

WiseNET®: un réseau de communication sans fil entre capteurs distribués

Autor(en): **Enz, Christian**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Ingénieurs et architectes suisses**

Band (Jahr): **127 (2001)**

Heft 04

PDF erstellt am: **06.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-80022>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

WiseNET® : un réseau de communication sans fil entre capteurs distribués

(SYSTEMES DE COMMUNICATION)

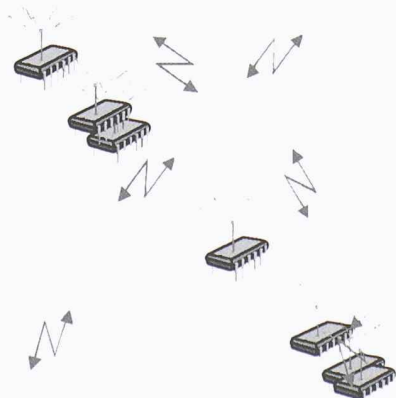
Les capteurs s'affranchissent du câble

Une technologie permettant la communication sans fil entre différents capteurs miniaturisés (micro-capteurs) et distribués dans l'espace est en train de voir le jour [1]¹. Elle devrait ouvrir la porte à toute une série de nouvelles applications permettant de détecter, surveiller et/ou contrôler différentes grandeurs physiques de notre environnement, sans nécessité d'implanter une infrastructure lourde. Ces promesses s'appuient sur les récents progrès enregistrés dans le domaine des capteurs miniaturisés et dans celui de l'électronique intégrée à très basse consommation, des avancées qui permettent d'intégrer toutes les fonctions nécessaires à l'extraction de l'information utile et à sa transmission par une liaison radio.

Un ensemble de micro-capteurs distribués forme un réseau maillé, où chaque nœud représente un microsystème comprenant un ou plusieurs micro-capteurs, l'électronique de traitement et de communication de l'information, ainsi qu'une antenne. Un tel réseau est représenté schématiquement à la figure 1, où chaque nœud est symbolisé par un circuit intégré chapeauté par une antenne. Comme exemples d'applications, on peut citer:

- à l'échelle d'un pays: la surveillance de variables environnementales, telles que la qualité de l'eau et de l'air, la surveillance des forêts pour la détection rapide d'incendies, le monitoring de paramètres liés à l'agriculture, etc.
- à l'échelle d'une ville: le contrôle de la circulation et des transports, la sécurité, la surveillance, etc.

¹ Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.

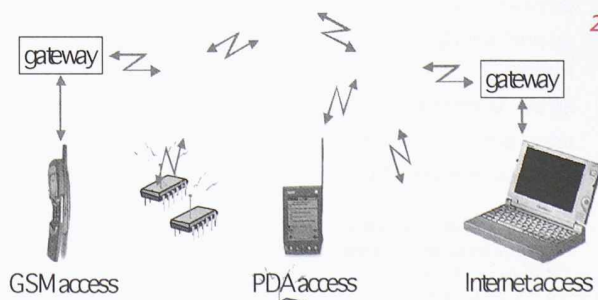


- à l'échelle d'un bâtiment: la surveillance et l'optimisation de l'utilisation d'énergie (éclairage et chauffage), la sécurité, la mesure de consommations diverses, l'intégration de différents réseaux, le relevé automatique de compteurs, etc.
- dans une entreprise: le suivi de la fabrication, le contrôle de qualité, la maintenance des équipements, etc.
- dans le domaine médical: le suivi des patients en clinique et en ambulatoire, le suivi de personnes seules, etc.

Actif depuis de nombreuses années dans le domaine des capteurs, des microsystèmes et des circuits intégrés à très basse consommation, le Centre suisse d'électronique et de microtechnique (CSEM) a récemment lancé un nouveau projet appelé WiseNET® (pour «Wireless Sensor Networks»), afin de mettre au point de tels réseaux. L'objectif général du projet est de développer l'architecture et les circuits intégrés eux-mêmes nécessaires à ce type de réalisation. Les principales spécifications en sont:

- la communication de données sans fil, par liaison radio-fréquence sur une courte distance (typiquement moins de dix mètres à l'intérieur des bâtiments et environ cent mètres à l'extérieur),
- de faibles débits d'information (typiquement inférieurs à 100 000 bits par seconde),
- des unités miniaturisées et énergiquement autonomes.

