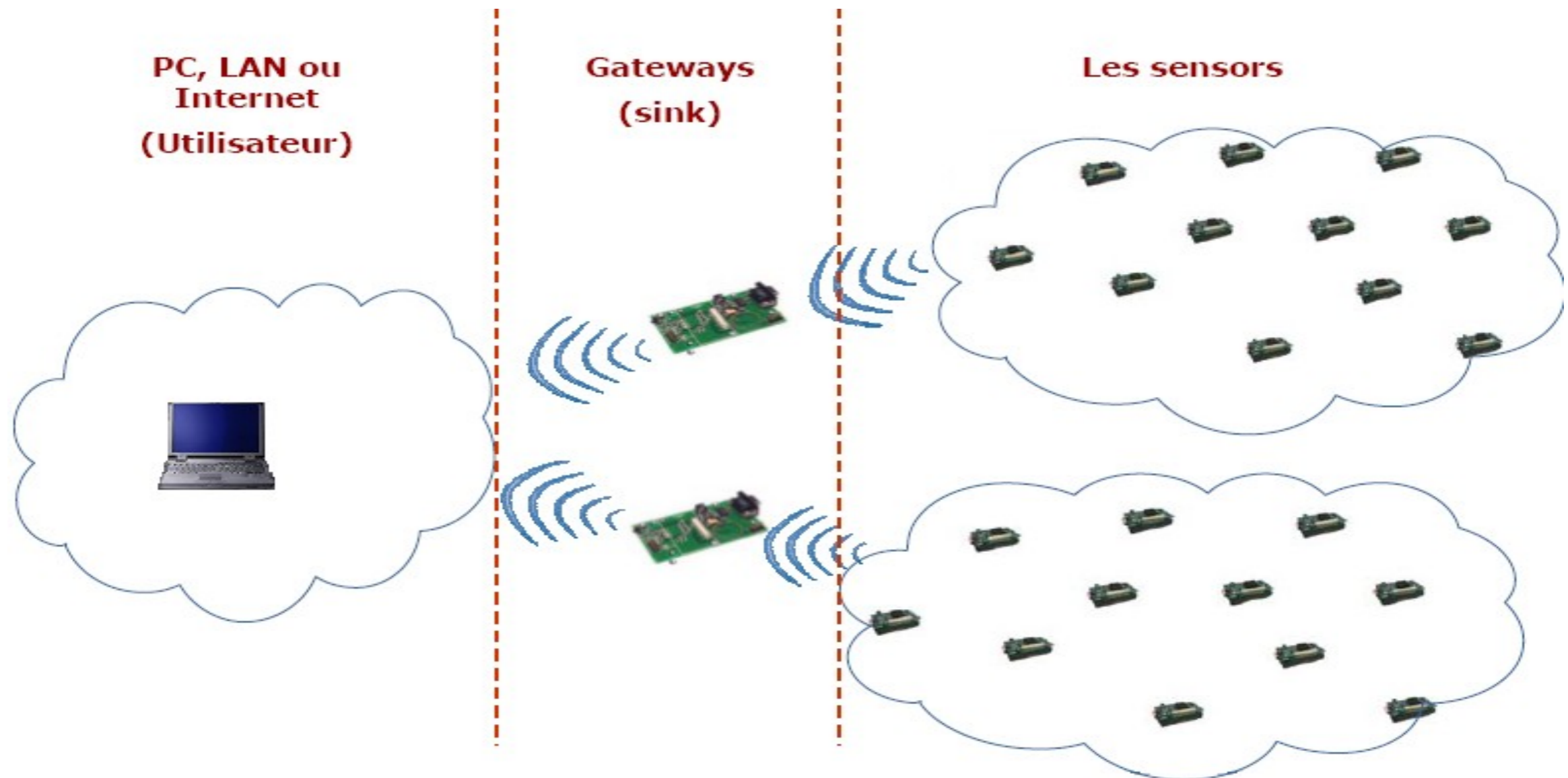


Réseaux de capteurs Wireless sensor Networks (WSN)

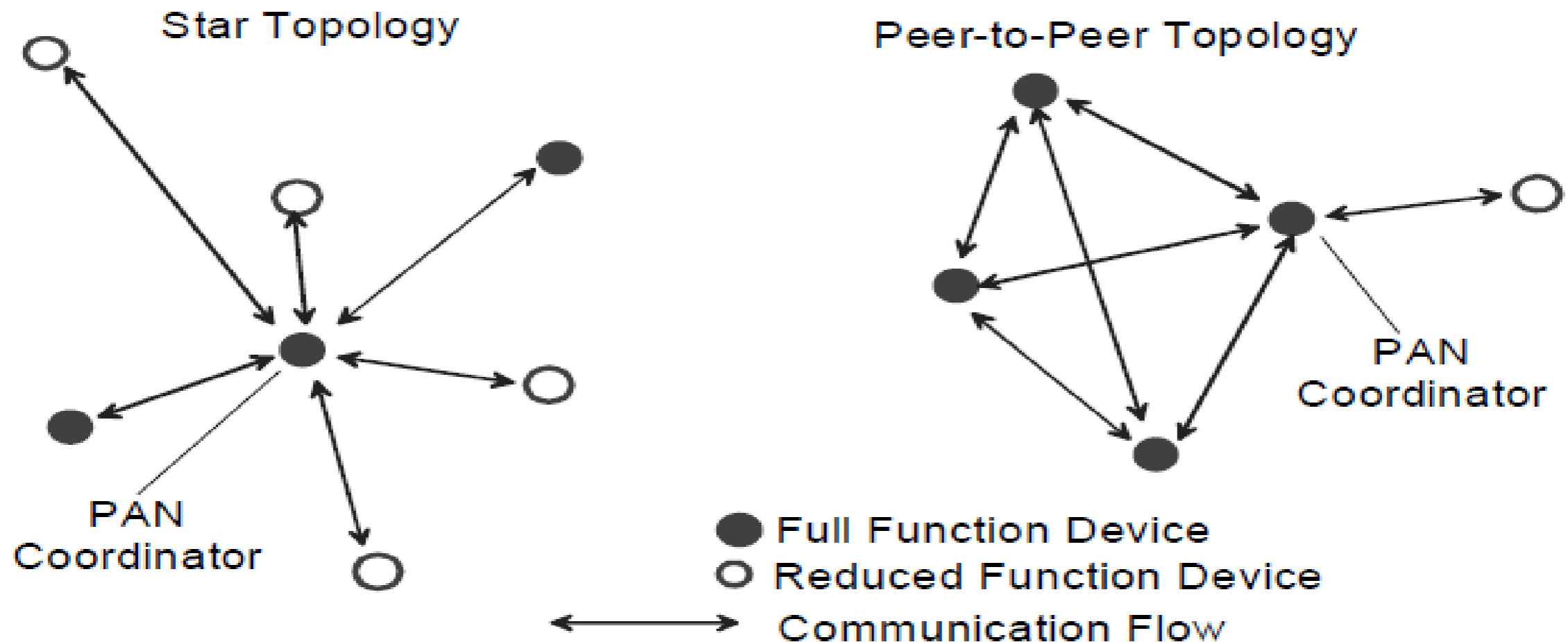
Hdhili Mohamed Houcine
Med_elhdhili@yahoo.es

Réseau de capteurs - architecture

- Réseau de capteurs **auto-alimentés** dotés de **capacités de calcul** et de **communication sans fil**.



