



دانشگاه مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش: کنترل

عنوان:

کنترل بلادرنگ شارژ و دشارژ وسایل نقلیه الکتریکی در شبکه هوشمند

استاد راهنما: دکتر ابوالفضل جلیلود

نگارش: محمدحسین کیانی

تابستان 1394

سپاسگزاری

خداوندا، سپاس ترا بر آنکه پرده تاریکی شب را به نور صبح شکافتی و ما را از روشنایی روز بهره

مند ساختی و به منافع روزی‌ها بینا فرمودی.

پروردگارا، علمی به من عطا کن که همراه با عمل باشد و تقوی و ورع و پارسایی ای به من

ببخش که با اعتدال همراه باشد.

از حمایت‌های بی دریغ جناب آقای دکتر ابوالفضل جلیلوند، استاد محترم راهنما و همهی کسانی

که در تهیه این پایان‌نامه مرا یاری نموده‌اند، صمیمانه سپاسگزارم.

فهرست مطالب

عنوان..... صفحه
پیش گفتار..... ۱

الگوریتم یادگیری تقویتی..... ۴
۲-۱- برنامه ریزی پویا..... ۶

۳-۱- الگوریتم یادگیری Q..... ۶

کنترل شبکه V2G..... ۹
۱-۲- فضای حالت..... ۹

۲-۲- فضای عمل..... ۱۰
۳-۲- دینامیک سیستم..... ۱۲

۴-۲- تابع مقدار..... ۱۳
2-5- کنترل بهینه V2G..... ۱۳

نتایج ارزیابی..... ۱۶
۱-۳- قیمت شبیه سازی شده..... ۱۶

مراجع..... ۲۸

چکیده

سیستم "وسایل نقلیه به شبکه" (V2G)¹ این امکان را فراهم می‌کند که انرژی از وسایل نقلیه

الکتریکی به شبکه انتقال پیدا کند. انرژی ذخیره شده موجود در وسایل نقلیه الکتریکی می‌تواند به شبکه

فروخته شود یا برای فراهم کردن خدمات تنظیم فرکانس به کار برده شود. بدین ترتیب یک الگوریتم

کنترلی در سیستم V2G برای انتخاب عمل بهینه (شارژ-دشارژ-خدمات تنظیم فرکانس) در هر ساعت

مورد نیاز است. این الگوریتم کنترلی زمانی که در قیمت انرژی در هر زمان عدم قطعیت وجود دارد

(قیمت به صورت دینامیک در هر ساعت مشخص می‌شود)، پیچیده تر است. در این پروژه یک مسأله

کنترل V2G در شرایط عدم قطعیت قیمت انرژی را بررسی می‌کنیم. ما برای قیمت انرژی یک مدل

زنجره مارکوف دو-حالته و همچنین چهار-حالته با احتمالات گذر نامعلوم در نظر می‌گیریم و مسأله را

به صورت یک فرآیند تصمیم‌گیری مارکوف فرمول‌بندی می‌کنیم. این مدل تخمینی ضمنی از سود

طولانی مدت وسیله نقلیه الکتریکی در شبکه بر حسب تأثیر قیمت انرژی در آینده و عمل کنترل کنونی

می‌دهد. الگوریتم یادگیری Q برای بیشینه کردن سود وسیله نقلیه الکتریکی در طول توقیفش در شبکه

می‌دهد. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که چگونه الگوریتم ارائه شده می‌تواند به صورت موثری در بازار انرژی

واقعی انرژی کار کند و سود وسیله نقلیه الکتریکی را در مقایسه با حالت غیر کنترل شده افزایش دهد.

1 Vehicle to grid

پیش گفتار

وسایل نقلیه الکتریکی در سال‌های اخیر مورد توجه و استفاده زیادی قرار گرفته‌اند. نسل‌های

امروزی وسایل نقلیه الکتریکی دارای باتری‌های با ظرفیت بالا و بازده مناسب در شارژ و دشارژ هستند.

زمانی که این وسایل نقلیه پارک هستند، انرژی ذخیره شده در آنها مانند منابع توزیع شده انرژی است که

مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. اگر سیستم شارژینگ وسایل نقلیه به گونه‌ای طراحی شود که وسایل نقلیه

بتوانند به صورت دو طرفه با شبکه ارتباط داشته باشند، از این منابع انرژی توزیع شده می‌توان در

کاربردهایی نظیر تنظیم ولتاژ شبکه استفاده کرد. چنین ساختاری، سیستم "وسایل نقلیه به شبکه"

(V2G)¹، نامیده می‌شود. در این حالت نیاز به یک سیستم کنترل برای تعیین اینکه وسایل نقلیه متصل به

شبکه در هر زمان باید در کدامیک از حالات شارژ یا دشارژ و یا حالت خدمات تنظیم فرکانس باشد،

مورد نیاز است.

در زمینه الگوریتم‌های کنترل V2G، تعداد کمی مقالات تا کنون ارائه شده‌اند. در روش ارائه شده

در [1] مسأله ماکسیمم کردن سود برای صاحبان وسایل نقلیه را با فروختن انرژی مازاد خودروی خود به

شبکه بررسی می‌شود. سود صاحبان نقلیه شامل مبلغ دریافتی از شبکه به ازای فروش توان به شبکه در

حالت دشارژ به منظور تنظیم پیک ولتاژ شبکه منهای هزینه توان دریافتی از شبکه در حالت شارژ است.

در این مقاله به منظور تنظیم پیک ولتاژ شبکه منهای هزینه توان دریافتی از شبکه در حالت شارژ یا

دشارژ باشد.

دشارژ باشد.

دشارژ باشد.

