

**Zeitschrift:** Bulletin Electrosuisse  
**Herausgeber:** Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik  
**Band:** 95 (2004)  
**Heft:** 19

**Artikel:** Ubiquitous Computing : schlaue Alltagsgegenstände  
**Autor:** Mattern, Friedemann  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-857985>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 17.05.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Ubiquitous Computing: Schlaue Alltagsgegenstände

## Die Vision von der Informatisierung des Alltags

Computer werden nicht nur immer kleiner, billiger und leistungsfähiger, sie verstecken sich auch zunehmend in Alltagsobjekten. Die kommende Welt des Ubiquitous<sup>1)</sup> Computing wird eine Welt der Paradoxe, eine Welt, in der der Computer scheinbar verschwindet, aber gleichzeitig doch überall ist und sogar in viele gewöhnliche Gegenstände eindringt. Die Auswirkungen einer umfassenden Informatisierung der Welt, in der «smarte» Dinge das Internet nutzen und zahllose, kleinste Sensoren ihre Umgebung beobachten, lassen sich nur erahnen.

Seit mehreren Jahrzehnten verdoppelt sich die Rechengeschwindigkeit typischer Prozessoren alle 18 bis 24 Monate. Eine ähnlich hohe Leistungssteigerung lässt sich auch für einige andere Techno-

*Friedemann Mattern*

logieparameter wie die Speicherkapazität oder die Kommunikationsbandbreite beobachten. Experten erwarten, dass dieser Trend noch viele Jahre anhält, was dazu führt, dass Computer in Zukunft noch kleiner und preiswerter und damit quasi allgegenwärtig, ubiquitär, werden.

Die Konsequenzen dieser Entwicklung hat Mark Weiser, seinerzeit leitender

Wissenschaftler am Xerox-Forschungszentrum im Silicon Valley, schon Anfang der 90er-Jahre erkannt und in seinem visionären Artikel «The Computer for the 21st Century» [1] beschrieben. Weiser prägte den Begriff «Ubiquitous Computing» und propagierte den allgegenwärtigen Computer, der unsichtbar und unaufdringlich den Menschen bei seinen Tätigkeiten unterstützt und ihn von lästigen Routineaufgaben befreit. Idealerweise sollte der Computer als sichtbares Gerät sogar ganz verschwinden, dessen informationsverarbeitende Funktionalität im Sinne einer elektronischen Hintergrundassistenten aber überall verfügbar sein.

Während Weiser den Terminus «Ubiquitous Computing» eher in akademisch-idealistischer Weise als eine unaufdringliche, humanzentrierte Technikvision verstand, die sich erst in der fernen Zukunft realisieren lässt, hat die Industrie dafür inzwischen den Begriff «Pervasive Computing» mit einer leicht unterschiedlichen Akzentuierung geprägt: Auch hier geht es um die überall eindringende und omni-

präsen Informationstechnologie, allerdings mit dem primären Ziel, diese schon kurzfristig im Rahmen von Mobile-Commerce-Szenarien und Web-basierten Geschäftsprozessen nutzbar zu machen. Die Perspektiven des Pervasive Computing wurden vom damaligen IBM-Chairman Lou Gerstner so beschrieben: «A billion people interacting with a million e-businesses through a trillion interconnected intelligent devices.»

### Das Internet der Dinge

Plakativ ausgedrückt besteht der Anspruch des Ubiquitous Computing darin, möglichst viele Gegenstände der Welt zu «informatisieren» und miteinander zu vernetzen. Tatsächlich steckt im dynamischen Fortschritt der Kommunikationstechnik ein enormes Potenzial, das die Möglichkeiten der Vernetzung ständig erweitert. Das Internet wird bald – so die Erwartungen – nicht mehr nur für den Transport von E-Mails und Web-Daten, sondern vorwiegend für die Kommunikation von Ding zu Ding verwendet werden – «humans out of the loop» lautet hier die Devise.

