

Baggern leicht gemacht

Queensland University of Technology setzt dSPACE Prototyper ein

Entwicklung einer Steuerung für Schürfkübelbagger

dSPACE DS1104 R&D Controller Board für die Optimierung des Arbeitstaktes

In australischen Kohleminen setzt man für die Kohleförderung im Tagebau so genannte Schürfkübelbagger ein. Schon der Auslegerarm dieser 100 Millionen Dollar teuren Giganten erreicht eine Länge von mehr als 100 Metern. Allein der Schürfkübel wiegt leer 40 Tonnen – beladen bis zu 120 Tonnen. Ein Produktivitätsanstieg dieser Maschinen von nur wenigen Prozent würde Australiens Erlöse aus der Kohleförderung um mehrere 100 Millionen Dollar jährlich erhöhen. An der Queensland University of Technology (QUT) wird dSPACE Prototyper eingesetzt, um den Arbeitstakt dieser Maschinen zu automatisieren.

Der Arbeitstakt

Ein typischer Schürfkübel fasst auf einen Schlag etwa 100 Tonnen, bevor der Bagger um 90 Grad schwenkt, den Schürfkübel leert und sich danach zurück zur Aushubstelle dreht. Dieser Zyklus wiederholt sich einmal pro Minute, 24 Stunden pro Tag, 365 Tage im Jahr. Es gibt mehrere Möglichkeiten zur Optimierung:

- Maximieren der Schürfkübelladung. Durch Vermeiden der beim Anheben des Schürfkübels entstehenden Schwingungen würde der Materialverlust reduziert.
- Optimieren der Bewegungsabläufe. Eine Bewegung des Schürfkübels immer entlang der Ideallinie würde den Arbeitstakt beschleunigen.
- Verkürzen der Ausfallzeiten. Durch die hohen dynamischen Belastungen des Baggers entstehen immer wieder Schäden. Ein optimierter Bewegungsablauf würde diese Reparaturzeiten reduzieren.

Durch die Automatisierung der Hebe-, Dreh-, Leerungs- und Rückkehrphasen – ihr Anteil macht 80 % der Gesamtzeit aus – könnte man den Schürfkübel stets entlang der Ideallinie bewegen. Dann könnte sich der Baggerführer auf den wohl schwierigsten Teil seiner Arbeit konzentrieren – das Füllen des Schürfkübels.

Der Schürfkübel – ein komplexes Pendel

Die Automatisierung der Schürfkübelbewegungen erfordert eine koordinierte Steuerung der Motorantriebe von Hebe-, Zieh- und Drehachse. Außerdem soll der Materialverlust durch ungewollte Schwingungen des Schürfkübels vermieden werden. Jede Phase des Arbeitstaktes erfordert eine andere Motorsteuerungsstrategie. Das Automatisierungssystem muss dabei für einen nahtlosen Übergang zwischen den verschiedenen Steuerungsmodi sorgen. Wir haben uns auf die Schürfkübelbewegung in der Ebene des Auslegerarms konzentriert. Das System aus Schürfkübel und Takelage verhält sich wie ein komplexes Pendel mit zahlreichen dynamischen Zuständen. Es wird dabei durch eine Reihe von Störfaktoren beeinflusst. Eine Frequenzganganalyse der Pendeldynamik von Schürfkübel und Takelage in der Ebene des Auslegerarms offenbart ein System mit mehreren exakt definierten Resonanzfrequenzen. Ein weiteres Problem ist die Nichtlinearität des Systems aus Schürfkübel und Takelage. Außerdem ändern sich mit der Schürfkübelposition auch die dynamischen Eigenschaften des Systems ständig.



◀ Ein typischer Schürfkübelbagger im Übertage-Kohleabbau. Die Experimente mit dSPACE Prototyper sollen den Arbeitstakt optimieren, um die Fördermenge zu erhöhen.