دشارژ باشد.

دشارژ باشد.

¹ Vehicle to grid

² particle swarm optimization

در [۲] روش برنامه‌ریزی دینامیک^۱ برای تعیین اینکه حالت کنترل بهینه برای هر وسیله نقلیه مورد استفاده قرار گرفته است. در هریک از این کارها فرض شده است که زمان خروج وسیله نقلیه از شبکه از پیش معلوم است. علاوه بر این نرخ هزینه ثابتی برای انرژی در نظر گرفته شده است. همچنین فرض شده که توان مصرفی شبکه بدون در نظر گرفتن سیستم V2G از قبل معلوم است.

این پروژه روشی برای کنترل بهینه شارژ و دشارژ وسیله الکتریکی متصل به یک شبکه هوشمند انرژی ارائه می‌کند. در این پروژه سعی بر آن است که روشی ارائه شود که برای شرایط بلادرنگ^۲ و با فرض اینکه که قیمت انرژی مصرفی در شبکه از قبل مشخص نیست، مناسب باشد. راه حل ارائه شده در

این پروژه استفاده از روش‌های یادگیری تقویتی^۳ در حالت عدم قطعیت^۴ برای بهینه‌سازی امید ریاضی سود صاحبان وسایل نقلیه می‌باشد.

در کنترل چنین سیستمی باید به این قیود توجه کرد که:

- ۱- نرخ شارژ و دشارژ باتری‌های الکتریکی مقدار مشخصی است و مقدار شارژ و دشارژی که انرژی‌های مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انرژی‌های مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان در نظر گرفته شده است.
- ۲- باتری وسایل نقلیه الکتریکی دارای ظرفیت ماکسیمم و مینیمم است و برای جلوگیری از آسیب انرژی‌های مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انرژی‌های مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان باید از شارژ کردن آن به مقدار بیشتر از ظرفیت ماکسیمم و رسیدن به شارژ کردن آن به مقدار کمتر از ظرفیت مینیمم آن خودداری کند.

¹ Dynamic programming

² Real-time

³ reinforcement learning

⁴ Uncertainty

۳- وسیله نقلیه الکتریکی به هنگام قطع اتصال خود از شبکه (برگشت به خانه) باید دارای یک

مقدار شارژ حداقل مشخصی باشد و نباید در آن زمان تمام انرژی آن تا ظرفیت مینیمم تخلیه

شده باشد.

در این پروژه در شرایط عدم قطعیت قیمت انرژی به مسأله کنترل V2G می‌پردازیم که هدف

ماکسیم کردن سود وسیله نقلیه الکتریکی در شبکه در طول زمان توقفش در شبکه می‌باشد. ما برای

قیمت انرژی یک مدل زنجیره مارکوف دو-حالته و همچنین چهار-حالته در نظر می‌گیریم و با استفاده از

الگوریتم آنالین یادگیری Q، عملکرد بهینه را در هر حالت جستجو می‌کنیم.

در فصل اول از این پروژه به معرفی یادگیری تقویتی و الگوریتم یادگیری Q می‌پردازیم. سپس در

فصل دوم مسأله کنترل V2G را فرمول بندی کرده و فضای حالات و عمل‌های سیستم را مشخص

می‌کنیم. در این فصل روند کنترل V2G را به صورت یک دستورالعمل از گام‌های مختلف ارائه می‌دهیم.

در پایان در فصل سوم به ارائه نتایج شبیه‌سازی در هر دو حالت قیمت‌های انرژی دو-حالته و چهار-

حالته و مقایسه روش خود با حالت بدون اعمال روش کنترلی می‌پردازیم. در این فصل همچنین تأثیران

تغییرات پارامترهای مختلف بر عملکرد روش ارائه شده بررسی می‌شود. در این فصل همچنین تأثیران

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

نتیجه گیری

در این پروژه ما مسأله کنترل V2G در شرایط عدم قطعیت قیمت انرژی مورد بررسی قرار دادیم.

این مسأله را به صورت یک فرآیند MDP گسسته فرمول بندی کردیم که در آن عدم قطعیت قیمت با

استفاده از یک زنجیره مارکوف با احتمالات گذر نامعلوم مدل می شود. سپس الگوریتم آنلین یادگیری Q

را برای حل مسأله به صورت تطبیقی و با استفاده از اطلاعات قیمت انرژی موجود، ارائه کردیم. الگوریتم

ارائه شده با الگوریتم های ارائه شده در مدل عدم قطعیت پیچیده در قیمت انرژی (که ناشی از

شرایط قیمت بلادرنگ است) متفاوت است. الگوریتم ارائه شده با استفاده از شبیه سازی قیمت با مدل

مارکوف دو-حالتی و چهار-حالتی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که روش ارائه شده به صورت

موفقیت آمیزی قادر به افزایش سود صاحبان وسایل نقلیه الکتریکی در شبکه می باشد.

مراجع

¹ S. Han, S. Han, and K. Sezaki, "Development of an optimal vehicle-to-grid aggregator for frequency regulation," *IEEE Trans. on Smart Grid*, vol. 1, no. 1, pp. 65–72, Jun. 2010.

² C. Hutson, G. K. Venayagamoorthy, and K. A. Corzine, "Intelligent scheduling of hybrid and electric vehicle storage capacity in a parking lot for profit maximization in grid power transactions," in *Proc. of IEEE Energy2030*, Atlanta, GA, Nov. 2008.

³ Shi, Wenbo, and Vincent WS Wong. "Real-time vehicle-to-grid control algorithm under price uncertainty." *Smart Grid Communications (SmartGridComm)*, 2011 IEEE International Conference on. IEEE, 2011.