Neu aufkommende Standards und Infrastrukturdienste, die Web-Informationen maschinenlesbar machen, wie beispielsweise XML, Web-Services und das Semantic Web<sup>2)</sup>, sind erste Anzeichen für das kommende Internet der Dinge. Vor allem aber werden in Alltagsgegenstände eingebettete Prozessoren und Sensoren zusammen mit der drahtlosen Kommunikation (wie etwa ZigBee) dafür sorgen, dass viele Alltagsdinge miteinander kommunizieren und zum Beispiel ihren Aufenthaltsort oder Sensorwerte mitteilen. Neil Gershenfeld vom Media Lab des MIT drückte diese Erwartung einmal folgendermaßen aus [2]: «Es kommt mir so vor, als sei das rasante Wachstum des WWW nur der Zündfunke einer viel gewaltigeren Explosion gewesen. Sie wird losbrechen, sobald die Dinge das Internet nutzen.»

### Technische Grundlagen

Neben den Entwicklungen im Bereich der drahtlosen Kommunikation tragen



Bild 1 RFID-Labels ersetzen den Strichcode

RFID-Labels übertragen Informationen drahtlos, wenn sie entsprechend angeregt werden. Es gibt sie auch schon aus leitenden Polymeren statt Silizium. Auf eine Folie aufgetragen, bleiben sie elastisch.



**Bild 2 Winzige Prozessoren**

Dieser RFID-Mikrochip von Hitachi ist nur 0,4 x 0,4 mm gross. Solche Mikrochips lassen sich in beliebigen Alltagsgegenständen unterbringen.

auch andere Faktoren zur Realisierung der Ubiquitous-Computing-Vision bei. Wesentlich ist der anhaltende Fortschritt der Mikroelektronik. Dieser dürfte dazu führen, dass kleinste, spontan und drahtlos miteinander kommunizierende Prozessoren fast im Überfluss vorhanden sein werden. Mit der absehbaren Überschwemmung der Welt durch Rechenleistung wird ein Paradigmenwechsel in der Computeranwendung eingeläutet: Prozessoren, Speicherbausteine und Sensoren werden auf Grund ihrer geringen Grösse, ihres minimalen Energiebedarfs und fast vernachlässigbaren Preises in viele Alltagsgeräte eingebaut und verleihen diesen ein «smartes» Verhalten. Das heisst, dass sie ihr Verhalten der jeweiligen Situation anpassen. Damit dringt die Informationsverarbeitung, gekoppelt mit der Kommunikationsfähigkeit, fast überall ein, auch in Dinge, die zumindest auf den ersten Blick keine elektrischen Geräte darstellen.

Neue Erkenntnisse der Materialwissenschaften spielen ebenfalls eine wich-

tige Rolle. Es sieht beispielsweise so aus, als ob Polymere in Zukunft Dinge ermöglichen, die man ihnen früher nie zgetraut hätte. Als Konsequenz davon könnten Komponenten von Computern bald recht ungewöhnliche Formen annehmen – ein Beispiel dafür stellen Displays aus so genannter elektronischer Tinte dar. Dabei schwimmen, vereinfacht ausgedrückt, elektrisch unterschiedlich geladene weisse und schwarze Farbpartikel innerhalb von submillimetergrossen Kapseln. Diese miniaturisierten Kapseln werden auf eine dünne, flexible Substratfolie aufgetragen. Legt man eine positive oder negative Spannung an, fliessen an dieser Stelle entweder die weissen oder die schwarzen Farbpigmente nach oben und erzeugen einen kleinen Punkt in der entsprechenden Farbe. Auf diese Weise kann auf die Folie, die sich anfühlen sollte wie Papier, etwas geschrieben und später wieder gelöscht werden. Prototypen haben zwar noch diverse Mängel hinsichtlich Flexibilität, Haltbarkeit, Pixelgrösse oder Preis, allerdings kann die Bedeutung für die Praxis, wenn irgendwann einmal Papier quasi zum Computer mutiert oder umgekehrt der Computer sich als Papier materialisiert, kaum hoch genug eingeschätzt werden.

