski protokoli, ki jih uporablja spletna storitev.

2.1.2 SOAP

SOAP (Simple Object Access Protocol) je protokol, preko katerega komunicirajo spletne storitve. Sporočilo SOAP je XML dokument, ki vsebuje naslednje pomembne elemente:

- »Envelope«: ovojnica sporočila sporoča prejemniku, da gre za SOAP sporočilo,
- »Header«: glava sporočila določa kako naj prejemnik procesira sporočilo,
- »Body«: telo sporočila vsebuje zahtevano operacijo in njene parametre ali pa rezultat operacije,
- »Fault«: vsebuje sporočila o napakah.

Na zelo osnovnem nivoju lahko spletne storitve opišemo kot sporočila, ki jih en proces pošilja drugemu. V veliki večini primerov so poslana v formatu XML, ni pa nujno. Sporočila so bistven del spletne storitve.

Z dvema sporočiloma lahko posnemamo klic funkcije. Prvo sporočilo (poizvedba) predstavlja klic funkcije in vhodne parametre, drugo sporočilo (odgovor) pa vrnjeno vrednost in izhodne parametre. Takemu paru sporočil rečemo operacija.

Problem sporočil je v tem, da so po svoji naravi asinhrona. Nič v arhitekturi spleta ali v SOAP specifikaciji ne zagotavlja, da bo strežnik na spletu dobil sporočila v enakem vrstnem redu kot jih je odjemalec poslal, niti ni zagotovila, da bo strežnik dejansko dobil vsa sporočila. V primerih, ko se zaradi tega lahko pojavijo težave, je mogoče zagato rešiti z uporabo standarda WS-ReliableMessaging.

2.2 Namen

Spletne storitve rešujejo problem izmenjave podatkov med oddaljenimi računalniki, za katere ni nujno da so del istega lokalnega omrežja in na katerih lahko tečejo različni operacijski sistemi. Potreba po takšni komunikaciji je veliko, od B2B integracij v katerih en poslovni subjekt izvaja razpečevanje naročil za drugega do nujenja podatkov o vremenu splošni javnosti.

Spletne storitve niso prvi pristop k problemu razvoja porazdeljenih aplikacij. V začetku devetdesetih let je združenje OMG predstavilo standard CORBA, ki je omogočal izmenjavo podatkov med komponentami, ki so bile napisane v različnih jezikih in tekle na različnih računalnikih. V praksi pa se je dogajalo, da implementacije na različnih operacijskih sistemih in za različne jezike niso bile povsem združljive. S porastom uporabe interneta se je pokazala še ena pomanjkljivost: CORBA za prenos podatkov uporablja povezavo TCP/IP. Če je bil računalnik, ki smo ga želeli doseči, za požarnim zidom, ki dovoljuje le promet http preko vrat 80, povezava ni bila mogoča.

Tudi Microsoft je ustvaril svoj pristop k razvoju porazdeljenih komunikacij, ki ga je imenoval DCOM (porazdeljeni COM) in kot tak namenjen le sistemom Windows. Kot CORBA se tudi DCOM ne znajde najbolje z omejitvami in nepredvidljivostjo interneta.

Spletne storitve so v nasprotju z omenjenima standardoma običajno dostopne na vratih 80, zato je manj verjetno, da bi komunikacijo onemogočil požarni zid. Tudi sami podatki se prenašajo v tekstovni obliki in so v primeru da ne uporabimo varnostnih mehanizmov človeško berljivi, zato so spletne storitve v svoji osnovni izvedbi dosti bolj transparentne.

2.3 Standardi

World Wide Web Consortium (W3C) je organizacija, ki skrbi za razvoj in usklajevanje internetnih standardov, med drugim tudi tistih, ki se tičejo spletnih storitev. Priporočila W3C se nanašajo na vsa področja spletnih storitev – od definicije jezikov XML, WSDL in SOAP do definicij posebnih WS-* specifikacij, ki določajo opise virov, zanesljiv prenos sporočil, varnost sporočil, naročanje na dogodke itd [6].

OASIS WS-I (Web Services Interoperability) je organizacija, ki skrbi za razvoj in usklajevanje WS-Interoperability specifikacij in orodij, ki so namenjena večji združljivosti

spletnih storitev in njihovih odjemalcev, razvitih v različnih tehnologijah. Specifikacije določajo katere dele jezikov SOAP in WSDL morajo poznati vse knjižnice in katerim omejitvam jezikov se morajo zavezati tiste storitve, ki imajo oznako, da zadovoljujejo katero od teh specifikacij. Te specifikacije podpirajo vsi pomembnejši razvijalci knjižnic, vključno s podjetji Microsoft, IBM, Oracle in Sun [7].

Najpomembnejša je osnovna specifikacija, imenovana WS-Interoperability Basic Profile, ki zagotavlja največjo združljivost med različnimi tehnologijami. Podpora za Basic Profile je osnova interoperabilnih spletnih storitev, saj to ustvarja temelje na katerih bodo lahko spletne storitve zares izpolnile svojo obljubo, t.j. omogočile komunikacijo med sistemi, ki bo neodvisna od uporabljenih tehnologij.

2.4 Izvedbe

Koncept spletnih storitev je lahko dejansko uporaben le, če ga podpirajo raznovrstna razvojna okolja. Za pravo interoperabilnost naj bi izvedbe podpirale vsaj možnost implementacije standard WS-Interoperability Basic Profile, še bolj pa je če znajo programerja opozoriti kadar uporabi katero od možnosti, ki ni v skladu s standardom.

2.4.1 Microsoft .NET

Spletne storitve ASMX

To je bila prva izvedba spletnih storitev v ogrodju .NET, zelo preprosta za uporabo, vendar tudi z omejenimi možnostmi prilagajanja. Ta izvedba privzeto podpira WS-Interoperability Basic Profile. Pri razvoju spletnih storitev .NET je dovolj, da zapišemo atribut [WebServiceBinding(ConformsTo = WsiProfiles.BasicProfile1_1)] in nas bo prevajalnik sam opozoril če bomo napisali storitev, ki se ne sklada s specifikacijo WS-Interoperability Basic Profile.

Spletne storitve WCF

Zelo zmogljiva izvedba spletnih storitev, ki pa ima zato nekoliko bolj kompleksne nastavitve. Vsebuje podporo za WS-Interoperability Basic Profile in tudi za celo vrsto drugih WS-* standardov, med drugim WS-ReliableMessaging, WS-Security, WS-Trust in WS-Discovery.

2.4.2 Java

JAX-RPC in JAX-WS v resnici nista izvedbi, ampak standarda za Javanski implementaciji spletnih storitev. Vsak od njiju ima več izvedb.

JAX-RPC (»Java API for XML-based RPC«)

Ta standard je izšel iz Javanskih klicev oddaljenih metod (RMI – »remote method invocation«) in je v bistvu implementiral oddaljeno klicanje metod preko spletnih storitev. Ker pa so sčasoma spletne storitve prerasle okvirje, ki jih je zastavil ta standard, so ga nadomestili z novim – JAX-WS.

Nekatere izvedbe: standardna implementacija JAX-RPC (Java.net), Apache Axis, JBossWS

JAX-WS

Ta naslednik standarda JAX-RPC dodaja nove funkcionalnosti, robustnost in omogoča hitrejšo izvedbo.

Nekatere izvedbe: referenčna implementacija JAX-WS (Java.net), Apache Axis2, Apache CXF, Sun Metro, JBossWS

2.4.3 C++

Apache Axis 2

To izvedbo je mogoče uporabiti samostojno ali pa v sklopu kakšnega od številnih odprtokodnih projektov, ki razširjajo njeno funkcionalnost in gradijo na njej kot je WSO2.

WSO2 Web Services Framework for C++

Za osnovo uporablja Apache Axis 2, nadgradi pa jo z implementacijami standardov WS-Addressing, WS-Policy, WS-Security, WS-SecurityPolicy, WS-ReliableMessaging in WS-Eventing.

Staff

Tudi ta izvedba za osnovo uporablja Apache Axis 2, ki ji doda še možnost ohranjanja stanja spletne storitve, sinhrono in asinhrono izvedbo odjemalca, podporo REST storitvam in še kaj.

2.4.4 PHP

WSO2 Web Services Framework for PHP

Za osnovo uporablja Apache Axis 2, ki jo nadgradi z implementacijami nekaterih standardov WS-*. Zaradi podpore standardu WS-Interoperability Basic Profile se ponaša z dobro združljivostjo z Javanskimi in .NET izvedbami.

3 UPORABLJENE TEHNOLOGIJE IN ORODJA

V tem poglavju so opisane uporabljene tehnologije in orodja s katerimi so bili zgrajeni deli sistema za polnjenje električnih vozil (SPEV). Predstavili bomo manj znan Microsoftov operacijski sistem Windows Embedded CE, pa tudi uporabljena razvojna orodja in vtičnike.

