

Wireless Sensor Networks in Energy Constrained Environments

In recent decades, technology opened the path to device miniaturization and specialization, which enabled the presence of an ever increasing number of embedded computing systems which interact, enhance and blend into a person's everyday life. This thesis presents research in the field of Proactive Computing and Wireless Sensor Networks with contributions in energy harvesting, energy efficiency and autonomy, task scheduling algorithms and monitoring of sensor networks, culminating with the development of a framework for sensor network management.

Wireless Sensor Networks are subjected to severe constraints which are typically application-dependent. Constraints usually fall in, but are not restricted to, categories such as size, number of nodes, energy availability and processing capabilities. However, the prevailing constraint in almost all sensor network applications is network autonomy, that is, the network should be able to organize, manage and repair itself with minimum or no need for human intervention.

The goal of this thesis is to design highly energy and spectrum efficient mechanisms and protocols to capture and actuate the context information. The research focuses on enabling Wireless Sensor Nodes to achieve energy independence by harvesting and efficiently using energy from the environment.

Optimisation techniques found in this thesis are not confined only to software frameworks and algorithms. A study of hardware techniques in lowering power consumption has also been made with emphasis on implementing smart power management algorithms and circuits at sensor node level.

Also, research has been made in the direction of energy harvesting systems by studying four of the most promising harvesting sources and adapting such circuitry to a wireless sensor node in order to prolong its lifetime, in some cases indefinitely.

The greatest contribution of this thesis is the development of a sensor network management framework which offers monitoring and actuation facilities for heterogeneous Wireless Sensor Network islands across different organizations. The suite solves issues that plague all modern sensor networks such as monitoring of different parameters, task allocation and energy profiling by implementing task scheduling algorithms based on multi-hop routing schemes and by supplying a flexible monitoring infrastructure that can be easily configured and adapted for any existing sensor network infrastructure.

Rețele wireless de senzori în medii cu constrângeri de energie

Importanța tot mai mare de contextualizării informației a determinat apariția unei suite întregi de aplicații inteligente care facilitează integrarea lumii digitale în cea fizică. Micșorarea consumului de energie, în special, devine un subiect tot mai important în viețile noastre.

Rețelele de senzori wireless sunt supuse unor constrângeri severe, care sunt de obicei dependente de aplicațiile ce rulează pe acestea. Restricțiile sunt date de obicei de dimensiune, număr de noduri, disponibilitatea unei surse de energie și capabilități de procesare. Cu toate acestea, o constrângere care prevalează în aproape toate aplicațiile ce folosesc rețele de senzori este autonomia rețelei, ceea ce se definește prin capabilitatea acesteia de-a se auto-organiza, gestiona și repara, fără a fi nevoie de intervenția umană.

Scopul acestei teze constituie proiectarea unor mecanisme eficiente de adunare și procesare a informației contextuale. Activitatea de cercetare descrisă în această teză se axează pe descoperirea unor mecanisme prin care rețelele wireless de senzori pot atinge independența energetică prin captarea și utilizarea eficientă a energiei regenerabile din mediul înconjurător.

Tehnicile de optimizare prezentate în această teză nu se limitează numai la aplicații software și algoritmi. Este prezentat, de asemenea, un studiu al tehnicilor de hardware de scădere a consumului de energie în care se pune accent pe implementarea unor algoritmi inteligenți de gestionare a energiei și a circuitelor electronice întâlnite la nivelul unui nod senzorial

De asemenea, cercetarea a fost făcută în direcția sistemelor de recoltare de energie sau energy harvesting prin studierea celor mai promițătoare surse de energie regenerabilă și de adaptare a circuitelor care captează această energie la un nod de senzori wireless. Scopul acestui demers este acela de-a prelungi durata de funcționare a nodului, în unele cazuri o perioadă nedeterminată.

Cea mai mare contribuție a acestei teze este dezvoltarea unui framework de gestionare a rețelelor de senzori wireless care oferă facilități de monitorizare și de acționare pentru insule formate din rețele eterogene de senzori wireless. Suita rezolvă problemele care afectează toate rețelele moderne de senzori, cum ar fi monitorizarea de diferiți parametri, alocarea task-urilor și a profilurilor de energie prin furnizarea unei infrastructuri flexibile de monitorizare, care este ușor de configurat și adaptat pentru orice infrastructură nouă sau existentă de rețea de senzori.