Réseau de capteurs – topologies (802.15.4 LR-WPAN Standard)



Sample applications :

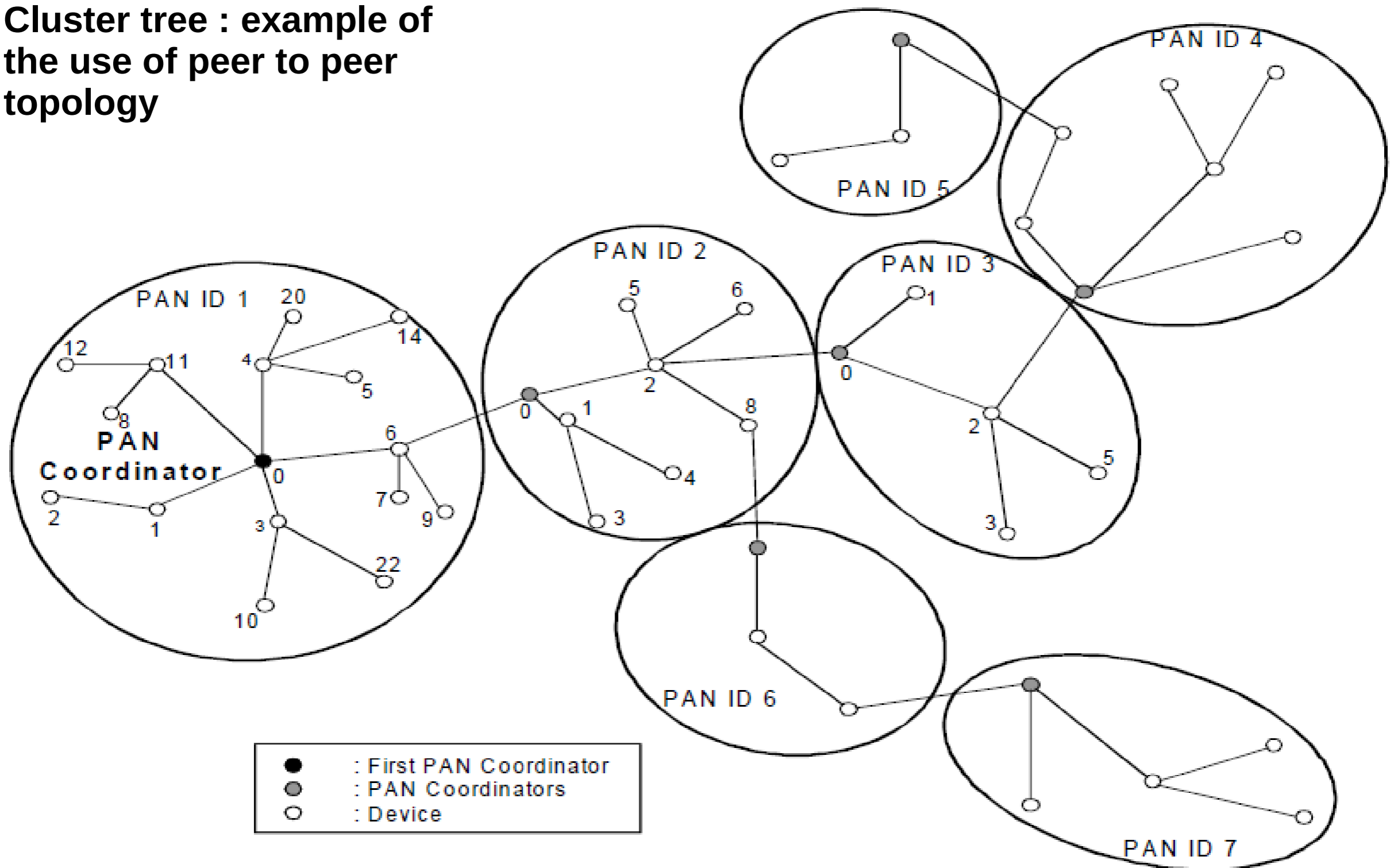
- home automation,
- personal health care
- PC and peripherals

Sample applications :

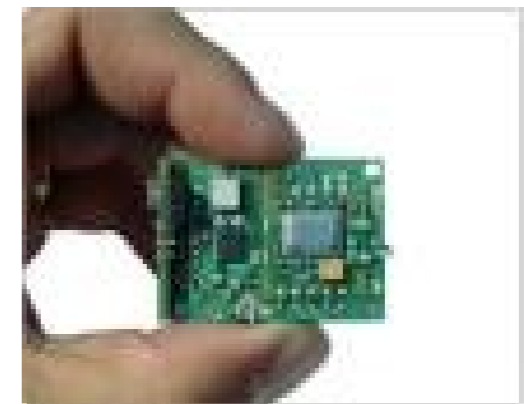
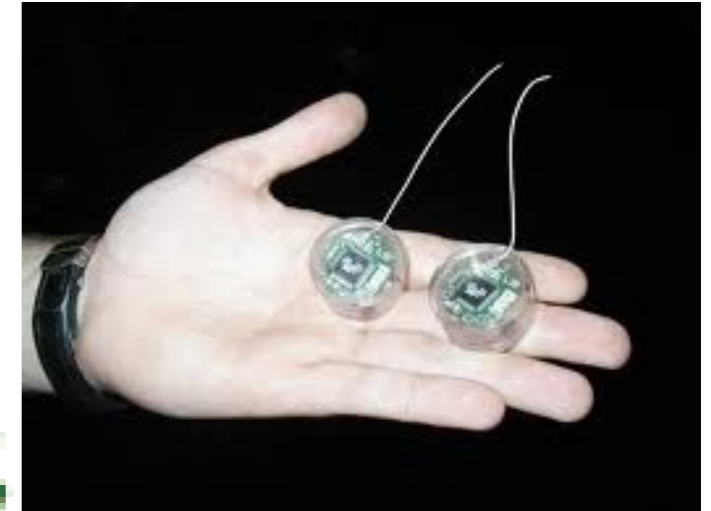
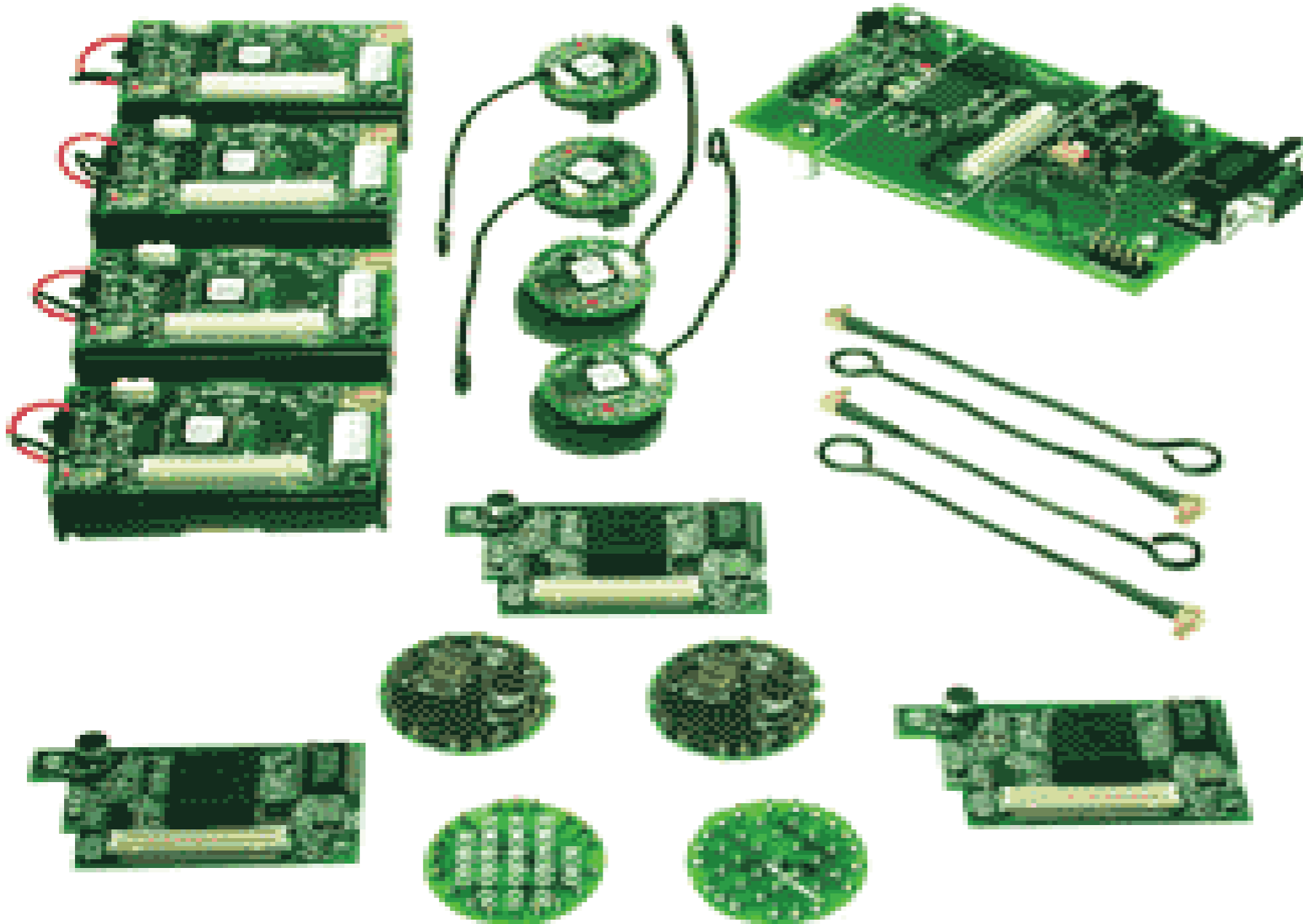
- Industrial control and monitoring,
 - wireless sensor networks,
 - asset and inventory tracking,
 - intelligent agriculture,
- ==> needs routing at higher levels