3.1 Ogrodje .NET

Microsoftovo ogrodje .NET letos praznuje 10 let od prve splošno uporabne različice. Ogrodje sestavljajo izvajalno okolje CLR (angl. Common Language Runtime), osnovna knjižnica BCL (Base Class Library) in knjižnica ogrodja FCL (Framework Class Library).

Izvajalno okolje CLR tik pred izvedbo prevede kodo iz vmesnega jezika (angl. »Common Intermediate Language«) v strojno kodo, skrbi pa tudi za upravljanje izjem, varnost in nadzor nad delom s pomnilnikom,. Pomembna prednost izvajalnega okolja je jezikovna neodvisnost – ne glede na to v katerem .NET jeziku je napisan program se ta prevede v skupni jezik CIL, ki med drugim omogoča, da lahko npr. koda napisana v jeziku VB.NET uporablja knjižnice, napisane v jeziku C#.

Osnovna knjižnica BCL vsebuje gradnike, ki so skupni vsem jezikom ogrodja .NET in omogočajo dostop do zbirk podatkov, datotek, delo z zaslonom itd. Za predstavljeno rešitev je bila še posebej pomembna velika izbira gradnikov za komunikacijo (uporabljene so bile spletne storitve ASMX in WCF ter sporočilne vrste). Knjižnica ogrodja FCL vsebuje že omenjeno osnovno knjižnico ter dodatne razrede, ki sodijo k posameznemu jeziku, ki je implementiran v ogrodju .NET.

Poleg bolj znane različice ogrodja .NET, ki je v uporabi na osebnih računalnikih in strežnikih, obstaja tudi različica za okolje Windows CE, ki vsebuje večino komponent svojega velikega brata, a v okrnjeni obliki. V opisani rešitvi sta uporabljeni ogrodji .NET 3.5 (na strežnikih) in .NET CE 3.5 (na polnilnih postajah).

3.2 Microsoft Windows Embedded CE 6

Operacijski sistemi Windows CE so namenjeni pametnim napravam kot so telefoni (ti uporabljajo različico imenovano Windows Mobile – slika 3-1), osebni pomočniki (PDA) in druge naprave, ki nimajo na voljo toliko virov kot običajni namizni ali prenosni računalniki [8]. Običajno so to naprave z manj zmogljivimi procesorji in veliko manj delovnega pomnilnika (slika 3-2). Nekatere sploh nimajo zaslona, če pa ga že imajo je ločljivost manjša od tiste na prenosnih računalnikih. Pogosto tudi nimajo stalnega vira napajanja ali neprekinjene povezave z omrežjem. V SPEV je Windows CE nameščen na polnilnih postajah, kar je omogočilo dokaj preprost in hiter razvoj krmilne aplikacije polnilne postaje.

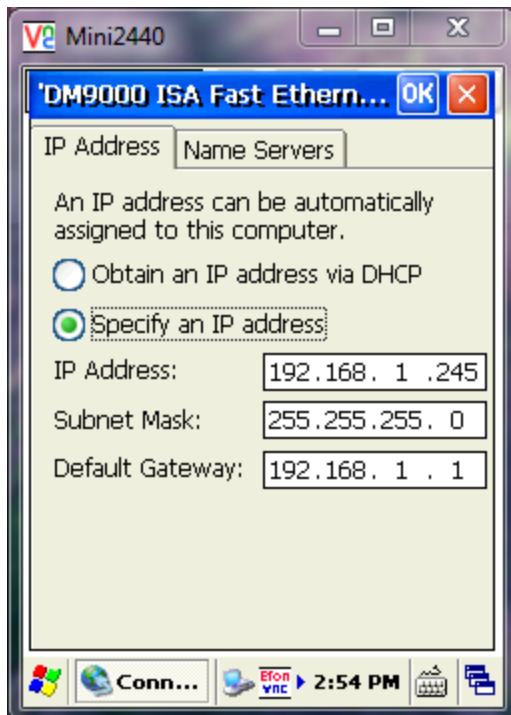
Razvoj aplikacij za Windows CE 6 je mogoč v Visual Studiu 2005 in 2008, v 2010 pa žal ne ker ne podpira potrebnih vtičnikov (angl. plug-in). Podprt je tudi razvoj .NET aplikacij, pri čemer so knjižnice ogradjena .NET 3.5 posebej prilagojene napravam z manjšimi zmogljivostmi in zaradi tega ne vsebujejo vseh razredov in metod, ki jih vsebujejo knjižnice za PC. Kljub temu se je pri programiranju predstavljene rešitve presenetljivo redko zgodilo,



Slika 3-1: HTC Touch2 uporablja Windows Mobile 6.5



Slika 3-1: Plošča FriendlyARM z zaslonom LCD in naloženim Windows CE 6



Slika 3-3: TCP/IP nastavitve v Windows CE 6

da bi manjkala katera od metod, ki jo je sicer mogoče uporabiti polni verziji ogrodja .NET 3.5

Dostop do omrežja je preprost, saj že operacijski sistem vsebuje podporo TCP/IP (slika 3-3), ogrodje .NET pa ga še nadgradi za preprostejšo uporabo. Uporaba Visual Studia 2008 (opisan v naslednjem razdelku) je dodatno olajšala razvoj odjemalca spletnih storitev, medtem ko je bilo potrebno spletni strežnik napisati skoraj v celoti, ker priloženi spletni strežnik ne podpira potrebnih funkcionalnosti.

V času izdelave diplomske naloge je Microsoft izdal tudi nov operacijski sistem Windows Embedded Compact 7, ki je naslednik Windows Embedded CE, vendar za predstavljeno rešitev ne prinaša velikih novosti.

3.3 Microsoft Visual Studio 2005, 2008 in 2010

Microsoftovo razvojno okolje Visual Studio ima dolgo tradicijo podpore razvoju v Windows okoljih. Sestavlja ga lupina razvojnega okolja v katero je mogoče namestiti druge izdelke (kot npr. Microsoftov Platform Builder) in orodja za razvoj v posameznem programskem jeziku. Ta orodja se v lupino naložijo skladno s tipi projektov, ki jih vsebuje naložena rešitev.

Razvoj SPEV je potekal kar v treh različicah Microsoftovih programskih orodij, saj je vsaka ponujala nekatere prednosti.

Visual Studio 2010:

Če bi bili vsi vtičniki primerni za uporabo v Visual Studiu 2010, bi uporabili samo to različico. Programerju ponuja največ orodij, najboljše izrablja izbran sistem za spremljanje programskih različic (Microsoft Team Foundation System 2010) in je najbolj stabilna. Ker pa to zaradi spodaj opisanih razlogov ni bilo mogoče, sta v tem okolju razvita le komunikacijski del centra vodenja in komunikacijski del Polni.si.

Visual Studio 2008:

V to različico je mogoče namestiti vtičnike za razvoj aplikacij Windows Embedded CE 6, ki jih je sicer mogoče dobiti tudi v različici 2005, vendar je razvojno okolje tu nekoliko bolj prijazno, predvsem pa obstaja podpora za povezavo s Team Foundation System 2010, ki jo

pogrešamo v Visual Studiu 2005. V tem okolju so bile razvite aplikacije, ki delujejo v okviru polnilne postaje.

Visual Studio 2005:

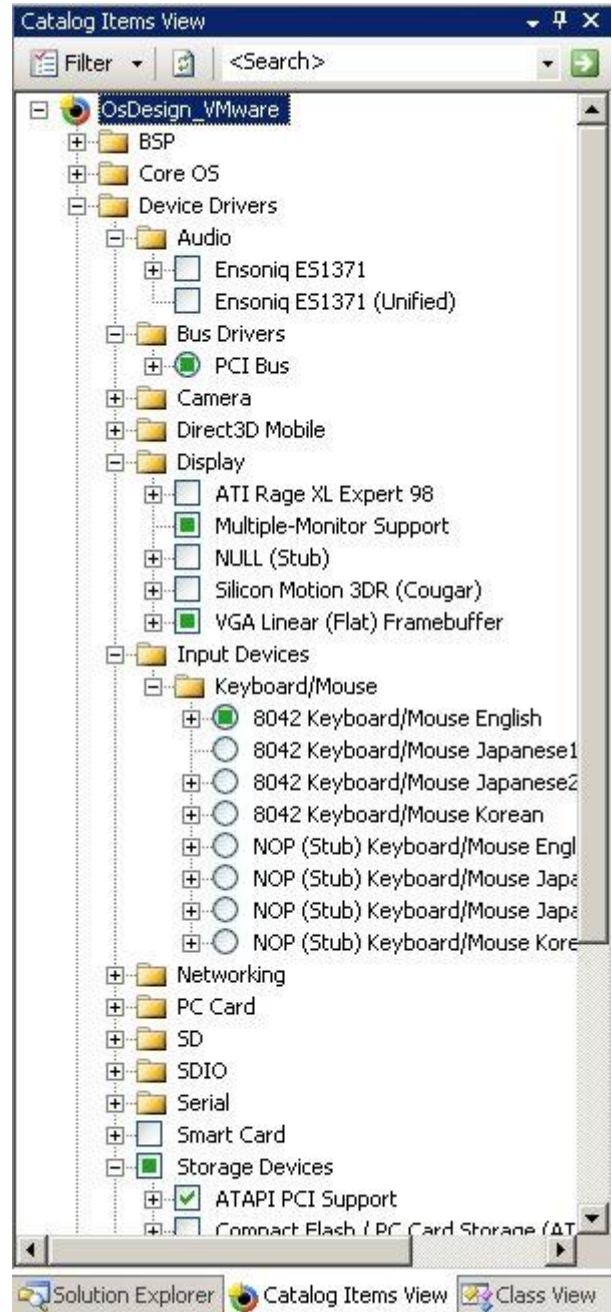
To je edina različica v katero je mogoče namestiti nujno potrebno orodje Microsoft Platform Builder 6, ki je opisano v naslednjem podpoglavju. V tem okolju je bil zgrajen operacijski sistem na katerem teče polnilna postaja.

