

Preface

The use of ambient energy systems (AES) for indoor applications is often limited to products of low power (microwatts, μW). This book defends the case that, under certain conditions, AES based on photovoltaic solar cells may be used for higher-power devices (mW rating). Such devices, which will soon be available [43], would allow fully autonomous sensor nodes which have a number of advantages. One is that wiring, which may otherwise be the most expensive element of a sensor network installation, could be avoided. In the case of battery-powered sensor networks, battery maintenance could be reduced.

The motivation for the book is both financial and ecological, as two examples for the United States show: it has been estimated that a source energy saving of \$US 55 billion per annum, or the equivalent of 35 million metric tonnes of carbon emissions, could be made by using AES sensors in buildings as a matter of course [235]. Another example supports the case that using AES to extend battery life would reduce toxic waste as batteries represent 'less than one per cent of total municipal solid waste generated' but 'account for nearly two-thirds of the lead, ninety percent of the mercury, and over half of the cadmium found in the waste' [150]. A further motivation is the trend towards more energy efficient and comfortable buildings reflected in the Swiss Minergie standard [3]; the latter would be furthered by the use of building sensors.

The main avenues of this engineering design research are:

- power management: ensuring that the application and AES consume minimal energy;
- characterising the influence of the environment on the ambient energy available;
- technological selection: with respect to the efficiency of conversion of ambient energy into charge and the storage of this charge;
- design methodologies that should be applied during all design process phases.

Following these avenues, the case of solar (photovoltaic) cells is considered. The main contributions are:

- (a) two forms of a phenomenological model of solar cell response under indoor radiant energy conditions;
- (b) the validation of (a) with extensive experimental results which are necessary to the engineering designer but were hitherto unavailable;
- (c) a model of the service efficiency of AES with respect to charge storage capacity;

- (d) a characterisation of the radiant energy collected by indoor solar cells;
- (e) a range of design guidelines and heuristics that complement existing product design methodologies for indoor AES.

Overall, this book identifies the technological barriers that at present hinder the further use of ambient energy sources. The results obtained, however, prove that solutions can be found by following the proposed design guidelines; hence further achievements can be expected.

Préface

L'usage de systèmes d'alimentation utilisant l'énergie ambiante (SAES) pour des applications d'intérieur se limite souvent aux produits de basse puissance (microwatts, mW). Ce travail défend la thèse que, sous certaines conditions, les SAES basés sur des photopiles (solaires) pourraient être employés pour des dispositifs de puissance plus élevée (milliWatt, mW). De tels dispositifs, qui seront bientôt disponibles [43], permettraient, par exemple, la mise sur pied de réseaux de capteurs entièrement autonomes, évitant ainsi le câblage, qui est souvent l'élément le plus cher de telles installations. Dans le cas de réseaux de capteurs alimentés par des batteries, c'est la maintenance de ces dernières qui s'en trouverait réduite.

Ce livre est motivé par des considérations tant économiques qu'écologiques, comme l'illustrent deux exemples provenant des États-Unis. Dans le premier exemple [235], il est estimé qu'une réduction de la consommation d'énergie équivalente à 55 milliards US\$ par année, c'est-à-dire l'équivalent de 35 millions de tonnes d'émissions à base de carbone, serait envisageable en utilisant systématiquement des capteurs SAES dans les bâtiments. Le deuxième exemple [150] démontre que l'augmentation de la durée de vie des batteries qu'apporterait l'usage des SAES réduirait sensiblement la quantité de certains déchets toxiques. En effet, bien que les piles ne représentent que moins d'un pour-cent des déchets solides municipaux, elles représentent à elles seules presque les deux-tiers du plomb, les quatre-vingt-dix pour cent du mercure, et plus de la moitié du cadmium trouvé dans les déchets. Une motivation supplémentaire est la tendance vers des bâtiments plus confortables qui se reflète dans la norme suisse Minergie [3]; le succès de ce dernier pourrait-être amélioré en utilisant des capteurs.

Les principaux axes de cette recherche sont:

- la gestion de la puissance: visant à assurer une consommation minuscule d'énergie.
- la caractérisation de l'influence de l'environnement sur l'énergie ambiante disponible.
- le choix des technologies en tenant compte du rendement de la conversion de l'énergie ambiante en charge ainsi que des performances du stockage de charge.
- des méthodologies qui s'appliquent à toutes les phases de la conception.

L'étude des cellules (photovoltaïques) solaires selon cette approche (d'axes) a donné les principales contributions suivantes:

- (a) deux formes d'un modèle phénoménologique de la réponse à l'énergie radiative de photopiles à l'intérieur de bâtiments.
- (b) la validation de a) par d'amples résultats expérimentaux, indispensables à la conception d'équipements SAES mais qui n'étaient jusqu'à présent pas disponibles
- (c) un modèle du taux de service du SAES en fonction de la capacité de stockage de charge

- (d) une caractérisation de l'énergie radiative captée par les photopiles solaires à l'intérieur de bâtiment.
- (e) une gamme de directives et d'heuristiques de conception de SAES, qui fournissent un complément aux méthodologies existantes.

De façon générale, ce livre identifie les barrières technologiques qui entravent actuellement l'utilisation des sources d'énergies ambiantes. Les résultats obtenus prouvent toutefois que des solutions existent si on suit les directives de conception proposées; il en découle que de futures réalisations seront bientôt sur le marché.