Réseau de capteurs – topologies (802.15.4 LR-WPAN Standard)

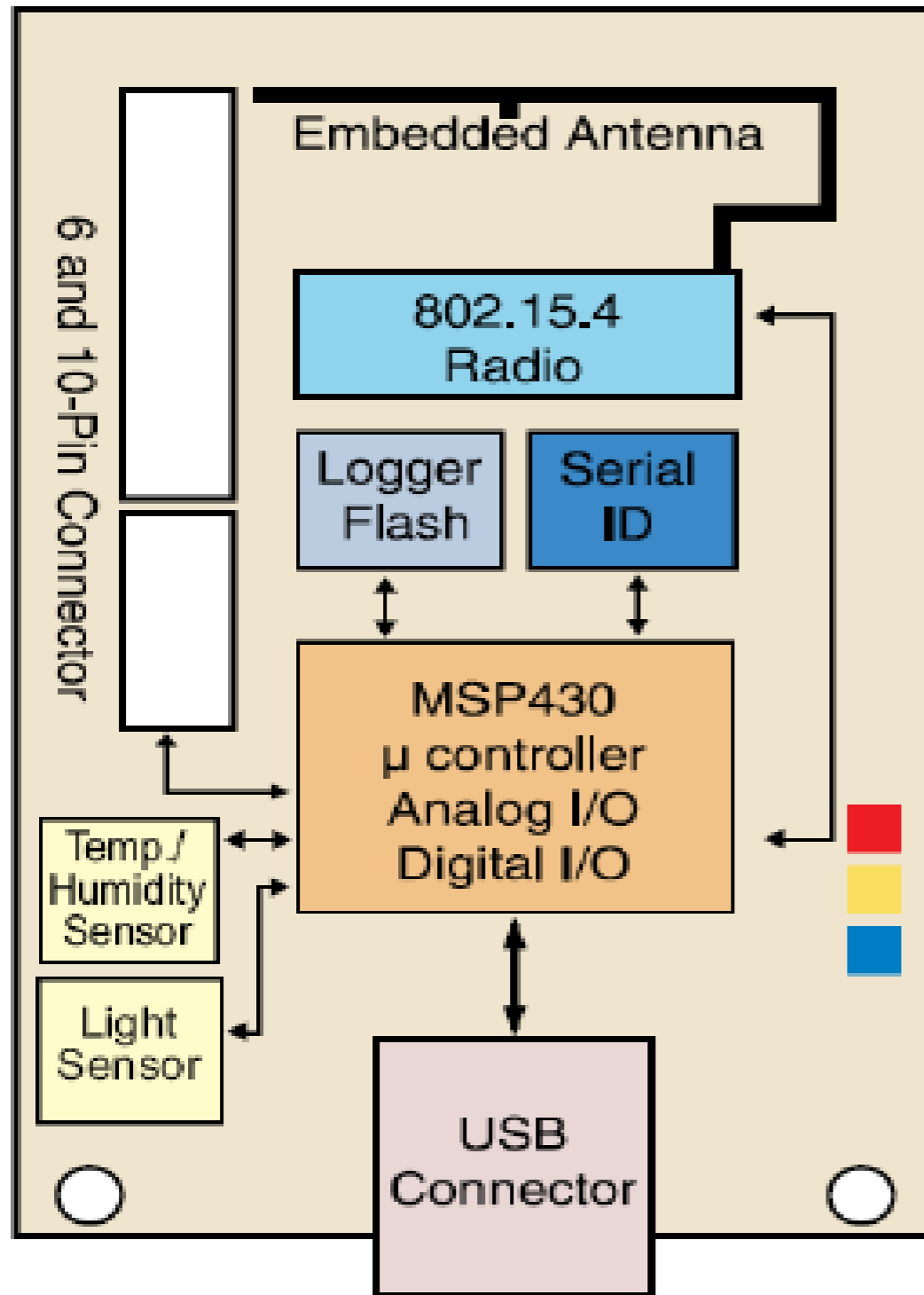
Cluster tree : example of
the use of peer to peer
topology