3.4 Microsoft Platform Builder 6.0

Ker imajo naprave na katerih teče Windows Embedded CE tako različne vire in se tako zelo razlikujejo po svojih zmogljivostih, je nujno da vsak proizvajalec prilagodi operacijski sistem svojim potrebam. Tako je pogosto prva naloga ko dobimo v roke razvojno ploščo ta, da odpremo Platform Builder in prilagodimo osnovni Board Support Package, ki ga je pripravil proizvajalec strojne opreme, nato pa iz tega zgradimo sliko operacijskega sistema za našo napravo.

Slika na desni kaže enega najbolj pogosto uporabljenih orodij Platform Builderja, t.i. Catalog Items View (slika 3-4). V katalogu izberemo ali potrebujemo podporo LCD zaslonu in kakšno, ali potrebujemo podporo TCI-IP, ali naj bo v sliko operacijskega sistema vključeno tudi ogrodje .NET in katera različica in tako dalje. Če v katalogu ni gonilnika za katero od naprav, ki jih želimo priključiti, lahko napišemo svojega (ali najdemo kodo na internetu) ter ga vključimo v katalog za uporabo v kasnejših projektih.

S pomočjo orodja Platform Builder lahko v našo sliko vključimo tudi poljubne aplikacije, skratka vse kar bi radi imeli nameščeno na napravi od trenutka ko jo prvič zaženemo.



Slika 3-4: Izbira komponent v okolju MS Platform Builder 6.0

3.5 Spletne storitve ASMX

Spletne storitve ASMX (tako imenovane zaradi končnice datoteke v kateri se nahaja njihova definicija) so bile prva oblika spletnih storitev, ki jih je vsebovalo ogrodje .NET. Narejene so tako, da so zelo preproste za izdelavo in uporabo. V datoteko ASMX napišemo razred, ki vsebuje definicijo metod, ki jih pozna spletna storitev, metode označimo z atributom »WebMethod« in ko to objavimo v spletni aplikaciji imamo že delujočo spletno storitev.

3.6 Spletne storitve Windows Communication Foundation

Windows Communication Foundation (WCF) je del knjižnic ogrodja .NET, ki omogoča gradnjo zelo prilagodljivih storitev, pri čemer so spletne storitve le ena od možnih izvedb. WCF je bil ogrodju .NET dodan v različici 3.0 in je obljubljal, da bo povsem zasedel spletne storitve ASMX. To bi bilo tudi smiselno, saj WCF zmora precej več, podpira namreč standarde spletnih storitev kot so WS-Addressing, WS-ReliableMessaging in WS-Security. Je zelo prilagodljiv, saj lahko kar v konfiguraciji spremenimo protokole, kodiranje informacij in varnostne zahteve. Poleg tega ponuja programerju veliko možnosti, da poseže v obdelavo vhodnih in izhodnih sporočil ter vključi svojo logiko če je potrebno.



Slika 3-2: Obdelava sporočila pri storitvah WCF

Eden od ključev za razumevanje storitev WCF je akronim »ABC«:

- A (Address): Naslov – kje se nahaja storitev,
- B (Binding): Vezava – kako naj se odjemalec pogovarja s storitvijo,
- C (Contract): Pogodba – kaj lahko storitev naredi za odjemalca.

Za vsako storitev WCF je potrebno definirati vse tri elemente. Pogodbo definiramo z vmesnikom in njegovo implementacijo, naslov in vezavo pa v konfiguraciji, ki je lahko deklarativna ali imperativna (del kode). Ti trije elementi so neodvisni en od drugega, kar pomeni da lahko ena pogodba podpira mnogo vezav in ena vezava lahko podpira več različnih pogodb.

Pomemben koncept je tudi »končna točka«, to je pogodba, vezana na nek naslov. V konfiguraciji ima lahko storitev definiranih več končnih točk, ki so vse hkrati na voljo. Tako lahko prvi odjemalec storitev doseže preko protokola http in SOAP 1.1 in drugi preko protokola TCP/IP z uporabo binarnega kodiranja podatkov, če konfiguracija dovoljuje oboje. [9]

Vse to pa ima tudi senčno plat – kompleksno konfiguracijo, ki od programerja zahteva, da ima globlje znanje WCF kot je bilo potrebno za spletne storitve ASMX. Medtem ko so slednje delovale praktično takoj, ko so bile napisane, se je bilo treba pri WCF v prvi različici malo bolj potruditi s pravilno konfiguracijo.

V zadnji različici (4.0) je Microsoft to zadrego rešil tako, da privzete nastavitve WCF storitev posnemajo storitve ASMX, torej uporabljajo način vezave »basicHttpBinding«, protokol SOAP 1.2, transportno varnost, tekstovno kodiranje informacij in t.i. »Basic Profile 1.1«. To seveda ne reši problema kompleksne konfiguracije, a vsaj olajša delo začetnikom.

4 OPREDELITEV POTREB

4.1 Uporabljeni termini iz področja elektromobilnosti

Termin	Razlaga
Polnilna postaja	Naprava za polnjenje električnih avtomobilov v obliki stebra ali omare (sliki 4-1 in 4-2), ki običajno vsebuje eno ali dve vtičnici. Postaja ima za vsako vtičnico pripadajočo strojno opremo (ki je opisana spodaj).
Strojna oprema, ki pripada posamezni vtičnici	Obračunski števec električne energije, kontaktor, varovalke in ostala oprema, ki omogoča polnjenje enemu uporabniku.
Električna vozila (EV)	Vozila, ki za pogon pretežno uporabljajo elektromotor in večino ali kar vso energijo črpajo iz baterij. V tej diplomski nalogi predvsem avtomobili in motorji.
Distributer električne energije	Podjetje, ki ima distribucijsko omrežje preko katerega prispe električna energija do končnih porabnikov. V Sloveniji ta podjetja končnim porabnikom to energijo tudi prodajo, vendar je ta ureditev le začasna saj še potekajo postopki razdelitve vlog distributerjev in dobaviteljev električne energije.
Dobavitelj električne energije	Podjetje, ki se ukvarja s prodajo električne energije, ne pa tudi z njeno distribucijo, torej kupi energijo od distributerja in jo proda končnim porabnikom.



Slika 4-1: Polnilna postaja



Slika 4-2: Polnilna postaja

4.2 Namen sistema za polnjenje električnih vozil

V Sloveniji so imela do sedaj vsa električna priključna mesta znanega porabnika in plačnika, zato se z uvajanjem mreže polnilnih postaj srečujemo z novimi vprašanji. Kdo naj bo lastnik polnilne postaje? Lahko bi bila občina ali trgovski center, če je polnilna postaja postavljena za merilnim mestom trgovskega centra. Komu bo porabnik električne energije plačal porabo in kako? Če ima Ljubljana svojo mrežo polnilnih postaj, Celje pa svojo, seveda kot voznik ne bi želeli sklepati pogodb z vsakim lastnikom polnilne infrastrukture posebej.

Izkaže se, da je najprimerneje, da je lastnik polnilne postaje kar distributer električne energije (npr. Elektro Ljubljana) ali dobavitelj električne energije (npr. Petrol ali Geni). Seveda pa kot Ljubljančan, ki se želi peljati v Maribor ne želimo sklepati pogodb z vsakim posebej, da bi lahko polnili na njihovih postajah. Zato je nastala iniciativa za postavitev nacionalne baze uporabnikov polnilnih postaj v okviru delovne skupine za infrastrukturo, ki deluje kot del Društva za električna vozila Slovenije (DEVŠ). Zamisel bo preizkušena v okviru evropskega CIP projekta ICT 4 EVEU (»Information and Communication Technologies services for Electric Vehicle Enhancing the User experience«).