Afin d'assurer au système une durée de vie de plusieurs années sans remplacement de batteries, la consommation électrique doit être aussi faible que possible, ce qui entraîne des contraintes importantes, aussi bien pour les circuits électroniques que pour le mode de fonctionnement du réseau et les protocoles utilisés. En voici un aperçu.



Architecture et fonctionnement du réseau WiseNET®

WiseNET® est un exemple de réseau de communication *ad hoc* (auto-organisé sans infrastructure centralisée). La différence majeure par rapport aux réseaux de type «terminodes» décrits dans l'article précédent réside dans la fixité des nœuds. Par contre, la topologie de WiseNET® est dynamique: des micro-capteurs doivent en effet pouvoir être ajoutés et immédiatement reconnus par les autres nœuds comme membres actifs du réseau. De plus, chaque micro-système étant alimenté par une pile, la décharge de celle-ci amène la disparition de certains nœuds.

La circulation de l'information au sein de WiseNET® se fait un peu comme dans le réseau Internet. Chaque nœud peut communiquer de façon bi-directionnelle avec ses voisins les plus proches, mais pour atteindre des destinataires plus éloignés, les messages doivent être acheminés par l'intermédiaire d'autres nœuds, qui fonctionnent alors uniquement comme des relais. Ce routage est optimisé afin de réduire la consommation d'énergie nécessaire à transmettre l'information de la source au destinataire. L'algorithme de routage doit en outre tenir compte de la qualité du canal de communication existant entre chaque nœud, en particulier des réflexions et de l'atténuation du signal radio introduit par des meubles, des murs, ou autres obstacles.

Les informations captées par chaque micro-système doivent pouvoir être accessibles aussi bien depuis chaque nœud constituant le réseau que depuis l'extérieur. Le réseau doit donc pouvoir communiquer avec des réseaux déjà existants tels que le réseau GSM ou Internet par le biais de passerelles («gateways») (fig. 2). L'utilisateur peut ainsi accéder aux données générées par chaque capteur et gérer le réseau à distance. Il peut également vérifier l'état de fonctionnement de chaque micro-système (notamment le niveau des piles) et programmer ses paramètres, tels que par exemple le seuil de sensibilité correspondant au déclenchement d'un certain processus. Dans le cas des applications domotiques, on peut imaginer pouvoir contrôler les températures des chambres, l'état des lampes, le fonctionnement de la chaudière ou de tout autre système, à distance depuis son lieu de vacances en se connectant à WiseNET® par Internet.

Les aspects liés au réseau WiseNET® sont développés en étroite collaboration avec le Département des systèmes de communication de l'EPFL, tandis que le CSEM se concentre plus particulièrement sur la conception des éléments qui en constituent les nœuds. Ceux-ci sont détaillés ci-dessous.

Architecture et fonctionnement d'un nœud WiseNET®

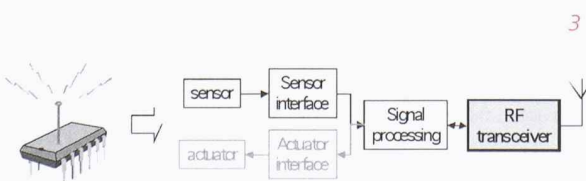
Un nœud du réseau WiseNET® englobe les éléments suivants (fig. 3):