Exemples de capteurs

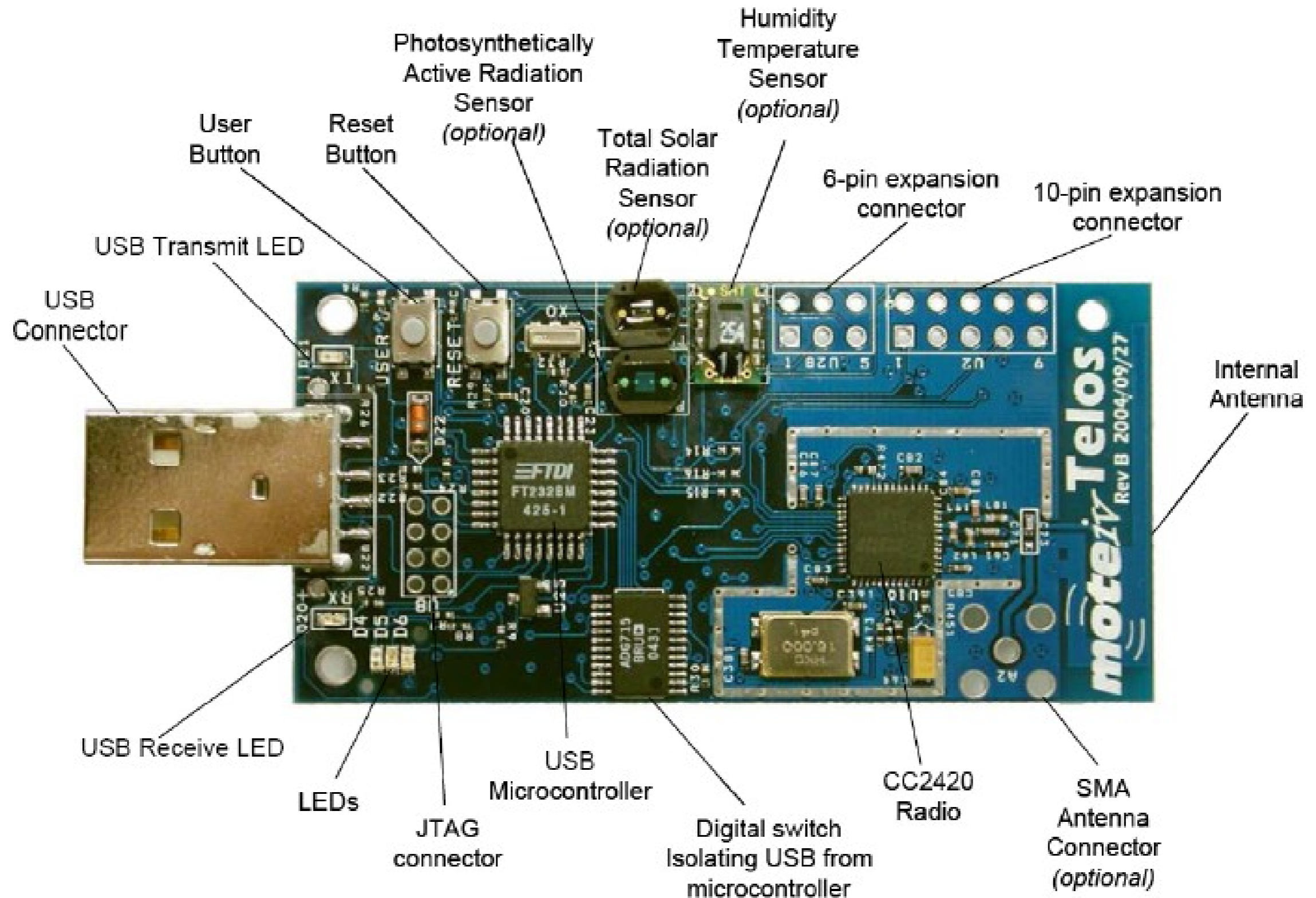


Anatomie d'un capteur (exemple TelosB)

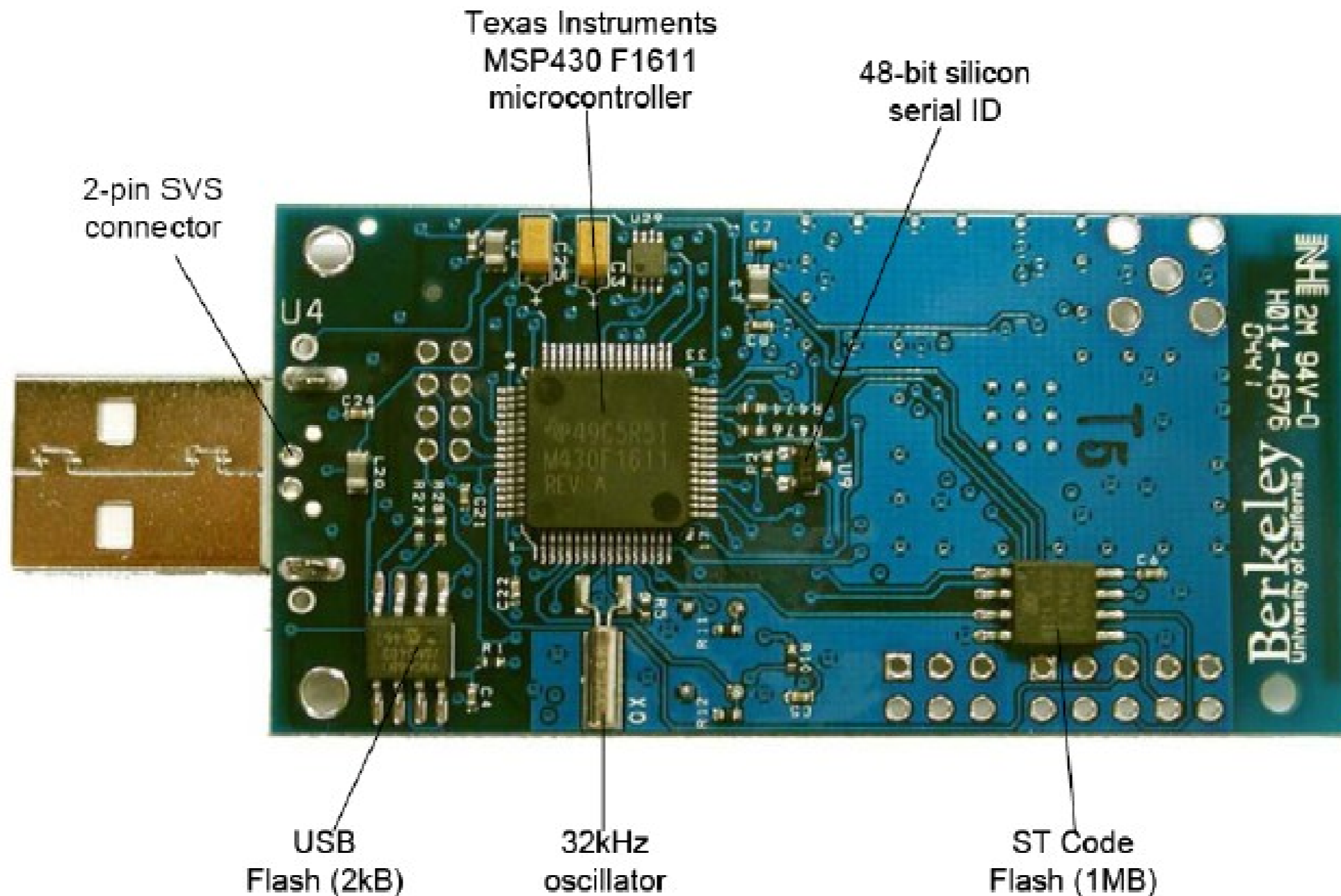


- Processeur
 - ✓ TI MSP430, 8 MHz, 10kB RAM
- Transmission
 - ✓ IEEE 802.15.4 (ZigBee)
 - ✓ 250 Kbps (Bande 2.4-2.4835 GhZ)
 - ✓ Antenne intégrée
- Flash : 1 MB
- Sensor
 - ✓ Lumière, Température, Humidité
- Système: tinyOS

Anatomie d'un capteur (exemple TelosB)



Anatomie d'un capteur (exemple TelosB)



Exemples de capteurs




XM2110

M2110

MPR2400

MPR2600

MPR400

Features					
Frequency Range	2.4GHz ISM Band	2.4GHz ISM Band	2.4GHz ISM Band	2.4GHz ISM Band	868-870; 902-928 MHz
Processor	Atmel ATMega 1281	Atmel ATMega 1281	Atmel ATMega 128L	Atmel ATMega 128L	Atmel ATMega 128L
Radio Transceiver	RF230 Atmel	RF230 Atmel	TI CC2420	TI CC2420	TI CC1000
Serial Flash	Atmel AT45DB41B (512 kB)	Atmel AT45DB41B (512 kB)	Atmel AT45DB41B (512 kB)	Atmel AT45DB41B (512 kB)	Atmel AT45DB41B (512 kB)
RAM	8K bytes	8K bytes	4K bytes	4K bytes	4K bytes

Exemples de capteurs



MDA300

MDA320








MDA100

MTS300

MTS310

MTS400

MTS420

Features							
Accelerometer (2 Axis)					•	•	•
Actuator Relays	•						
Ambient Light						•	•
Barometric Pressure & Temp.						•	•
Buzzer				•	•		
External Analog Sensor Inputs	• (12-bit)	• (16-bit)	• (10-bit)				
GPS							•
GPIO	•	•	•				
Magnetic Field					•		
Microphone				•	•		
Photo-sensitive Light						•	•
Photoresistor			•	•	•		
Rel Humidity & Temperature	•					•	•
Thermistor			•	•	•		