Zamisel je, da bo lastnik električnega vozila sklenil pogodbo z enim od dobaviteljev električne energije, ki podatke o uporabniku in pogodbi posreduje na DEVŠ (tja se stekajo tudi podatki o statusu postaj, da uporabnik lažje najde proste vtičnice). Ta mora o novem uporabniku obvestiti vse ostale dobavitelje, da lahko ob polnjenju na njihovih postajah energijo zaračunajo pravemu dobavitelju, le-ta pa ob koncu meseca izstavi račun uporabniku.

SPEV zagotavlja samodejen prenos podatkov o uporabnikih med dobavitelji električne energije, poleg tega pa jim omogoča spremljanje in vzdrževanje polnilnih postaj, kar bo opisano v podpoglavjih. Gre za občutljive podatke, zato se deli le najnujnejše (seveda ob privoljenju uporabnika), npr. katera kartica RFID ali mobilna telefonska številka sta vezani na katero pogodbo (brez podatkov o dejanskem uporabniku) in čas veljavnosti te pogodbe.

4.2.1 Prepoznavanje uporabnikov

Zaradi plačevanja po pogodbi je nujno, da zna sistem prepoznati uporabnika polnilne postaje. Trenutno sta predvidena dva načina: prijava kartico RFID, ki jo izda dobavitelj ali DEVŠ ter prijava s sporočilom SMS. Prijava s sporočilom SMS zahteva predhodno vpis telefonske številke uporabnika v sistem, saj je mogoče polnjenje aktivirati le, če sistem uporabnika prepozna. SMS sporočilo vsebuje številko postaje (ki je natisnjena na postaji) in vtičnice kjer želi uporabnik polniti.

4.2.2 Pregled in spremljanje trenutnih stanj polnilnih postaj

Dobavitelj mora imeti ažurne podatke o stanjih polnilnih postaj, saj lahko med polnjenjem pride do napak na električni opremi, začasnega izpada napetosti ali preprosto malomarnega ravnanja uporabnikov, kar bi lahko vplivalo na varnost ali uporabnost postaje. Zato postaja sporoča podrobne podatke o svojem stanju ter dodatno pošilja dobavitelju podatke o vseh pomembnejših dogodkih in alarmih.

4.2.3 Oddaljeno upravljanje polnilnih postaj

V primeru nevarnosti, napačnega delovanja ali drugih dogodkov mora imeti dobavitelj električne energije ob vsakem času možnost prekiniti polnjenje na postaji in jo po potrebi izključiti iz obratovanja. Prav tako mora imeti možnost začeti polnjenje na zahtevo uporabnika, ki nima RFID kartice oz. v sistem vpisane številke mobilnega telefona.

4.2.4 Pregled poročil o polnjenih

Dobavitelj mora imeti na voljo poročila o polnjenjih na njegovih polnilnih postajah ne glede na to kateri uporabnik je zahteval polnjenje, saj mora spremljati obremenitev mreže in trende porabe, podatke pa potrebuje tudi za zaračunavanje porabe ostalim dobaviteljem električne energije.

Prav tako želijo imeti podatke o polnjenjih lastniki električnih vozil, ki tako lahko skozi mesec spremljajo koliko energije so potrošili.

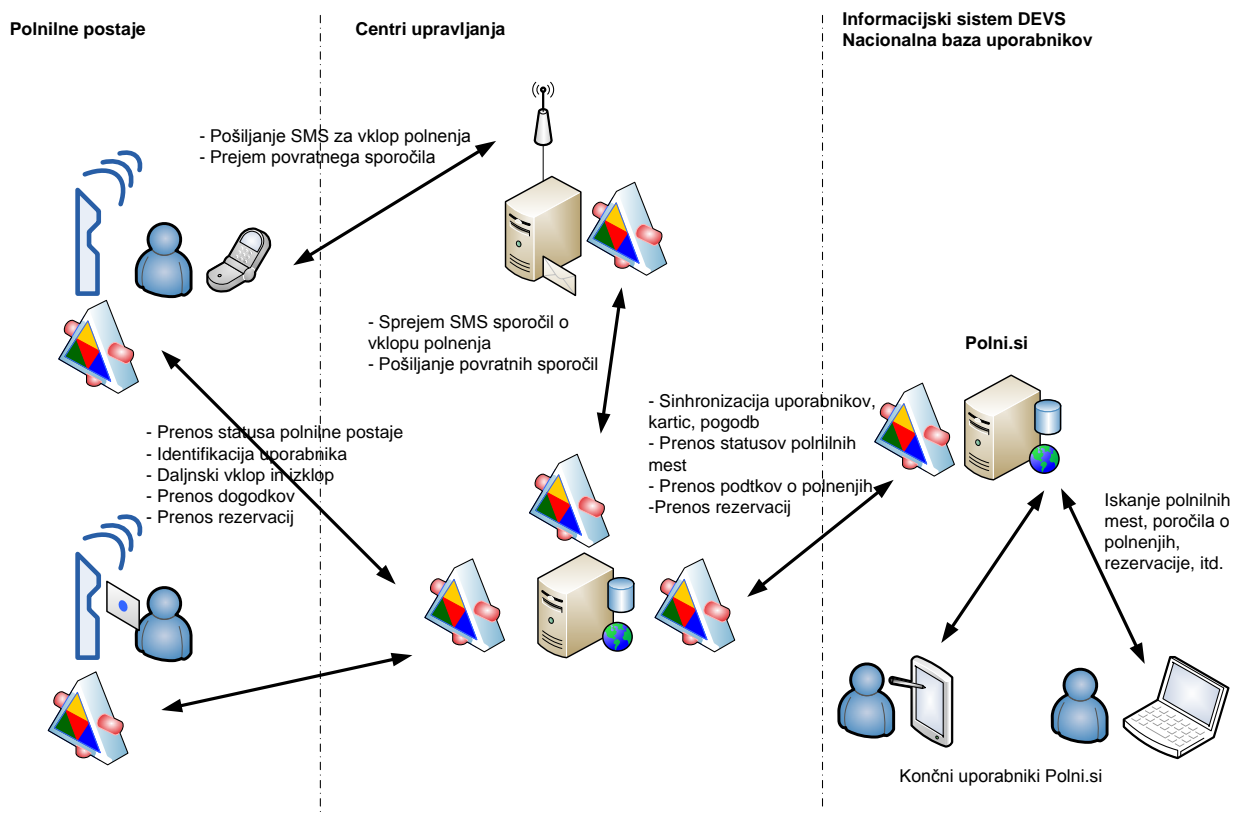
4.2.5 Nadgradnja programske opreme polnilne postaje

Občasno je potrebna zamenjava programske opreme, ki krmili polnilne postaje. Programsko opremo je mogoče nadgraditi na daljavo, vendar to zahteva začasno zaustavitev postaje. Da bi lahko uporabniki nemoteno polnili svoja vozila dovolimo, da se dokonča trenutno polnjenje preden se namesti nova različica programske opreme.

4.2.6 Rezervacije vtičnic

Ker vozila ostanejo na polnilnih mestih več ur, bi bilo zelo neprijetno, če bi se zgodilo, da bi uporabnik preveril stanje vtičnice na portalu Polni.si, ko pa bi se pripeljal do njega bi bila leta že zasedena. Zato sistem omogoča tudi rezervacije vtičnic, pri čemer polnilna postaja ne dovoli začetka polnjenja drugemu uporabniku že nekaj ur pred začetkom rezervacije, tako da je vtičnica ob dogovorjeni uri res prosta.

Slika 4-3 prikazuje elemente SPEV:



Slika 4-3: Interakcija polnilnih postaj, CVPI (Centrov upravljanja) in informacijskega sistema DEVS

4.3 Končni uporabniki

4.3.1 Lastniki električnih vozil

Lastniki električnih vozil želijo čim večje število polnilnih postaj, razpršenih po celotni poti njihovega potovanja, še posebej pa na začetku in koncu poti, saj se tam voznik zadržuje dalj časa in ga zato dolgotrajno polnjenje, ki običajno vzame več ur, ne moti. Kot je bilo že omenjeno ni mogoče, da bi imela celotna Slovenija enega samega ponudnika storitev polnjenja, zato je potreben sistem, ki uporabniku omogoča sklenitev ene same pogodbe za polnjenje na postajah vseh slovenskih ponudnikov električne energije.

Za lastnike vozil je pomemben še pregled prostih vtičnic in možnost rezervacije vtičnice za več ur vnaprej.

4.3.2 Ponudniki električne energije

Ponudniki storitev polnjenja (dobavitelji in distributerji) želijo imeti pregled nad delovanjem polnilnih postaj in možnost daljinskega upravljanja bodisi zaradi vzdrževanja ali varnosti. Za

vzdrževanje potrebujejo tudi tehnično bazo v kateri so popisane specifikacije postaj in uporabljene opreme.

Želijo še pregled nad vsemi polnjenji, da lahko izstavijo račune svojim uporabnikom in drugim ponudnikom električne energije.

