

Abstract

Fredrik Linnarsson 2010

## Wireless Sensor Networks in Loader Crane Applications

Advances in microelectronics and wireless communication technology provide new opportunities and solutions for many different application fields. A vast number of systems that have traditionally been wired and thereby limited by the cost and feasibility of wiring, are often able to be replaced by wireless solutions. These new opportunities bring many advantages, but also result in several new challenges and limitations, which require addressing by the network designer. These include aspects such as communication capacity, computation capacity, and energy resources.

The main cause of these challenges and limitations involves the batteries, which normally power the sensor devices in a wireless sensor network. Therefore, the key to a successful implementation and long network lifetime involves minimizing the power consumption in all sensor devices. To achieve this, it is important to obtain knowledge about the sensor requirements from the application. Since many systems have specific requirements, experiments play an important role. All devices in the network must further cooperate in both function and design. This includes both the physical design of the network and its devices, but also the communication strategy of the data transfers within the network.

This thesis covers the challenges and limitations that a technology shift will bring to an application. The example used is from the loader crane industry in which, wiring is the traditional method for the traditionally control systems, but where considerable advantages could be obtained through a wireless implementation of the current systems. Although a final solution has not yet been achieved, several suggestions and techniques are presented that can be used to face these challenges. In conjunction with simulations, that are able to visualize the advantages of the presented solutions, a discussion takes place throughout the thesis relating to the importance of addressing the challenges and limitations.

The focus of the thesis is the wireless communication protocol, and although the recommended solutions target loader cranes, the possibility exists to apply them to other industrial systems as well. An analysis of the IEEE 802.15.4 wireless communication standard proves that it may be utilized as a wireless protocol for current control systems, but will not be optimal from a power consumption viewpoint. The standard will also limit future extensions of the wireless sensor network. In addition, there is a presentation of a development platform, whose design provides a flexible tool for system developers to explore different system solutions experimentally. Furthermore, methods for determining the positions of a loader crane are also included.

Utvecklingen inom mikroelektronik och trådlösa kommunikationsmetoder ger idag nya möjligheter och nya förslag på lösningar inom olika applikationsområden. Många industriella system som tidigare av tradition varit trådbundna, och som hindrats av både kostnad och genomförbarhet kan idag ofta ersättas av trådlösa kommunikationslösningar. De nya möjligheterna ger många fördelar men medför också i normala fall många nya utmaningar och begränsningar, vilket innebär lägre

kommunikationskapacitet, lägre beräkningskapacitet och lägre energitillgång för sensorerna. Detta måste beaktas av systemdesignern av det trådlösa nätverket.

Orsaken till alla dessa utmaningar och begränsningar kommer i grunden från att sensorerna i ett trådlöst nätverk i de flesta fall använder batterier som energikälla. Nyckeln till en lyckad implementering och lång livslängd av nätverket blir därför att minimera energiförbrukningen i alla sensorer. För att uppnå detta är det viktigt att uppnå en förståelse för vilka krav som applikationen ställer på sensorerna. Eftersom många system har specifika krav så är experimentella test ett viktigt steg. Vidare måste alla delar i nätverket samverka i både funktion och design. Detta inkluderar både den fysiska designen av nätverket och dess sensorer, men också vilken strategi som ska användas för dataöverföringen inom nätverket.

Denna avhandling behandlar de utmaningar och begränsningar som ett teknikskifte kommer att innebära. Som exempel används styckegodskranar som av tradition använder trådbunden kommunikation men där en trådlös implementering av nuvarande styrsystem skulle innebära stora fördelar. Trots att en slutgiltig lösning inte ges för dessa utmaningar, presenteras olika förslag till lösningar och tekniker som kan användas för att möta dessa. Tillsammans med simuleringar som visar fördelarna med de presenterade lösningarna, förs en diskussion genom hela avhandlingen om vikten av att adressera dessa utmaningar och begränsningar.

Fokus i avhandlingen ligger på det trådlösa kommunikationsprotokollet, och även om de rekommenderade lösningarna riktar sig till styckegodskranar, kan de också appliceras på andra industriella system. En analys av den trådlösa kommunikationsstandarden IEEE 802.15.4, visar att standarden kan användas för ett teknikskifte av styrsystemet i nuvarande design, men att en sådan implementering inte skulle vara optimal ur energisynpunkt, samt att den begränsar vidare utbyggnad av det trådlösa sensornätverket. Vidare presenteras en utvecklingsplattform som med sin design är ett flexibelt verktyg för systemutvecklare att utforska olika systemlösningar experimentellt. Metoder för att bestämma styckegodskranars position presenteras också.