Exemples de capteurs

Gateways & Network Interfaces







MIB510

MIB520

MIB600

SPB400

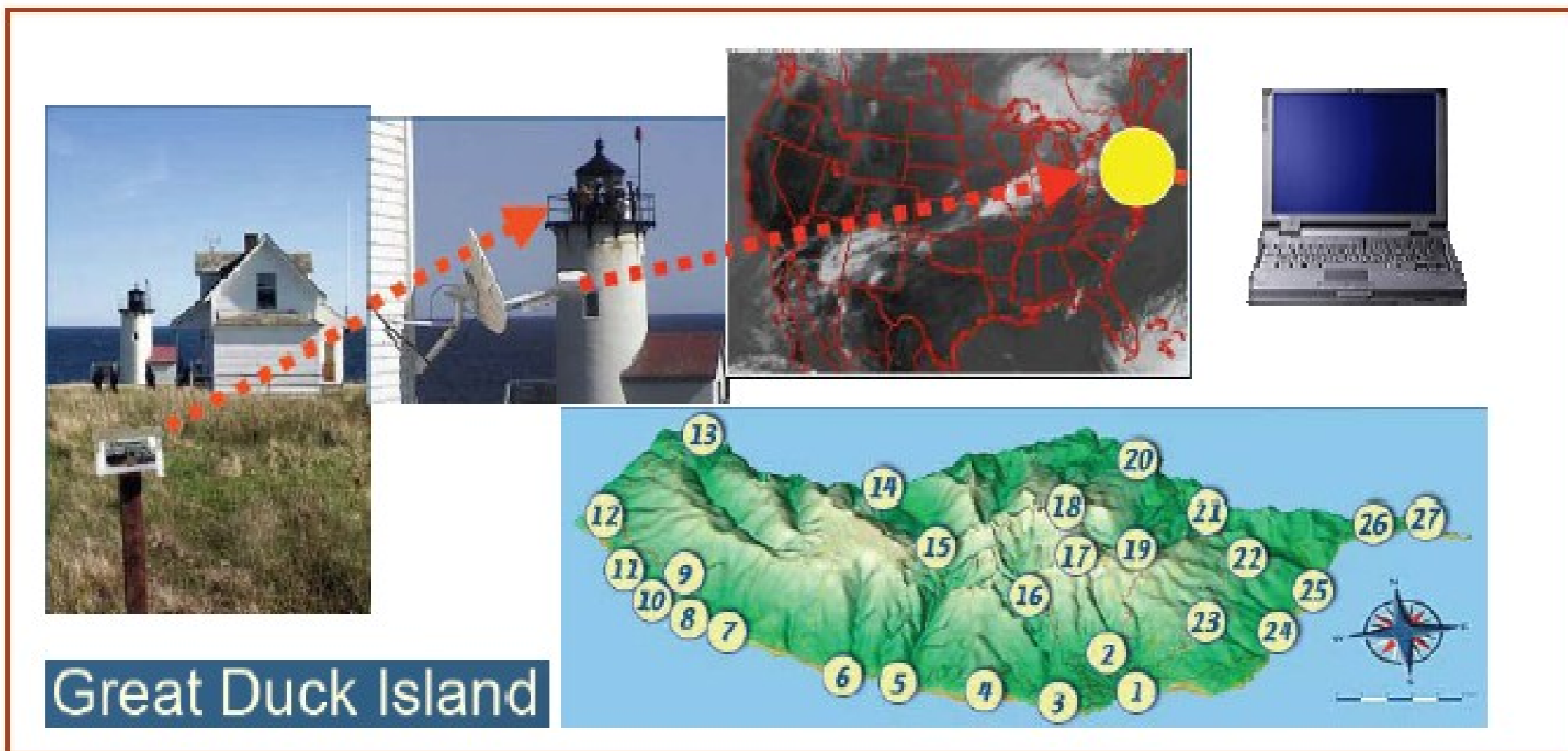
Features				
Description	Serial Port Programmer	USB Programmer	Ethernet Port Programmer	Stargate, XScale Platform
Mote/Board Connectors	IRIS, MICAz, MICA2 MICA-sensor Boards	IRIS, MICAz, MICA2	IRIS, MICAz, MICA2	IRIS, MICAz, MICA2 PCMCIA, USB, RS-232, Compact Flash, RS-232, Ethernet
Programming Port	Serial (RS-232)	USB	Ethernet	With host PC: RS-232 or Ethernet (using ssh)
Data Port	Serial (RS-232)	USB	Ethernet	Various

Comparaison des capteurs

	Btnode 3	mica2	mica2dot	micaz	telos A	tmote sky	EYES
Manufacturer	Art of Technology	Crossbow			Imote iv		Univ. of Twente
Microcontroller	Atmel Atmega 128L				Texas Instruments MSP430		
Clock frequency	7.37 Mhz		4 MHz	7.37 MHz	8 MHz		5 MHz
RAM (KB)	64 + 180	4	4	4	2	10	2
ROM (KB)	128	128	128	128	60	48	60
Storage (KB)	4	512	512	512	256	1024	4
Radio	Chipcon CC1000 315/433/868/916 MHz 38.4 Kbauds			Chipcon CC2420 2.4 GHz 250Kbps IEEE 802.15.4		RFM TR1001868 MHz 57.6 Kbps	
Max Range (m)	150-300			75-100			
Power	2 AA batteries		Coin cell	2 AA Batteries			
PC connector	Through PC-connected programming board				USB		Serial Port
OS	Nut/OS	TinyOS				PEEROS	
Transducers	On acquisition board				On board		On acquisition board
Extras	+ Bluetooth radio						

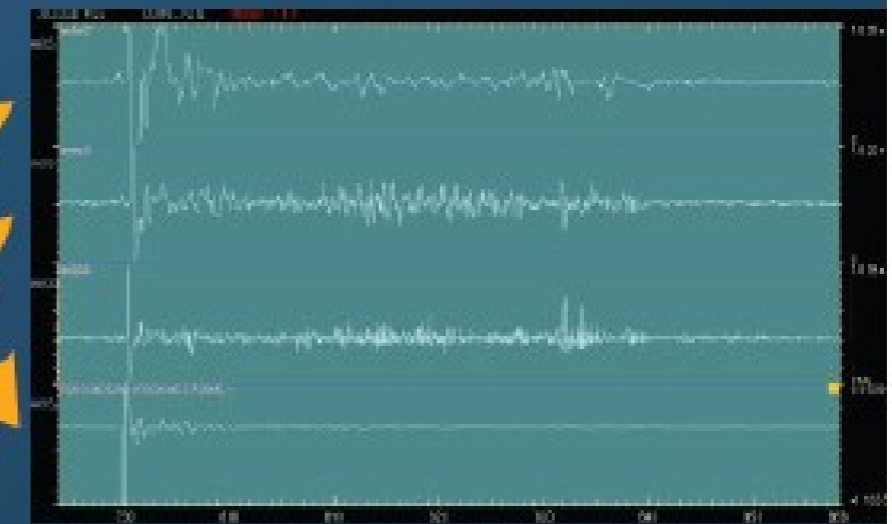
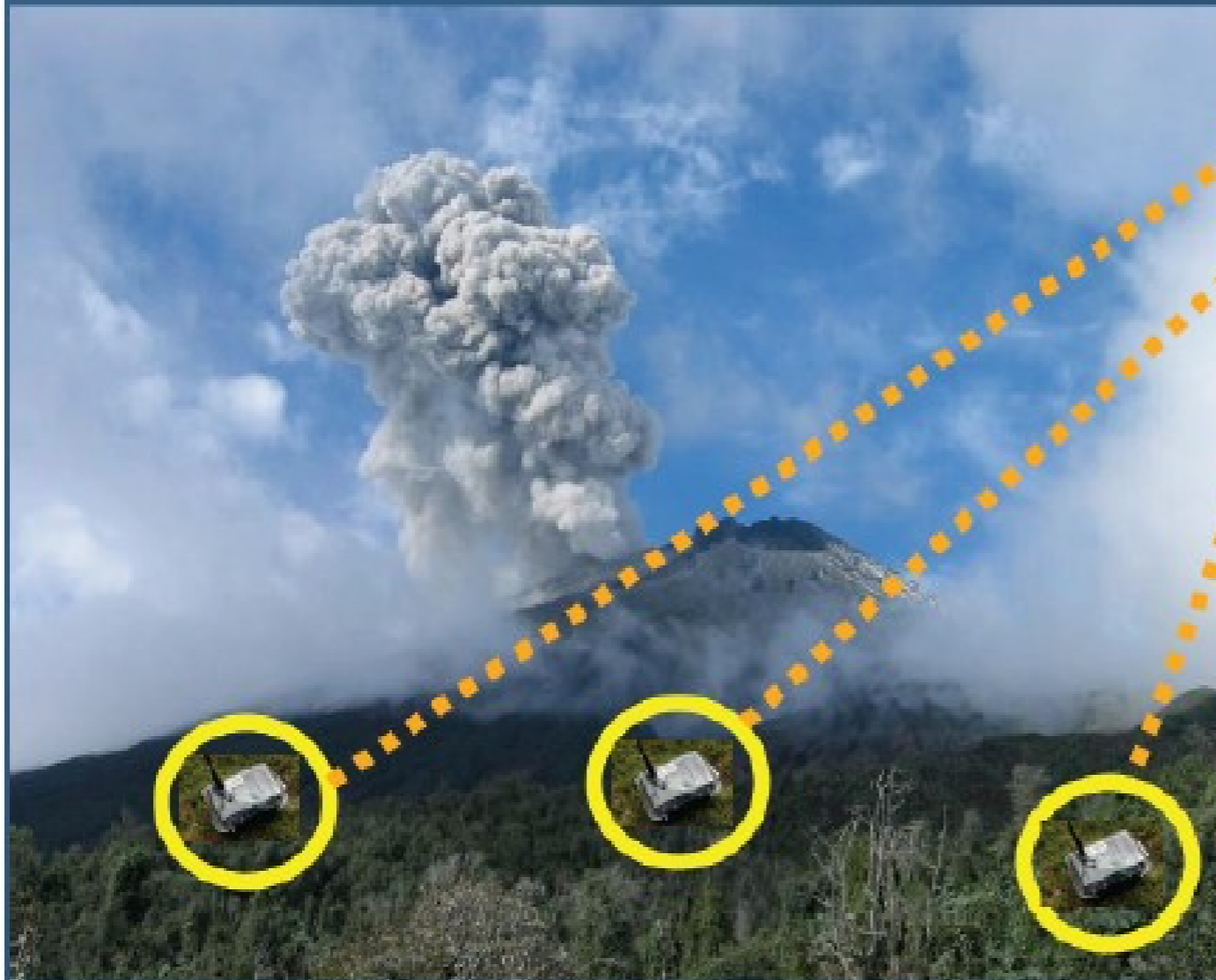
Applications: contrôle de l'environnement (1)