4.4 Komponente sistema za polnjenje električnih vozil

4.4.1 Polnilne postaje

Polnilno postajo sestavlja električna oprema, ki omogoča polnjenje (vtičnica z mikrostikalom, kontaktor, obračunski števec električne energije, varovalke itd), oprema za komunikacijo (GPRS/Ethernet vmesnik in omrežno stikalo), vhodno-izhodne enote (zaslon LCD, čitalec kartic RFID) in naprava FriendlyARM Mini 2440 SBC na kateri teče operacijski sistem Windows CE 6. Konkretna verzija operacijskega sistema je pripravljena posebej za polnilne postaje.

Na postaji ves čas delujeta dve aplikaciji:

- spletni strežnik znotraj katerega delujejo spletne storitve,
- kontrolni program, ki upravlja delovanje postaje.

4.4.2 Portal centra vodenja polnilne infrastrukture EV

Portal centra vodenja polnilne infrastrukture EV (v nadaljevanju portal CVPI) je orodje operaterja, ki skrbi za varno in nemoteno delovanje polnilnih postaj. Na operacijskem sistemu Windows Server 2008 delujejo naslednje aplikacije:

- uporabniški vmesnik (aplikacija v jeziku PHP),
- spletne storitve za polnilne postaje (spletne storitve ASMX),
- Windows storitev, ki periodično kliče spletne storitve informacijskega sistema DEVS,
- Microsoft SQL Server 2008, ki hrani podatke o uporabnikih polnilne infrastrukture, o postajah in polnjenjih.

4.4.3 Informacijski sistem DEVS

Informacijski sistem DEVS skrbi za enoten dostop do podatkov o uporabnikih polnilnih postaj, polnjenjih in o prostih vtičnicah. Na operacijskem sistemu Windows Server 2008 tečejo naslednje aplikacije:

- spletni portal Polni.si - uporabniški vmesnik za voznike (aplikacija v jeziku PHP),
- administracijska aplikacija Polni.si (aplikacija v jeziku PHP),

- spletne storitve DEVS (spletne storitve WCF), ki zbirajo podatke s centrov vodenja polnilne infrastrukture
- Microsoft SQL Server 2008, ki vsebuje statuse vseh polnilnih postaj.

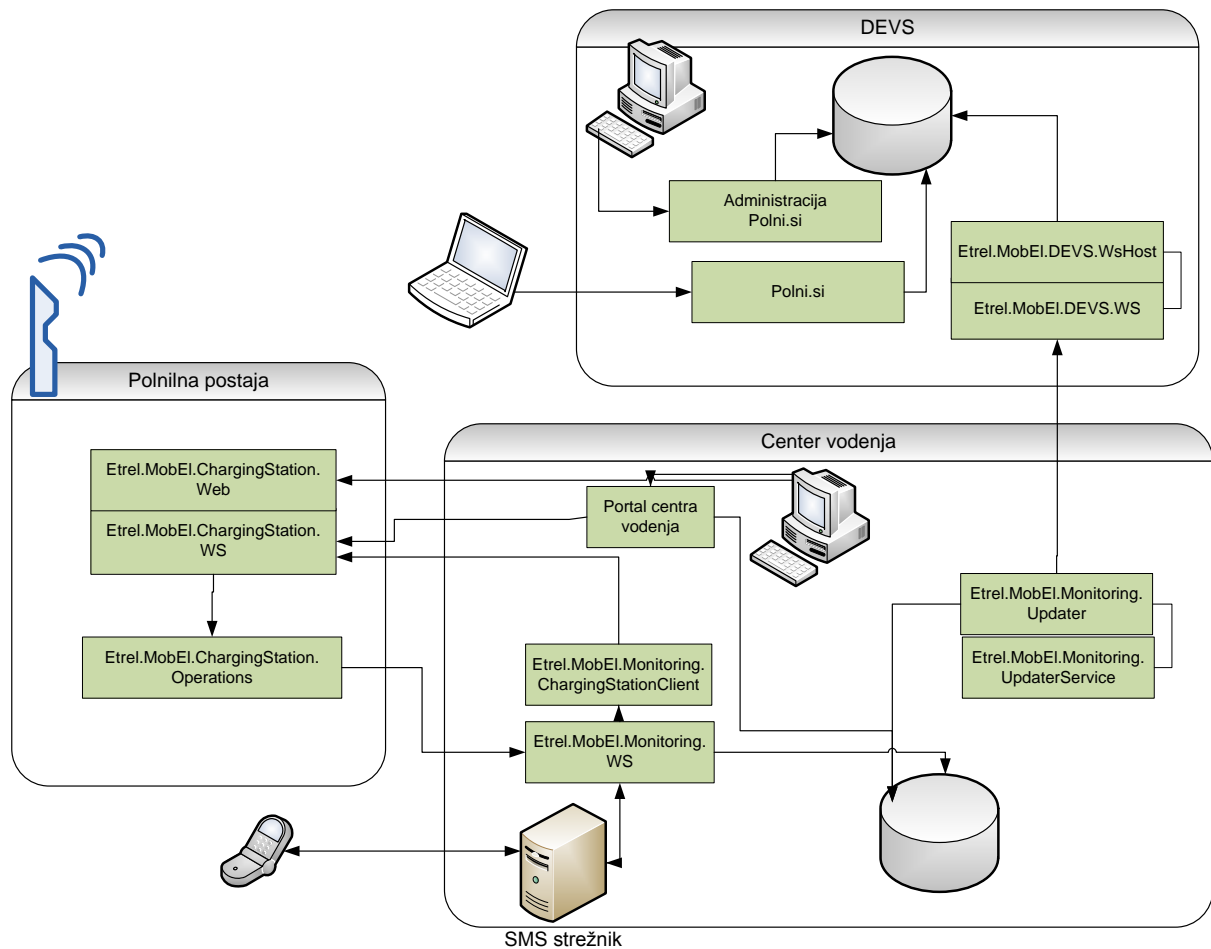
4.5 Omejitve

Pri razvoju smo naleteli na nekatere omejitve, ki so narekovale izbiro uporabljenih pristopov ali tehnologij.

- Windows CE 6 vsebuje omejen nabor funkcionalnosti svojih večjih bratov, tako da nima orodij za izvajanje spletnih storitev. Zato je bilo potrebno spletne storitve na postaji napisati v celoti »na roke«, vse od branja XML in SOAP ovojnice, tolmačenja poizvedbe, pa do sestavljanja odgovora na poizvedbo.
- Postaje komunicirajo s CVPI preko GPRS povezave, ki je v praksi precej nezanesljiva, zato mora biti postaja pri svojih poskusih komunikacije kar se da robustna in si kakšno komunikacijo shraniti za kasneje. Neuspešne komunikacije shrani v datoteko in jih po določenem času poskuša znova poslati.
- Ponudniki storitev polnjenja ne želijo gostiti spletnih storitev, ki bi jih lahko informacijski sistem DEVS poklical za posodobitev podatkov o uporabnikih, zato smo naredili obratno: centri vodenja kličejo DEVS-ove spletne storitve. Slaba stran te rešitve je seveda odvečna komunikacija in zamik prenosa podatkov, npr. če CVPI kliče spletne storitve na DEVS vsakih 10 minut, lahko v najslabšem primeru informacija o rezervaciji dospe do CVPI šele 10 minut po uporabnikovi zahtevi.

5 OPIS REŠITVE

5.1 Pregled komunikacij



Slika 5-1: Komponente SPEV in komunikacijske poti med njimi

Zgornja slika prikazuje komunikacijske poti znotraj SPEV. Komunikacije med polnilnimi postajami in centrom vodenja potekajo znotraj privatnega omrežja, medtem ko komunikacije med centri vodenja in informacijskim sistemom DEVS potekajo preko interneta.

Prenos v večini primerov prične polnilna postaja ob spremembi statusa katere izmed vtičnic, torej vsaka izmed vtičnic lahko sproži prenos podatkov, poleg tega pa prenos lahko povzročijo tudi nekateri sistemski dogodki, npr. napaka ob namestitvi nove programske opreme. Ker je sistem zasnovan na dvosmerni komunikaciji, je mogoče na zahtevo izvesti tudi prenos podatkov proti polnilni postaji.

5.2 Spletne storitve na postaji

5.2.1 Center Vodenja kliče postajo

5.2.1.1 Daljinski vklop polnjenja

Daljinski vklop se uporablja v primerih, ko se iz ostalih e-storitev ponudnika električne energije poizkuša izvesti prijavo uporabnika in vklop polnjenja. Predvidena je uporaba SMS strežnika ponudnika, ki omogoča vklop polnjenja preko pošiljanja sporočila s ključno besedo na zakupljeno številko.

CVPI preveri uporabnika in če ima ta sklenjeno veljavno pogodbo z enim od ponudnikov električne energije, sledi pošiljanje zahteve za vklop proti polnilni postaji. Če polnilna postaja ugotovi, da je izbrana vtičnica zasedena, rezervirana ali v okvari, vrne ustrezno sporočilo. V nasprotnem primeru kot odgovor vrne informacijo o tem ali je uporabnik že vključil vtičač v vtičnico ali ne.