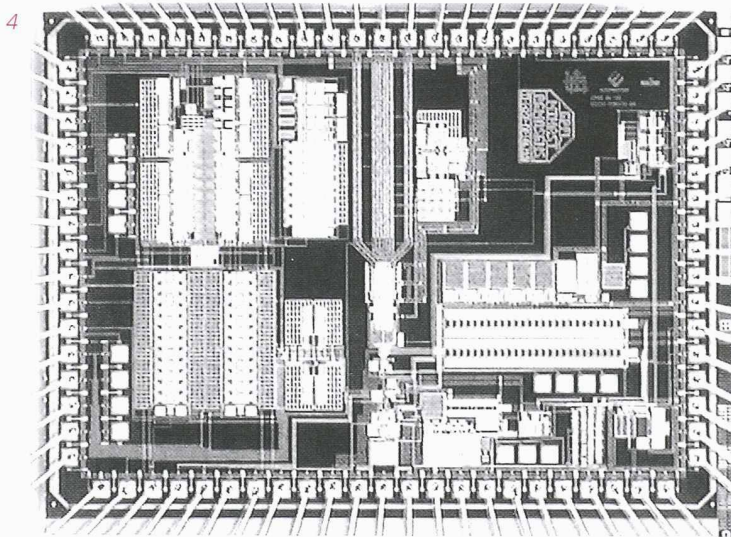
- un ou plusieurs capteurs miniaturisés enregistrant la température, l'humidité, la pression, le débit ou tout autre variable,
- une électronique d'interface spécifique à ce capteur,
- un système de traitement local du signal issu du capteur pour en extraire l'information utile,
- une radio pour transmettre l'information,
- une antenne,
- une pile.

Les blocs d'interface, de traitement du signal, ainsi que l'émetteur-récepteur sont insérés sur un même circuit intégré formant ainsi un véritable système sur une puce électronique (ou SoC – «System-on-Chip»). Il est important de pouvoir traiter sur place le signal issu du capteur pour en extraire l'information cherchée, afin de réduire le débit d'information circulant dans le réseau et diminuer ainsi la consommation de puissance. Par exemple, dans le cas d'un système de reconnaissance optique de personnes ou d'objets, plutôt que de transmettre toute l'image vers un ordinateur qui effectuerait la reconnaissance à distance, le système de traitement local doit être capable d'effectuer cette reconnaissance *in situ*, afin de ne transmettre que le résultat, à savoir le numéro d'identification de l'objet ou de la personne [2]. Bien entendu, cette approche n'est possible que si le circuit de traitement et de reconnaissance ne consomme que peu d'énergie. Le CSEM travaille depuis plusieurs années sur des systèmes de vision intelligents qui s'appuient sur l'état actuel des connaissances des modes de vision et de reconnaissance biologiques. Cette approche permet d'obtenir d'excellents résultats tout en maintenant une très faible consommation.

La radio intégrée

Un des éléments clés d'un tel micro-système est la radio intégrée. Les composants que l'on trouve actuellement sur le marché sont loin d'offrir les performances requises pour le réseau WiseNET®. En particulier, la consommation électrique et le prix sont encore beaucoup trop élevés. Or sans radio intégrée, le projet WiseNET® ne pourra être réalisé. C'est





pourquoi la première priorité du CSEM est le développement d'une telle radio à très faible consommation.

Afin de réduire les coûts de fabrication tout en assurant les performances, le dispositif sera intégré dans une technologie avancée, dépourvue de composants analogiques spécifiques, comme celle qui est appliquée à la fabrication des puces de microprocesseurs (technologie CMOS standard).

Une étude de faisabilité portant sur l'implémentation d'une telle radio dans une technologie CMOS a été entreprise dans le cadre du projet REMOSENS du programme de recherche MINAST. Ces travaux ont abouti au circuit intégré présenté à la figure 4. Ce circuit émetteur-récepteur fonctionne avec une tension d'alimentation aussi faible que 1 V, ce qui correspond à la tension en fin de vie d'une pile de 1,5 V [3, 4]. La radio fonctionne dans la bande de fréquence ISM² (dévolue à l'instrumentation scientifique et médicale) autour de 434 MHz. Sous 1 V d'alimentation et avec un débit de 20 000 bits par seconde, elle ne consomme que 1 mW en mode réception, ce qui est approximativement dix fois moins que ce que l'on trouve actuellement sur le marché des composants [5]. La validité de cette approche ayant été démontrée, le CSEM est en train de concevoir une nouvelle radio pour des bandes de fréquences plus élevées (868 MHz, 915 MHz et 2,4 GHz) dans des technologies CMOS encore plus avancées (typiquement 0,18 µm).