- 32 capteurs déployés sur l'île, relaient des données, température, pression, humidité, lumière...., à un dispositif central
- But: surveillance de l'environnement des oiseaux marins
- Les données sont accessibles à partir d'Internet en utilisant un lien satellitaire



Applications: contrôle de l'environnement (2)

Volcano Monitoring in Ecuador



Phenomena whose monitoring discourages human presence are best observed with WSNs.

Harvard, Univ. of New Hampshire, Univ. of NC

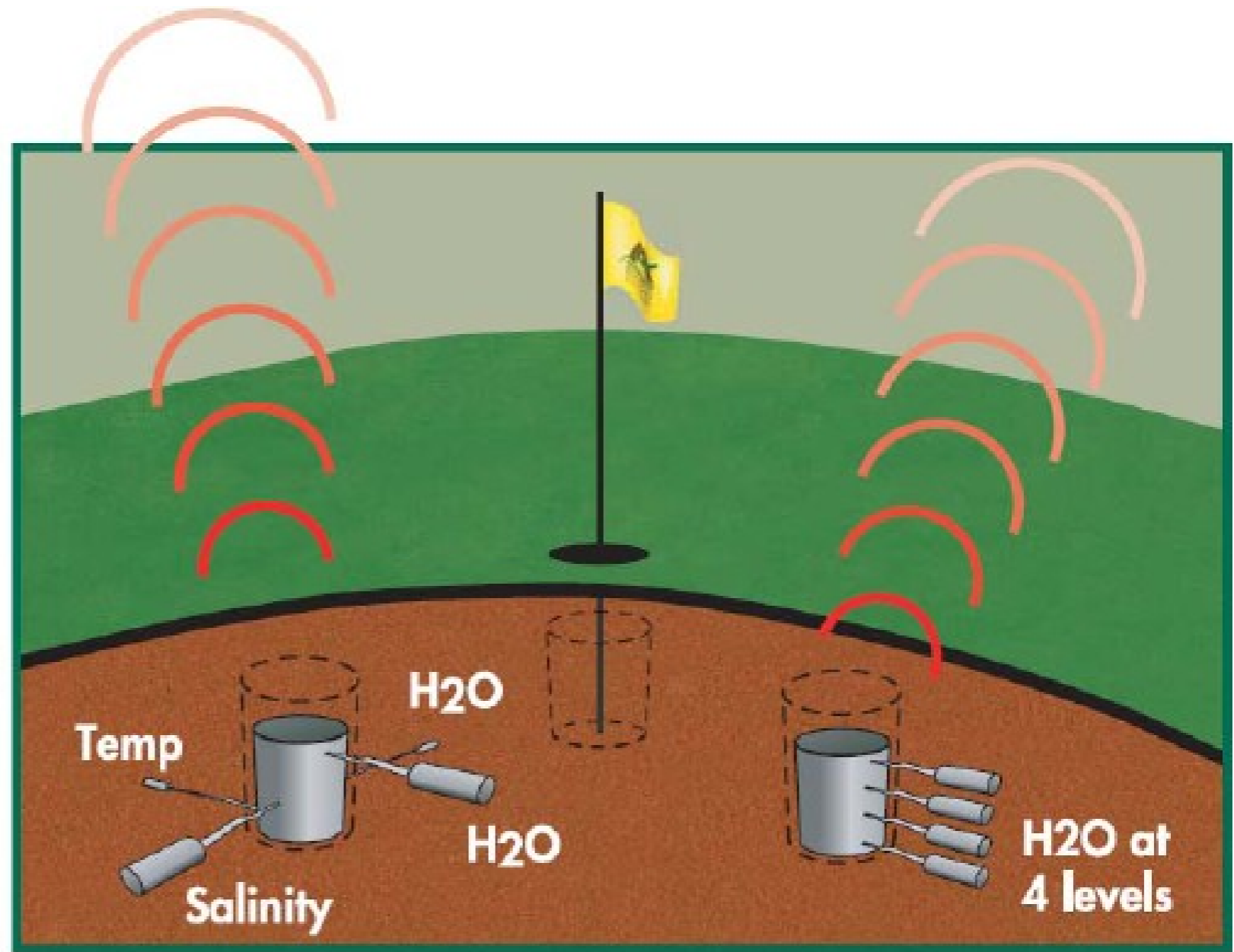
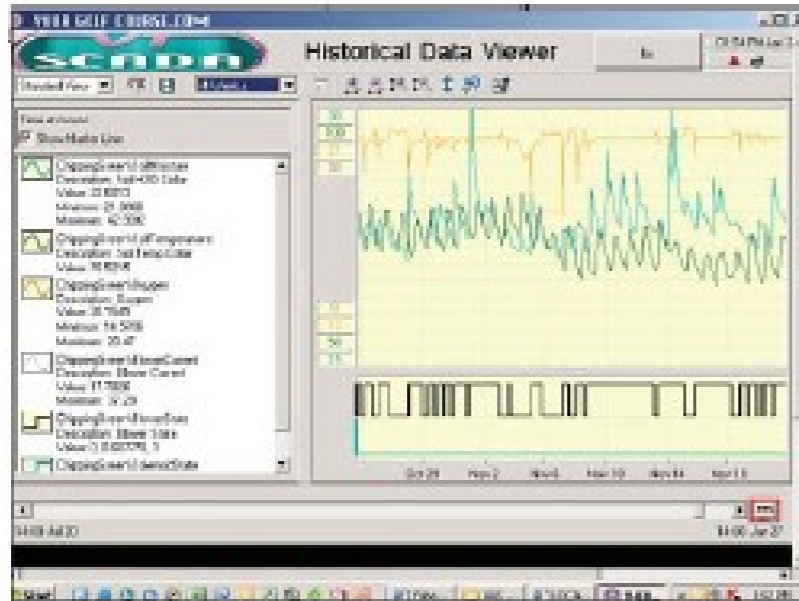
Applications: contrôle de l'environnement (3)