5.2.1.2 Daljinski izklop polnjenja

Daljinski izklop polnjenja iz CVPI je na voljo predvsem za izredne potrebe, npr. zaradi varnosti ali upravljanja postaje. Pri tem se polnjenje brezpogojno prekine in postaja uporabnika obvesti o količini pretečene energije.

5.2.1.3 Izključitev polnilne postaje iz obratovanja in vključitev v obratovanje

Ko je polnilna postaja izključena iz obratovanja se ne odziva na vklop kabla ali RFID kartice, še vedno pa delujejo vse spletne storitve in poročanje, tako da lahko operater CVPI spremlja stanje polnilne postaje in jo ponovno vključi v obratovanje.

5.2.1.4 Namestitev nove programske opreme

CVPI lahko postaji posreduje paket nove programske opreme, ki ga ta ob primernem času (npr. ko trenutni uporabnik zaključi polnjenje in ni nobene nove rezervacije) naloži. Namestitev nove programske opreme poteka povsem avtomatično in ne zahteva sodelovanja operaterja CVPI.

5.2.2 *Komunikacija med spletnim strežnikom in programom, ki krmili postajo*

Spletne storitve na postaji tečejo v okviru namensko napisanega spletnega strežnika. Ko operater zahteva npr. daljinski vklop polnjenja mora spletna storitev o tem obvestiti program, ki krmili postajo (v nadaljevanju: krmilnik), ki izvede operacijo in vrne poročilo o (ne)uspešni izvedbi.

Rešitev je v uporabi Microsoft Message Queue (MSMQ) tehnologije, ki jo sicer dobimo kot del operacijskega sistema Windows CE, a jo je potrebno kljub temu posebej namestiti in zagnati. Uporaba v ogrodju .NET je preprosta.

- Ustvarimo dve vrsti, eno za sporočila namenjena krmilniku in drugo za sporočila namenjena spletnemu strežniku oz. storitvam.
- Na strani krmilnika mora ves čas delovati posebna nit, ki skrbi za branje podatkov iz njegove vrste:

```
while (IsWorking)
{
    //queue.Receive() ni mogoče prekiniti s Thread.Abort() - v tem
    //primeru ne bi bilo mogoče ustaviti te niti. Zato uporabimo
    //queue.BeginReceive().
    IAsyncResult result = queue.BeginReceive();
    result.AsyncWaitHandle.WaitOne();
    Message rawMessage = queue.EndReceive(result);

    TimeSpan messageAge = DateTime.Now.Subtract(rawMessage.ArrivedTime);
    if (messageAge > messageExpiryTime)
    {
        string errorMsg = "Message dropped from " + ReceivingQueueName +
            ". Type of message body: " + rawMessage.Body.GetType().Name;
        _log.Warn(errorMsg);
    }
    else
        OnMessageReceived(rawMessage.Body, rawMessage.Id);
}
```

- Ko v prvo vrsto vstavimo sporočilo, si zapomnimo še njegov identifikator, prejemnik sporočila pa odgovore vstavlja v drugo vrsto, pri čemer nastavi lastnost CorrelationId na vrednost identifikatorja. Tako lahko iz druge vrste pobereмо prav tisti odgovor, ki je namenjen nam, ne glede na to koliko niti hkrati pošilja in sprejema sporočila preko vrst:

```
Message rawMessage = queue.ReceiveByCorrelationId(correlationId,
    timeout);
```

5.3 Spletne storitve v centru vodenja polnilne infrastrukture EV

5.3.1 Postaja kliče CVPI

5.3.1.1 Prenos podatkov o stanju polnilne postaje

Kadar na kateri od vtičnic poteka polnjenje se podatki o stanju postaje prenašajo na vsakih 5 minut. Pri tem se prenesejo splošni podatki o polnilni postaji (temperatura, vlaga, časovna značka) in podrobnosti o vsaki vtičnici posebej (stanje polnjenja, stanje rezervacij, delovanje zaščite, trenutna moč, koliko energije je trenutni uporabnik že porabil).

Tudi kadar je polnilna postaja v stanju pripravljenosti pošilja podatke o stanju postaje, le da je časovno obdobje malo daljše. Hkrati to služi tudi kot preverjanje dosegljivosti, saj je z rednim sporočanjem mogoče določiti ali je postaja komunikacijsko dosegljiva. Če polnilna postaja ni dosegljiva potem tudi ni pripravljena na uporabo, saj ni mogoče daljinsko vključiti vtičnice ali pa preveriti prijave uporabnika.

Vendar pa to ni le enostranska komunikacija, saj tudi CVPI ob odgovoru posreduje koristne informacije in sicer:

- Čas na strežniku, na podlagi katerega poteka preprosta časovna sinhronizacija
- Naslednjo rezervacijo za vsako vtičnico

5.3.1.2 Prenos dogodkov

Ob zanimivem dogodku na vtičnici ali postaji se podatki prenesejo na CVPI. Če pride dogodek z visoko prioriteto se ga prenese takoj, v nasprotnem primeru pa po prihodu novega dogodka aplikacija počaka 10 sekund, če bi slučajno dogodku sledili novi dogodki in nato prenese vse skupaj.

Za nas zanimivi dogodki so npr:

- Uporaba kartice RFID,
- Izklop vtikača iz vtičnice,
- Delovanje zaščite,
- Izpad komunikacije s števcem,
- Okvara strojne opreme, ki pripada vtičnici,
- Prejem ukaza za daljinski vklop polnjenja,
- Prijava uporabnika z rezervacijo,
- Itd;

5.3.1.3 *Prijava uporabnika na polnilni postaji*

Uporabnik se lahko prijavi s pomočjo kartice RFID, priključenega vozila (ko bodo to omogočala vozila) ali sporočila SMS. Postaja začne postopek prijave le v primeru, da se uporabnik identificira s kartico RFID ali preko samodejne komunikacije s priključenim vozilom. Kadar se uporabnik identificira preko SMS sporočila je postopek prijave sprožen neposredno na centru vodenja, ki ob uspešni prijavi daljinsko vklopi polnjenje na vtičnici.

Polnjenje se prične šele, ko je uporabnik prijavljen, kabel priključen v vtičnico in krmilnik postaje od centra vodenja dobi identifikator polnjenja. Pri tem se začne pretok energije in se v podatkovni bazi centra vodenja ustvari nov vpis polnjenja.

V tem podpoglavju si bomo ogledali prijavo s pomočjo kartice RFID ali priključenega vozila, prijava s pomočjo sporočila SMS pa je opisana v podpoglavju 5.3.2.1 Prejem sporočil SMS strežnika.

Seznam uporabnikov se nahaja v podatkovni bazi DEVS in se ob rednih intervalih prenaša na centre vodenja. To podvajanje podatkov omogoča centrom vodenja in s tem polnilnim postajam nemoteno delovanje tudi v primeru izgube povezave z informacijskim sistemom DEVS.

Preverjanje uporabnika se začne le v primeru, da je katera izmed vtičnic na postaji prosta oz. čaka na uporabnika, ki ga je rezerviral.

Preverjanje poteka v sledečih korakih:

1. Polnilna postaja kliče spletni servis centra vodenja (EtreI.MobEl.Monitoring.WS), pri čemer poda oznako kartice RFID in tip prijave.
2. Preverjanje kartice se izvede kar na CVPI, glede na to, da tam obstaja podvojen seznam uporabnikov, identifikacijskih sredstev in pogodb.
3. Rezultat preverjanja se vrne postaji,
4. V primeru da ima uporabnik veljavno kartico in pogodbo, se polnjenje prične.

5.3.1.4 *Postaja zahteva nov identifikator polnjenja*

Postaja pred začetkom polnjenja potrebuje unikatni identifikator polnjenja, ki bo uporabljen pri vsaki nadaljnji komunikaciji s CVPI dokler polnjenje ne bo zaključeno. Na podlagi tega se na strani CVPI ustvari zapis o polnjenju, ki vsebuje podatke o uporabniku, dobavitelju električne energije, pogodbi, načinu identifikacije in začetku polnjenja. Po končanem polnjenju bo zapis dopolnjen s časom konca polnjenja ter porabljeno energijo.

5.3.1.5 Zaključek polnjenja

Uporabnik lahko zaključi polnjenje tako, da se odjavi s kartico RFID ali izklopi vtičač iz vtičnice. Polnjenje se lahko zaključi tudi zaradi nepravilnosti pri branju števca, izpada električne energije, delovanja zaščite ali daljinskega izklopa polnjenja s strani CVPI.

V vseh primerih mora postaja sporočiti zaključek polnjenja pri čemer se prenesejo končni podatki polnjenja, kjer je zabeležen končni čas polnjenja ter končna poraba energije.

