

Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit stellt eine kundenorientierte Demand Response Architektur für die Erzeugung energetischer Flexibilität in Stadtquartieren vor. Die Architektur unterliegt einer zweistufigen Hierarchie und verbindet die Erzeuger mit den Nutzern von energetischer Flexibilität. Es werden wichtige Herausforderungen und Anforderungen an derartige Demand Response Architekturen diskutiert, auf deren Grundlage ein Demand Response Aggregator eine elektrische Fahrplanoptimierung für sein Kundenportfolio durchführt. Der Aggregator strebt einen Ausgleich zwischen elektrischer Last und Erzeugung auf Stadtquartiersebene an und stellt dabei Flexibilitätsdienste an externe Akteure bereit, beispielsweise für den Bilanzkreisverantwortlichen, den Übertragungsnetz- oder den Verteilnetzbetreiber. Die Koordinierung zwischen Aggregator und seinen Kunden beruht auf verteilten und dezentralen Optimierungskonzepten. Zu diesem Zweck adaptiert diese Arbeit den konvexen Alternating Direction Method of Multipliers Optimierungsalgorithmus, dessen Implementierung parallele Hardware-Architekturen, wie zum Beispiel Cluster-Computer und verteilte Computersysteme, unterstützt. Anhand verschiedener Fallstudien wird die Leistungsfähigkeit des Alternating Direction Method of Multipliers Algorithmus untersucht und mit einem zentralen Referenzalgorithmus verglichen. Es stellt sich heraus, dass der parallele Alternating Direction Method of Multipliers Algorithmus die Anforderungen an Demand Response Architekturen erfüllt. Weiterhin ermöglicht dieser Algorithmus eine Bereitstellung energetischer Flexibilität im gleichen Umfang wie es mit dem zentralen Referenzalgorithmus der Fall ist, jedoch weist ersterer verbesserte Laufzeit- und Speicherbedarf-Charakteristiken auf. Dies ist auch dann der Fall, wenn Kommunikationsnachrichten während des Optimierungsprozesses verloren gehen. Zusätzlich stellt diese Arbeit eine robuste Optimierungsstrategie eingebettet in einer modellprädikativen Regelung vor, um Systemunsicherheiten, wie zum Wetterveränderungen, entgegenzuwirken. Der Einfluss jener Unsicherheiten auf die robuste Fahrplanoptimierung wird anhand einer Monte-Carlo Analyse sowie einer stochastischen Unsicherheitsanalyse mittels Non-Intrusive Polynomial Chaos evaluiert. Es zeigt sich, dass die robuste Optimierung ein wertvolles Werkzeug für einen Demand Response Aggregator darstellt und dass eine Non-Intrusive Polynomial Chaos Analyse einer Monte-Carlo Analyse überlegen ist in Hinblick auf die erzielte Ergebnisgenauigkeit und die benötigte Simulationslaufzeit.

Stichwörter: Energetische Flexibilität, Demand Response, Verteilte Optimierung, Alternating Direction Method of Multipliers, Proximal Message Passing, Robuste Optimierung, Parallele Datenverarbeitung, Non-Intrusive Polynomial Chaos