Zebranet: a WSN to study the behavior of zebras

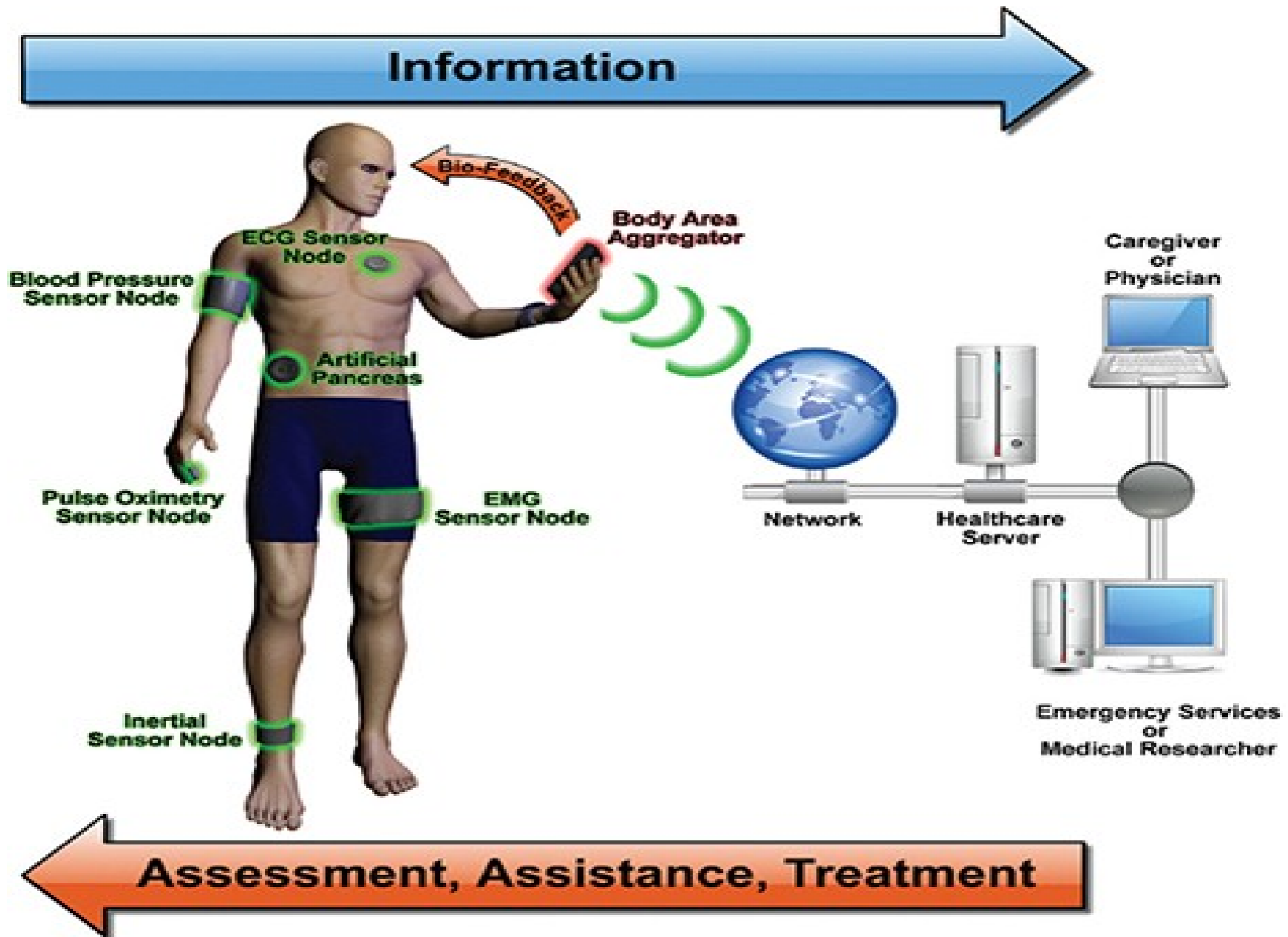


Princeton University

Applications: Agriculture de précision



Applications: patient monitoring



Caractéristiques des WSN

- Modes de transmission
 - ✓ Périodique, évènementielle, sur requête de la station de base
- Absence de schéma d'adressage
 - ✓ Trop de nœuds -> problème d'assignation d'adresses uniques
-> (utilisation de l'adressage IEEE basé sur le transceiver du nœud)
- Tolérance aux pannes
 - ✓ déplétion d'énergie, dégâts physiques -> trous dans le réseau
- Facteur d'échelle
 - ✓ Trop de nœuds -> interférences, collision, problème de routage
- Consommation d'énergie
 - ✓ Conservation d'énergie

Caractéristiques des WSN

- Coût de fabrication
 - ✓ Coût visé <1\$; les coût courants peuvent atteindre plus que 50\$
- Technique de transmission
 - ✓ Par radio, infrarouge ou optique
- Déploiement: 3 phases
 - ✓ Déploiement (jet en vrac, selon une topologie pré-configurée)
 - ✓ Changement de topologie (selon mobilité, énergie, portée)
 - ✓ Redéploiement de nœuds supplémentaires

Caractéristiques des WSN

- Environnement
 - ✓
 - ✓ Déploiement des capteurs soit à l'intérieur du phénomène à étudier soit trop près de lui
 - ✓
 - ✓ Fonctionnement le plus souvent **sans surveillance** dans des zones géographiquement isolées
 - ✓ à l'intérieur d'une grande machine,
 - ✓ au fond de l'océan,
 - ✓ dans un champ contaminé biologiquement ou chimiquement,
 - ✓ dans un champ de batailles, ou
 - ✓ à la maison et dans d'immenses bâtiments, etc...)
 - ✓
 - ✓ L'environnement dépend étroitement de l'application à laquelle le réseau de capteurs est dédié.

Caractéristiques des WSN

- Ressources limitées (pour minimiser la consommation d'énergie)
 - ✓ Calcul (4MHz),
 - ✓ Energie (Piles AAA),
 - ✓ Mémoire(512-1MB)
- Gestion d'énergie
 - ✓ Alimentation par batterie (Personne n'ira changer les batteries)
 - ✓ Différents modes de veilles
 - ✓ Exemple
 - ✓ Idle Mode – 6 mW
 - ✓ CPU OFF, all peripherals ON
 - ✓ CPU “woken up” by interrupts
 - ✓ Power Down Mode – 75 μ W
 - ✓ CPU and most peripherals OFF
 - ✓ External Interrupts, 2 Wire Interface, Watchdog ON

Challenges

- Réduire la consommation d'énergie
 - ✓ Calcul, stockage, communication
- Adapter les mécanismes de sécurité aux caractéristiques de WSN
 - ✓ Absence d'un tiers de confiance
 - ✓ Stockage des clés
 - ✓ Puissance de calcul très limitée
- Assurer la fiabilité et la disponibilité du réseau WSN
 - ✓ Intervention difficile une fois le réseau est déployé
- Gestion de réseau
 - ✓ Calcul distribué , agrégation,
 - ✓ Routage, Auto-organisation, localisation