5.3.2 Strežnik SMS kliče CVPI

5.3.2.1 Prejem sporočil SMS strežnika

Vse polnilne postaje so označene z unikatno oznako polnilne postaje, s pomočjo katere uporabnik določi lokacijo polnjenja. Uporabnik za vključitev vtičnice pošlje SMS sporočilo na zakupljeno telefonsko številko ponudnika električne energije.

Struktura sporočila SMS je: KLJUČNA_BESEDA_OZNAKA_POLNILNE_POSTAJE_STEVILKA_VTIČNICE. (Primer: VKLOP 05002 1).

Strežnik SMS glede na ključno besedo preveri ali je poslano sporočilo namenjeno centru vodenja. V primeru, da je ključna beseda pravilna, strežnik kliče spletno storitev centra vodenja, ki preveri poslane podatke.

Preverjanje podatkov poteka v treh korakih:

1. Ali je struktura poslanega sporočila ustrezna,
2. Ali telefonska številka uporabnika obstaja v podatkovni bazi uporabnikov infrastrukture,
3. Ali vpisana oznaka polnilne postaje in vtičnice obstaja.

V primeru, da kateri izmed naštetih pogojev ni izpolnjen, uporabnik dobi povratno sporočilo o napaki.

Če so zadoščeni vsi navedeni pogoji, se začne postopek za daljinski vklop vtičnice. V primeru, da je uporabnik že priključil kabel v vtičnico, se uporabniku pošlje sporočilo, da je polnjenje v teku, sicer se uporabnika obvesti naj to stori zdaj. Če tega ne stori v petih minutah, prijava poteče in postaja se vrne v čakajoče stanje. Zgodi se lahko tudi, da sta obe vtičnici na postaji zasedeni ali v okvari. V tem primeru uporabnik dobi sporočilo kje je najbližja prosta polnilna postaja.

5.4 Spletne storitve informacijskega sistema DEVS

Naloge informacijskega sistema DEVS so:

- nudi storitve dostopa do podatkov za uporabnike infrastrukture za polnjenje električnih vozil ne glede na ponudnika električne energije,
- uporabnikom infrastrukture omogoča iskanje prostih vtičnic in njihovo rezervacijo,
- skrbi za nacionalno bazo uporabnikov infrastrukture ter vodi evidenco pogodb z dobavitelji, kar predstavlja osnovo za izvedbo obračuna porabljene energije.

Zaradi zagotavljanja čim večje razpoložljivosti sistema se podatki o uporabnikih ob vsaki spremembi kopirajo tudi na CVPI. Ker pa so nameščeni znotraj privatne mreže posameznega ponudnika električne energije, je potrebno upoštevati njihove varnostne politike. Te pogosto omejujejo izpostavljanje spletnih storitev, zato so spletne storitve za posodobitev podatkov nameščene v informacijskem sistemu DEVS, CVPI pa periodično preverjajo ali je prišlo do kakšnih sprememb.

5.4.1.1 *Prenos statusov in rezervacij vtičnic*

Iskalnik prostih vtičnic prikazuje trenutno stanje vtičnic (zasedena, prosta, v okvari, rezervirana, itd.) . Podatke o tem mu periodično posredujejo CVPI, s tem da se vsakič prenesejo le podatki za tiste vtičnice, ki so od zadnjega prenosa spremenile status. V odgovor pa informacijski sistem DEVS zapakira vse nove rezervacije, ki jih nato CVPI posredujejo polnilnim postajam.

5.4.1.2 *Prenos podatkov o zaključenih polnjenjih*

Uporabnik informacijskega sistema DEVS lahko pregleduje podatke o preteklih polnjenjih ter izdeluje poročila o porabi električne energije. Vir podatkov za poročila so podatki o zaključenih polnjenjih, ki jih CVPI s pomočjo te spletne storitve periodično prenašajo na DEVS.

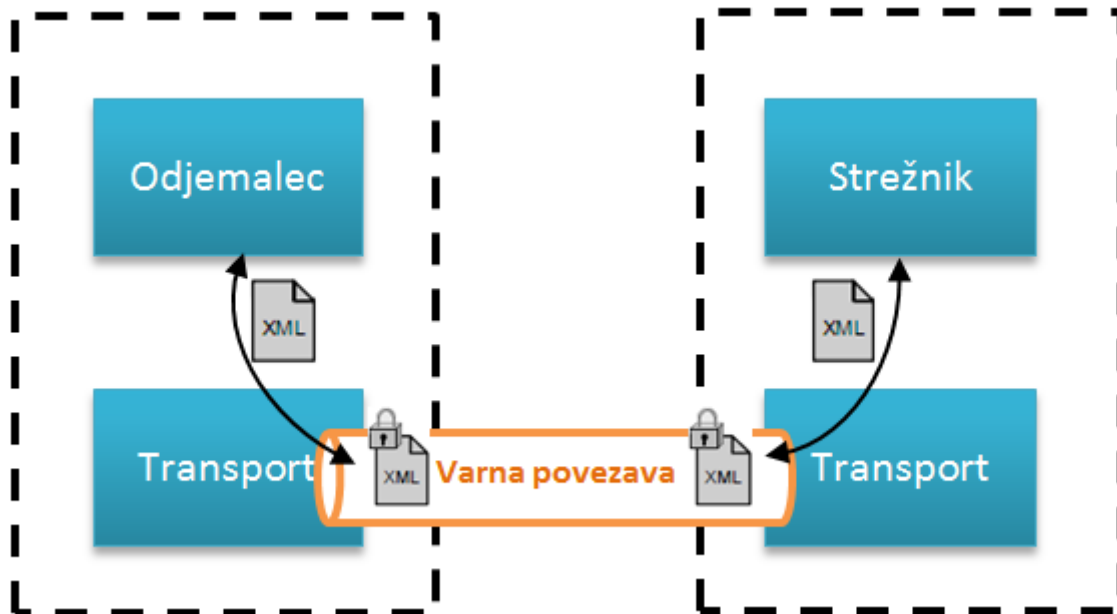
5.5 Zagotavljanje varnosti med prenosom podatkov v IS DEVS

5.5.1 *Izbira načina zaščite podatkov*

Na izbiro imamo dva načina varovanja podatkov pred vpogledom in spreminjanjem: varovanje na ravni povezave (»transport security«) in varovanje na ravni sporočila (»message security«).

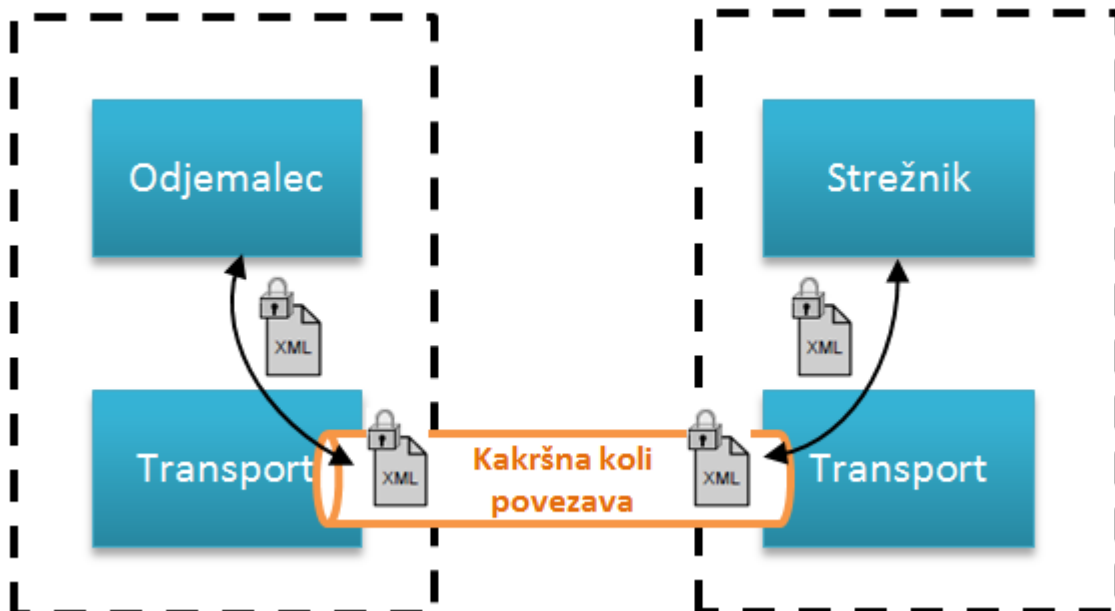
Če izberemo varovanje povezave, bo to pomenilo varovanje naših podatkov le med samim prenosom od točke do točke, pri kakršnih koli vmesnih postankih (npr. na proxy strežniku), pa bodo izpostavljeni možnim zlorabam. Pogost način za tako varovanje povezave je uporaba

SSL («Secure Sockets Layer») za šifriranje in podpis paketov, ki jih pošiljamo preko protokola HTTPS. Ta možnost lahko deluje hitreje od varovanja na nivoju sporočila.