Immer wichtiger werden auch Ergebnisse der Mikrosystemtechnik und der Nanotechnik, die zu kleinsten, integrationsfähigen Sensoren führen, die die unterschiedlichsten Parameter der Umwelt aufnehmen können. Eine interessante Entwicklung in dieser Hinsicht stellen Funksensoren dar, die ohne explizite Energieversorgung ihre Messwerte einige Meter weit melden können; die dazu nötige Energie beziehen sie aus der Umgebung oder direkt aus dem Messvorgang, indem beispielsweise piezoelektrische oder pyroelektrische Materialien bei

Druck- oder Temperaturmessungen eingesetzt werden.

Ohne eigene Energiequelle funktionieren auch die als Ersatz für Strichcode-Etiketten dienenden und vor der Masseneinführung stehenden RFID-Chips (Radio Frequency Identification) [3]. Technisch gesehen handelt es sich um Transponder, die mit einem Hochfrequenzsignal bestrahlt werden, dieses Signal decodieren, aus ihm die Energie für sich selbst beziehen und dann eine Antwortnachricht, zum Beispiel einen Produktcode oder eine Seriennummer, als Funksignal mit einer Reichweite von einigen wenigen Metern zurücksenden. Man kann sogar in umgekehrter Richtung einige hundert Bits durch die Luft auf den Chip schreiben; die Informationsübertragung geschieht in Sekundenbruchteilen. RFID-Chips inklusive der papierdünnen flexiblen Antenne kosten derzeit zwischen 10 Cent und 1 Euro pro Stück, mit fallender Tendenz, und lassen sich recht klein fertigen. So ist der Mikrochip von Hitachi nur 0,4 x 0,4 Millimeter gross (Bild 2). Damit Lesereichweiten von einigen Zentimetern erreicht werden, muss er allerdings mit einer kleinen Filmantenne ausgestattet werden.

### RFID in der Jasskarte

Dass mit RFID-Chips auch unkonventionelle Anwendungen möglich sind, zeigt ein smartes Kartenspiel, das an der ETH Zürich entwickelt wurde. Jede Spielkarte trägt einen kleinen RFID-Chip. Unter dem Spieltisch ist eine Antenne montiert, die registriert, welche Karte jeweils ausgespielt wird. Dadurch kann die intelligente Umgebung den Spielverlauf automatisch nachvollziehen und eventuelle Regelwidrigkeiten erkennen, die Spielpunkte zusammenzählen und den Gewinner ermitteln.



**Bild 3 Schlaue Jasskarten mit RFID**

Ein Rechner überwacht das Jassspiel. Über die RFID auf der Jasskarte merkt er, welche Karte gespielt wurde.



Die RFID-Technik wurde natürlich nicht für solche Spielereien entwickelt. Vorangetrieben wird sie von der Logistik: Wenn Produkte ihre Identität automatisch preisgeben, jedes Mal wenn sie das Tor einer Lagerhalle oder die Laderampe eines LKW passieren, dann können die Warenströme ohne manuelles Zutun lückenlos über die gesamte Lieferkette hinweg verfolgt werden. Fehllieferungen sollten so ausgeschlossen werden können.

In letzter Zeit gewinnen in der Forschung auch drahtlose Sensornetze an Bedeutung. Hier ist die Vorstellung, dass eine grosse Zahl miniaturisierter Sensoren, zusammen mit Prozessoren zur Vorverarbeitung der Signale, grossflächig in die Umwelt eingebracht werden, indem diese zum Beispiel aus einem Flugzeug abgeworfen werden. Die Aufgabe der Sensoren besteht darin, ihre unmittelbare Umgebung zu beobachten. Die Sensoren können sich bei Bedarf drahtlos mit benachbarten Sensoren vernetzen und ihre Arbeit untereinander abstimmen sowie relevante Erkenntnisse austauschen. Wird es bei einem Sensor zum Beispiel heiss, kurze Zeit später bei einem benachbarten Sensor und wieder etwas später bei einem dritten Sensor, so lässt sich daraus auf ein Feuer schliessen und es kann die Ausbreitungsrichtung und -geschwindigkeit des Waldbrandes berechnet werden.