Un des éléments clé d'une radio à faible consommation est le circuit de synthèse de fréquence, qui génère la porteuse à la fréquence désirée. Un tel circuit fait appel à un résonateur,

comme l'oscillateur d'une montre exploite la résonance du quartz. En haute fréquence, les circuits résonants réalisés sur la puce de silicium présentent malheureusement des pertes électriques importantes, qui se traduisent inévitablement par une augmentation de la consommation. Une nouvelle technologie est donc en voie de développement, en collaboration avec le Centre de microtechnologie (CMI) et le Laboratoire de céramique (LC) de l'EPFL, pour produire des résonateurs très peu affectés par des pertes en haute fréquence et pouvant être intégrés directement sur la puce [6]. Ces résonateurs sont basés sur des éléments piézo-électriques similaires au quartz, utilisés à plus basse fréquence dans les montres.

L'auto-organisation à portée des scientifiques

Les réseaux de communication sans fil sont actuellement en plein essor. Quant aux réseaux *ad hoc*, qui ont initialement été développés pour les militaires, ils trouvent de plus en plus d'applications dans le domaine civil. Dans ce contexte, le CSEM, en collaboration avec l'EPFL, développe dans le cadre de son projet *WiseNET*® un réseau *ad hoc* particulier destiné à la communication sans fil par liaisons radio fréquence entre des micro-capteurs distribués. Parmi les nombreuses applications, on peut citer toutes celles liées à la gestion, au contrôle et à la surveillance des bâtiments. Le réseau *WiseNET*® offre une mise en œuvre aisée et peu coûteuse par rapport à un réseau traditionnel câblé. Cela permet la connexion d'un grand nombre de micro-capteurs communiquant entre eux et avec l'extérieur sans supervision centralisée. Cette redondance de micro-capteurs, combinée à l'auto-organisation du réseau, offre une robustesse de fonctionnement et une flexibilité accrue pour un faible coût.

Bibliographie

- [1] G. ASADA, M. DONG, T. S. LIN, F. NEWBERG, G. POTTIE and W. KAISER: «Wireless Integrated Network Sensors: Low-Power Systems on a Chip», Proc. of the European Solid-State Circuits Conf., Sept. 1998
- [2] P. MASA, P. HEIM, E. FRANZI et al., Proc. of the IEEE Int. Solid-State Circuit Conf., pp. 202-203, Feb. 1999
- [3] A.-S. PORRET, T. MELLY, D. PYTHON, C. C. ENZ and E. A. VITTOZ: «A 1V, 1mW, 434 MHz FSK Receiver Fully Integrated in a Standard Digital CMOS Process», Proc. Custom Integrated Circuits Conf., pp. 171-174, May 2000
- [4] T. MELLY, A.-S. PORRET, C. C. ENZ and E. A. VITTOZ: «A 1.2V, 433MHz, 10dBm, 38% Global Efficiency FSK Transmitter Integrated in a Standard Digital CMOS Process», Proc. Custom Integrated Circuits Conf., pp. 179-182, May 2000
- [5] T. MELLY: «Conception d'un émetteur-récepteur à faible consommation intégré en technologie CMOS», thèse N°2231, EPFL, 2000
- [6] M.-A. DUBOIS: «Aluminium Nitride and Lead Zirconate-Titanate Thin Films for Ultrasonic Applications: Integration, Properties and Devices», thèse N°2086, EPFL, 1999

² Les bandes de fréquence ISM ont l'avantage de ne pas être soumises à l'acquisition de licences.