▲ Der Schürfkübel zum Erfassen des Abraumes: 40 Tonnen Leergewicht, 120 Tonnen mit Inhalt.

Ein Modell der realen Welt

Durch Modellieren, Simulieren und Analysieren konnten wir einen stabilen Regler entwickeln und im Labor auf ein Modell im Maßstab 1:20 implementieren.

Für die Datenübertragung vom Schürfkübel zum Regler haben wir ein robustes, batteriebetriebenes Sensorpaket mit niedrigem Stromverbrauch entwickelt, das für den Einsatz unter rauen Bedingungen ausgelegt ist. Mit Hilfe eines Gyroskops und eines Neigungsmessers überwacht das Sensorpaket Neigungswinkel und Rollwinkel des Schürfkübels sowie die entsprechenden Winkelgeschwindigkeiten mit einer Abtastrate von 20 Hz. Zudem interagiert es mit dSPACE Prototyper und mit den Wellendrehgebern der Gleichstrommotorantriebe.

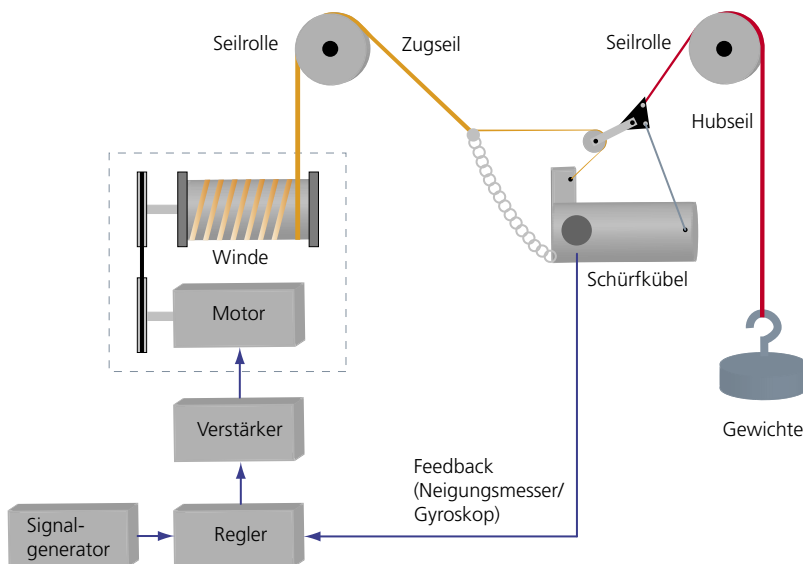
Damit an den Forschungen Studenten aller Semester teilnehmen konnten, musste die Hardware benutzerfreundlich und intuitiv sein. dSPACE Prototyper mit dem DS1104 R&D Controller Board in Kombination mit MATLAB®/Simulink® bildeten eine beeindruckende

Kombination. Mühsames Erstellen von Low-Level-Code entfiel, und so konnten wir uns auf die Entwicklung der Regelmechanismen konzentrieren.

Vom Experiment in die Realität

Nach den Experimenten mit dem Modell im Maßstab 1:20 ist der nächste Schritt die Übertragung der Regeltechnologie auf ein Modell im Maßstab 1:7, das auch eine Bewegung des Schürfkübels in allen drei Dimensionen zulässt. Für die Automatisierung der Bewegung werden wir mehr Eingänge benötigen, daher ist der Einsatz der dSPACE AutoBox geplant. Herzlich bedanken möchten wir uns bei dem Australian Coal Association Research Program „Grant C11043“, durch das unsere Forschungen umfassend unterstützt wurden.

*Dr. Peter Ridley
Queensland University of Technology
Australien*



◀ Der Aufbau des Modells im Maßstab 1:20. Ziel ist es, den Förderverlust durch Optimieren der Bewegungssteuerung zu minimieren. Ein Gyroskop und ein Neigungsmesser im Schürfkübel geben Rückmeldung an die Steuerung.