Prototypen solcher Sensornetze existieren bereits, allerdings steht man erst am Anfang der Entwicklung. Beherrscht man eines Tages die Technik, um die kleinen, energiearmen Funksensoren massenweise herzustellen, lassen sich damit einige Phänomene der Welt wesentlich genauer beobachten als bisher. Durch die geringe Grösse und dadurch, dass keine physische Infrastruktur wie Kabel und Stromanschlüsse benötigt wird, können die Sensoren flexibel und nahezu unsichtbar angebracht werden, ohne die beobachteten Aspekte wesentlich zu beeinflussen. Das Umweltmonitoring stellt hierfür genauso eine Anwendung dar wie die militärische Aufklärung. Auch Infrastruktursysteme, Verkehrssysteme und Fabrikationsprozesse könnten von einem genauen und unaufdringlichen Monitoring profitieren.

### Anwendungen für allgegenwärtige Computer

Mit der skizzierten Technikentwicklung kann Alltagsgegenständen eine neue, zusätzliche Qualität verliehen werden – diese können nicht nur mit Menschen und anderen Gegenständen kommunizieren, sondern zum Beispiel auch

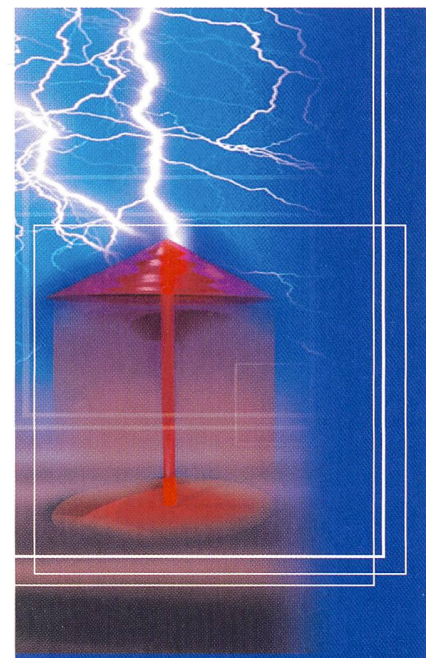
erfahren, wo sie sich befinden, was in der Vergangenheit mit ihnen geschah und was in ihrer Umgebung los ist.

Die Zweckmässigkeit konkreter Anwendungen für smarte Dinge einzuschätzen ist schwierig, und auch Experten sind sich nicht darüber im Klaren, welche der vielen oft zunächst absurd klingenden Ideen – angefangen vom Fertigericht, das Rezeptvorschläge (und natürlich Werbung) auf die Kühlschranktür projiziert, bis hin zur schlauen Unterwäsche, die eine kritische Puls- und Atemfrequenz dem Arzt weitermeldet – letztlich eine wichtige Rolle in der Zukunft spielen könnten.

Auch wenn es in der Praxis zunächst kaum um den klischeehaft bemühten Kühlschrank gehen dürfte, der die Milch automatisch nachbestellt, scheint das Potenzial an Anwendungen gross, wenn demnächst gewöhnliche Gegenstände miteinander kooperieren und drahtlosen Zugriff auf externe Datenbanken haben oder Internet-basierte Services nutzen können. So gewinnt ein automatischer Rasensprinkler nicht nur durch eine Vernetzung mit den Feuchtigkeitssensoren im Boden an Effizienz, sondern auch durch die Wetterprognose im Internet.

Generell kann man sich hinsichtlich der Anwendungen smarter Dinge viel Unsinniges, aber auch einiges Sinnvolles vorstellen. Zum Beispiel könnten Autos die Fahrzeuge auf der Gegenfahrbahn vor einem Stau warnen. Ferner mag eine Mülltonne neugierig auf ihren Inhalt sein – ob er recycelt werden kann. Ein Arzneischränk mag um die Haltbarkeit seiner Medikamente besorgt sein, oder mein Mobiltelefon könnte sich daran erinnern, wann und wo es zuletzt in unmittelbarer Nähe meines Schlüssels war.