Slika 5-2: Varovanje povezave

Če pa izberemo varovanje sporočil, so le-ta varovana od trenutka ko zapustijo pošiljatelja do trenutka ko jih dobi prejemnik ne glede na to kakšna je povezava ali koliko vmesnih postankov naredi sporočilo. Vsako sporočilo vsebuje tudi podatke o uporabniku spletne storitve, torej se prijava in avtorizacija izvajata za vsako sporočilo posebej [10].



Slika 5-3: Varovanje sporočil

To omogoča zelo prilagodljive rešitve pri katerih so lahko nekatera sporočila nezaščiten, ker vsebujejo informacije javnega značaja, tako da ne obremenjujemo spletne storitve po nepotrebnem. Varovanje sporočil namreč zahteva več virov, saj je vsako sporočilo posebej šifrirano in podpisano. Za prenos podatkov lahko uporabimo kateri koli protokol, saj so sporočila v vsakem primeru zaščiten.

Ker se sporočila med CVPI in DEVS prenašajo preko interneta smo se odločili za varovanje na ravni sporočil.

5.5.2 Izvedba

WCF pri izvedbi varnosti upošteva standard WS-Security, tako da bi morala biti nastala spletna storitev dosegljiva tudi odjemalcem, ki niso napisani v ogrodju .NET.

Na voljo imamo pet možnosti prijave odjemalca kadar uporabljamo varovanje na ravni sporočil:

- Brez prijave,
- Windows prijava s pomočjo Kerberos,
- Prijava z uporabniškim imenom in geslom
- Prijava s certifikatom
- Prijava z žetonom izdajatelja, ki mu zaupata tako storitev kot odjemalec

Ker sta v našem primeru informacijski sistem DEVS in CVPI del različnih organizacij, smo izbrali prijavo s certifikatom. Avtorizacija je preprosta: vsak odjemalec, ki se je uspešno prijavil lahko kliče katero koli operacijo spletne storitve.

Kot način vezave izberemo wsHttpBinding, ki ima že privzeto nastavljeno varovanje na ravni sporočila, komunikacija pa poteka preko protokola http kakor pove že ime. Prijavo s certifikatom dobimo z nastavitvijo `<message clientCredentialType="Certificate" />`.

Nastane naslednja konfiguracija WCF:

```
<bindings>
  <wsHttpBinding>
    <binding name="wsHttpEndpointBinding">
      <security>
        <message clientCredentialType="Certificate" />
      </security>
    </binding>
  </wsHttpBinding>
</bindings>
<services>
  <service behaviorConfiguration="ServiceBehavior" name="Service">
    <endpoint address="" binding="wsHttpBinding"
      bindingConfiguration="wsHttpEndpointBinding"
      name="wsHttpEndpoint" contract="IService">
    </endpoint>
    <endpoint address="mex" binding="mexHttpBinding"
      contract="IMetadataExchange" />
  </service>
</services>
```


6 ZAKLJUČEK

Cilj diplomske naloge je bil predstaviti prenos podatkov znotraj SPEV. Sistem je precej razvejan, s potencialno tisočimi sodelujočimi računalniki, ki si izmenjujejo podatke. V praksi sicer tako velike postavitev nismo preizkusili, zato pa zelo dobro deluje postavitev v Ljubljani z osem vključenimi polnilnimi postajami:

- šest na področju Ljubljane (na Slomškovi ulici, Cigaletovi ulici, Kotnikovi ulici, Koprski ulici in dve na Trubarjevi ulici),
- ena na Vrhniki in
- ena v Litiji.

Na teh postajah je mogoče z ustrežno prijavo tudi polniti in preko CVPI spremljati njihovo stanje, jih ustaviti in ponovno zagnati ali nadgraditi z novo programsko opremo.

Predstavili smo področje elektromobilnosti, tako zgodovino kot sedanost in napovedi kako bi se lahko razvijalo v prihodnosti. Opisali smo razloge za povečano zanimanje za EV in vzroke, ki nas vodijo do gradnje javnega omrežja polnilnih postaj za EV.

Pregledali smo elemente SPEV – pametne polnilne postaje, CVPI, spletne storitve informacijskega sistema DEVS in portal Polni.si, ki posreduje podatke končnim uporabnikom sistema. Predstavili smo prenos podatkov med njimi in utemeljili izbiro uporabljenih tehnologij.

6.1 Analiza rešitve

V splošnem se je izbira tehnologij izkazala kot dovolj dobra, čeprav smo med razvojem naleteli na nekaj težav, po končanem razvoju pa tudi opazimo nekatere možnosti izboljšav, ki bodo opisane v nadaljevanju.

Izbira tehnologij na polnilnih postajah – Windows CE in ogrodje .NET je pripomogla k hitremu razvoju. V nekaterih primerih pa se zdi hitrost izvajanja kode ogrodja .NET v Windows CE počasno, skoraj na mejah sprejemljivega. Smiselno bi bilo preveriti ali bi se podobna koda, napisana v jeziku C++ brez uporabe ogrodja .NET izvajala hitreje in ali bi bila razlika dovolj velika, da bi opravičevala prepis kode iz C# v C++. Največ dela pri takem prepisu bi izhajalo iz zamenjave razredov ogrodja .NET z lastnimi razredi, zunanji knjižnicami in klici Windows API.

V začetku projekta smo nameravali za shranjevanje podatkov na polnilnih postajah uporabiti SQL Server CE, a se je izkazalo da je za naše potrebe dovolj dobro (in hitrejše) če podatke hranimo kar v datotekah.

Imeli smo težave pri komunikaciji preko GPRS. Ideja je bila omogočiti postavitve polnilnih postaj tudi na področjih kjer investitor ne bi želel potegniti kabla do postaje. Dogajalo se je, da po vzpostavitvi TCP/IP povezave s strani CVPI do postaje nekaj časa ni prišlo nič podatkov, zato poizvedbe niso uspele. Težavo smo rešili s podaljšano dobo čakanja na podatke in kadar tudi to ni bilo dovolj s signalom za ponovno pošiljanje poizvedbe.

Kot smo že omenili je bil CVPI preizkušen z majhnim številom polnilnih postaj in v taki postavitvi ni bilo težav. Ker postaje shranijo vsako sporočilo, ki ni bilo uspešno poslano CVPI in ga poskusijo ponovno poslati kasneje, se sporočila tudi v primeru nedosegljivosti CVPI ne izgubijo. Vendar pa v času nedosegljivosti na žalost nihče ne more začeti polnjenja, ker prijava ni mogoča, zato bi bilo smiselno razmisliti o razdelitvi bremena na dva ali več strežnikov ter s tem poskrbeti za večjo razpoložljivost sistema.

Trenutno sta mogoča le dva načina prijave na polnilno postajo – s kartico RFID in sporočilom SMS. Upamo, da bodo nekoč začeli proizvajalci že v avtomobile vgrajevati elektroniko, ki bo omogočala avtomatično prijavo avtomobila na polnilno postajo.

V prihodnosti bi bilo tudi smiselno omogočiti CVPI, da postaji priporoči omejitve pri porabi energije v skladu s trenutnim stanjem na električnem omrežju. Seveda bi se ta priporočila uporabila le ob predhodni privolitvi uporabnika. Če bi npr. le-ta polnil avto pred službo in bi vedel, da ga naslednjih 8 ur ne bo potreboval, bi se lahko odločil za »zeleno« polnjenje pri katerem bi CVPI narekoval porabo energije, uporabnik pa bi zato dobil elektriko nekoliko ceneje. Še posebej je ta scenarij uporaben na velikih parkiriščih za električna vozila in pri domačih pametnih polnilnih postajah, ki bi jih imeli uporabniki lahko nameščene pred hišo ali v garaži.

7 VIRI IN LITERATURA

- [1] History of Electric Powered Motor Cars / Automobiles, dostopno na: <http://www.carhistory4u.com/the-last-100-years/electric-powered>
- [2] Smart Grids European Technology Platform, dostopno na: <http://www.smartgrids.eu/>
- [3] Nicholas Stern *Stern Review on the Economics of Climate Change*, UK Cabinet Office – HM Treasury, London 2006
- [4] Julia King *The King Review of low-carbon cars*, HM Treasury, London 2007
- [5] Web Services Glossary, dostopno na: <http://www.w3.org/TR/2004/NOTE-ws-gloss-20040211/>
- [6] WWW Consortium – Web Services Activity, dostopno na: <http://www.w3.org/2002/ws/>
- [7] Web Services Interoperability Organization, dostopno na: <http://www.ws-i.org/>
- [8] Microsoftove Windows Embedded strani, dostopno na: <http://www.microsoft.com/windowseembedded/en-us/develop/windows-embedded-compact-for-developers.aspx>
- [9] Chris Bowen, Richard Crane, Steve Resnick »Essential Windows Communication Foundation (WCF) for .NET Framework 3.5« , Addison-Wesley Professional, februar 2008
- [10] WCF Security Guidance, dostopno na: <http://wcfsecurity.codeplex.com/>