Überhaupt besitzen Lokalisierungstechnologien ein hohes Potenzial – wird man in Zukunft einen verlorenen Gegenstand stets wieder finden, weil dieser weiss, wo er ist, und dies bei Bedarf mitteilt? Noch sind Lokalisierungsmodule, die beispielsweise auf dem GPS-System beruhen, für viele Anwendungen zu gross, zu teuer, zu ungenau und zu energiehungrig. Bei allen vier Parametern sind allerdings weitere Fortschritte zu erwarten, und für grössere und wertvolle Dinge, wie beispielsweise Mietautos, rechnet sich ihr Einsatz bereits heute. Schon gibt es erste Produkte, zum Beispiel Armbanduhren, die einem den Aufenthaltsort seiner Kinder mitteilen. Klar ist, dass es um den Einsatz solcher Dinge und die damit einhergehende Gefährdung der Privatsphäre noch viel Streit geben dürfte.



## Ihre Sicherheit.

Unterbrechungsfreie  
Stromversorgung  
von CTA Energy Systems.

[www.usv.ch](http://www.usv.ch)



Energy Systems

Bern • Baar

CTA Energy Systems AG  
3110 Münsingen  
Telefon 031 720 15 50

Viele weitere Anwendungen schlauer und kommunizierender Alltagsdinge sind denkbar. Die Grenzen liegen dabei weniger in der technischen Natur, sondern sind eher ökonomischer Art: Geschäftsmodelle, Standards, Amortisation der Infrastruktur oder Kosten des Informationszugriffs. Anfangs werden eher teure Dinge aufgerüstet, die durch sensorgestützte Informationsverarbeitung und Kommunikation einen deutlichen Mehrwert erhalten (und damit zur Verbreitung der Technik beitragen).

Mittel- und langfristig dürften die Techniken des Ubiquitous Computing eine grosse wirtschaftliche Bedeutung erlangen. Denn werden industrielle Produkte, wie Haushaltsgeräte, Werkzeuge, Spielzeug oder Kleidungsstücke, durch integrierte Informationsverarbeitung schlau, so sind dadurch neue Produkte und Dienstleistungen möglich. Es reicht nur schon, wenn die Dinge eine elektronische Identität bekommen oder wahrnehmen, in welcher Umgebung sie sich befinden. Sind die Grundtechniken und zugehörigen Infrastrukturen erst einmal eingeführt, könnten andere und eher banale Gegenstände das Internet mit seinen vielfältigen Ressourcen nutzen, selbst wenn es uns als Anwender gar nicht bewusst ist.

Auch wenn es im Einzelnen derzeit noch nicht abgeschätzt werden kann, dürfte klar sein, dass um die vielen schlauen Dinge herum völlig neue Dienste entstehen werden. Der digitale Mehrwert eigener Produkte kann diese von ähnlichen Erzeugnissen der Konkurrenz absetzen und Kunden stärker an eigene Mehrwertdienste binden. Die Pflege und Weiterentwicklung der notwendigen globalen Infrastruktur mag vielleicht einmal eine ganze Industrie beschäftigen, analog den heutigen Energie- und Telekommunikationsunternehmen.

ihnen geschah, und sie dies anderen Gegenständen mitteilen können, dann dürfte dies mit Sicherheit grössere wirtschaftliche und soziale Konsequenzen haben.

Langfristig ergeben sich durch die Verlängerung des Internets in die Alltagswelt hinein auch einige Probleme. Ein Aspekt ist die Zuverlässigkeit: Funktionieren alltägliche Dinge wie Türschlösser, Schreibstifte, Fotoapparate und Autos nur dann ordnungsgemäss, wenn ein Online-Zugriff auf das Internet besteht, entsteht eine grosse Abhängigkeit von der Technik. Wenn diese versagt, wofür es unterschiedliche Ursachen – Entwurfsfehler, Materialdefekte, Sabotage, Überlastung, Naturkatastrophen oder Krisen – geben kann, dann könnte sich dies katastrophal auswirken. Ist das korrekte Funktionieren der informationstechnischen Infrastruktur für die Gesellschaft überlebenswichtig, dann müssen nicht nur geeignete Sicherungsmechanismen vorgesehen werden, solche Systeme müssen von vornherein im Bewusstsein dieser Verantwortung entworfen werden.

Vor allem aber ist dem Schutz der Privatsphäre besondere Beachtung zu schenken [4]. Smarte Gegenstände und sensorbestückte Umgebungen häufen quasi auf Vorrat eine Unmenge sensibler und intimer Daten an, um den Nutzern ihre Dienste anbieten zu können. Werden mit den Sensornetzen nicht Ökosysteme überwacht, sondern in indirekter oder gar direkter Weise Menschen, dann zieht eine solche nahezu unsichtbare Technik gesellschaftliche Probleme nach sich: Es könnte damit die delicate Balance von Freiheit und Sicherheit aus dem Gleichgewicht gebracht werden, weil die qualitativen und quantitativen Möglichkeiten zur Überwachung derart ausgeweitet

werden, dass auch Bereiche erfasst werden, die einem dauerhaften und unauffälligen Monitoring bisher nicht zugänglich waren.

In seinen Konsequenzen zu Ende gedacht, dürfte die Realisierung der Vision einer von Informationstechnik im wahrsten Sinne des Wortes durchdrungenen Welt nicht nur eine grosse technische und ökonomische Herausforderung darstellen, sondern könnte auch eine gesellschaftliche Brisanz bekommen [5].

## Referenzen

- [1] M. Weiser: The Computer for the 21st Century. Scientific American 265(1991)3, pp 66–75.
- [2] N. Gershenfeld: Wenn die Dinge denken lernen. München: Econ, 1999.
- [3] K. Finkenzeller: RFID-Handbuch. München: Hanser-Verlag, 2002.
- [4] M. Langheinrich und F. Mattern: Wenn der Computer verschwindet – Was Datenschutz und Sicherheit in einer Welt intelligenter Alltagsdinge bedeuten. Digma – Zeitschrift für Datenrecht und Informationssicherheit 2(2002)3, pp 138–142.
- [5] F. Mattern: Vom Verschwinden des Computers – Die Vision des Ubiquitous Computing. In: F. Mattern (Hrsg) Total vernetzt. Berlin: Springer-Verlag, pp 1–41, 2003.

## Angaben zum Autor

Prof. **Friedemann Mattern** ist Professor für Informatik und Vorsteher des Instituts für Pervasive Computing an der ETH Zürich. Er ist auch Mitbegründer des von der ETH Zürich und der Universität St. Gallen (HSG) gemeinsam getragenen M-Lab-Kompetenzzentrums, das unter Beteiligung namhafter Firmen betriebswirtschaftliche Aspekte des Ubiquitous Computing untersucht.  
Institut für Pervasive Computing, ETH Zürich  
8092 Zürich, mattern@inf.ethz.ch

<sup>1</sup> Ubiquitous ist englisch und heisst allgegenwärtig. Es spricht sich «juubikwitus» aus.

<sup>2</sup> Das Semantic Web ist eine standardisierte Plattform im Internet, die es Anwendungen erlaubt, untereinander Daten auszutauschen.

## Auswirkungen auf die Gesellschaft

Der Technologietrend zeigt eindeutig in Richtung einer umfassenden Informatisierung der Welt. In technischer und organisatorischer Hinsicht ergeben sich noch Herausforderungen – etwa die Energieversorgung der schlauen Artefakte oder geeignete Standards zur Kommunikation. Die Auswirkungen einer derart tief greifenden Integration der Informationstechnologie in unseren Alltag, wie sie das Ubiquitous Computing propagiert, sind noch kaum abzusehen, aber wenn gewöhnliche Dinge wissen, welche anderen Dinge oder Personen in der Nähe sind und was in der Vergangenheit mit

## Ubiquitous Computing: des objets quotidiens futés

### Vision de l'informatisation du quotidien

Non seulement les ordinateurs deviennent de plus en plus petits, plus performants et meilleur marché mais ils se cachent de plus en plus souvent dans des objets d'usage courant. Le monde futur de l'Ubiquitous Computing sera un monde des paradoxes, un monde dans lequel l'ordinateur semblera disparaître mais sera néanmoins omniprésent et pénétrera même dans bien des objets courants. Il est difficile d'imaginer les répercussions d'une informatisation totale du monde dans lequel des objets «futés» utilisent Internet et où d'innombrables et minuscules capteurs observeront leur environnement.