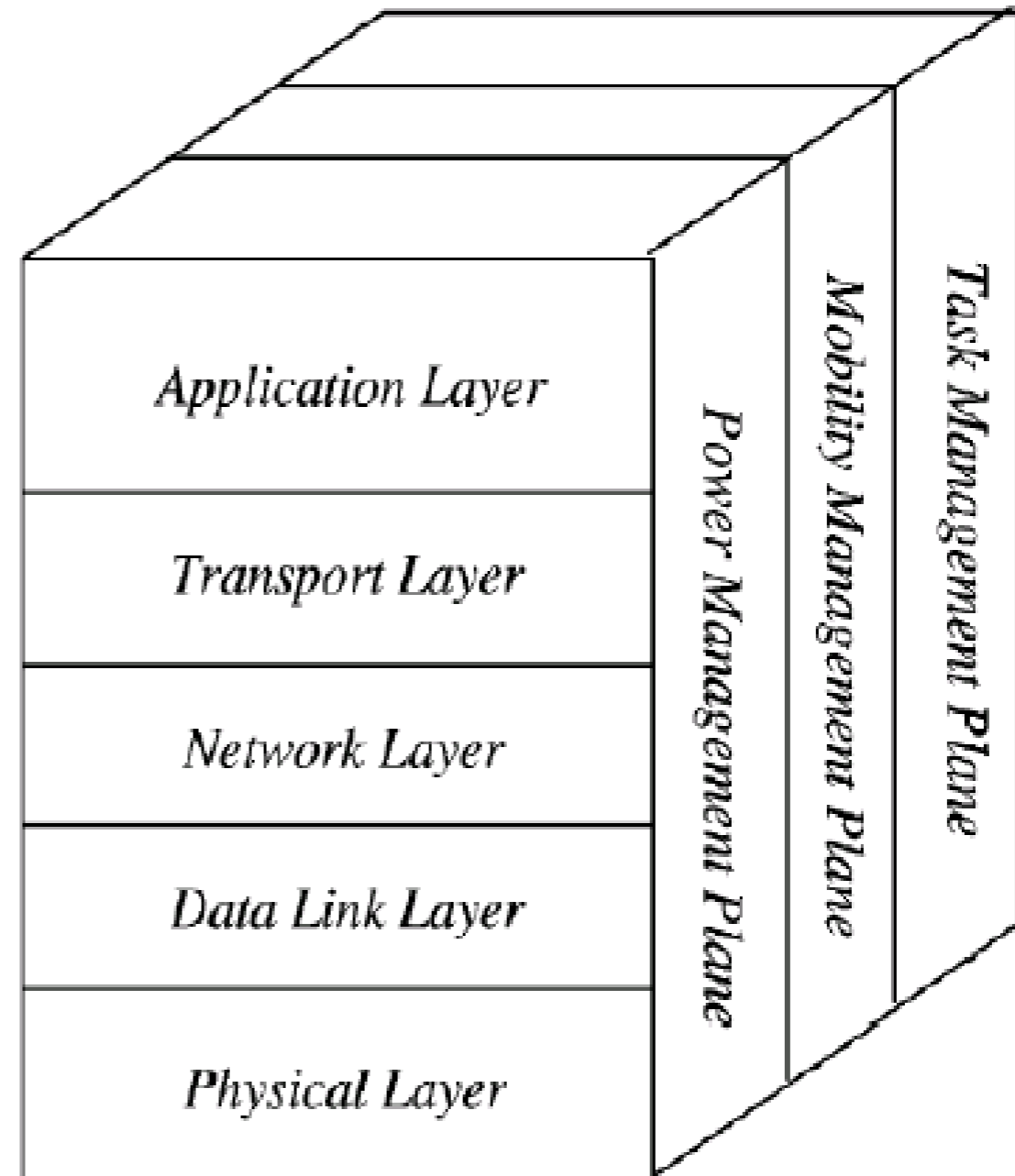
Challenges

- Réduire la consommation d'énergie
 - ✓ Calcul, stockage, communication
- Adapter les mécanismes de sécurité aux caractéristiques de WSN
 - ✓ Absence d'un tiers de confiance
 - ✓ Stockage des clés
 - ✓ Puissance de calcul très limitée
- Assurer la fiabilité et la disponibilité du réseau WSN
 - ✓ Intervention difficile une fois le réseau est déployé
- Gestion de réseau
 - ✓ Calcul distribué , agrégation,
 - ✓ Routage, Auto-organisation, localisation

Facteurs de consommation d'énergie

- L'écoute passive
 - Lorsqu'un noeud maintient sa couche radio active même s'il n'a rien à transmettre
-
- Les collisions
 - Retransmission
-
- Surcoût protocolaire (overhead):
 - Paquet de contrôle entêtes supplémentaires
-
- Taux d'utilisation du canal
 - Par exemple l'utilisation du backoff (pour CSMA: le protocole le plus utilisé de la couche MAC) réduit le taux d'utilisation

Pile protocolaire



Couche physique (IEEE802.15.4, couche 1)

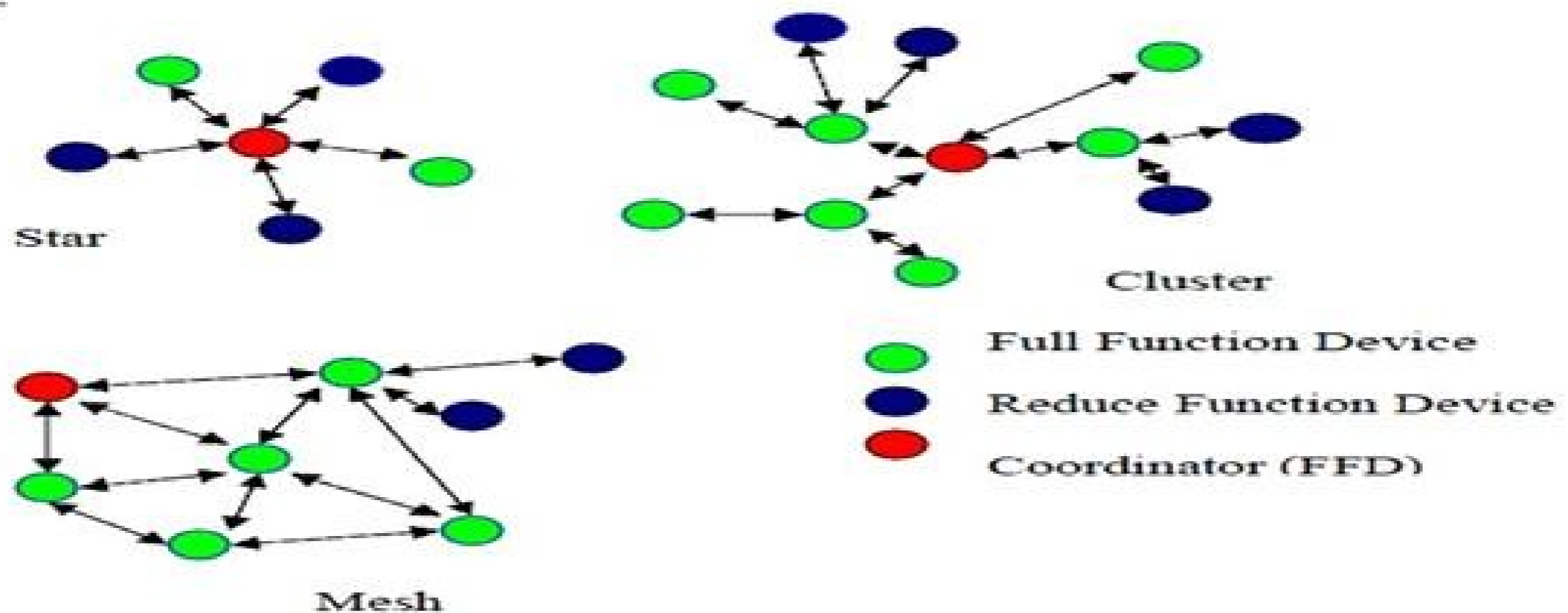
- IEEE802.15.4 (couches 1):
 - ✓ Three bands, 27 channels specified
 - 868–868.6 MHz, 1 channel, 20 kbps
 - 902–928 MHz, 10 channels, 40 kbps
 - 2400–2483.5 MHz, 16 channels, 250 kbps
 - 314–316 MHz, 430–434 MHz, and 779–787 MHz band for LR-WPAN systems in China
 - 950–956 MHz in Japan
 - ✓
- Rôle:
 - ✓ Sélection du canal
 - ✓ Génération et modulation du signal radio
 - ✓ Estimation de la qualité de liens (signal)
 - ✓ Estimation du niveau d'énergie
 - ✓ Radio on/off

Couche liaison

- MAC (Medium Access Control)
 - ✓ Établissement des liaisons / topologie
 - ✓ Gère l'accès et le partage du canal : 802.15.4 (MAC)
 - ✓ Détection et réception des trames de données.
- Correction des erreurs de transmission
 - ✓ FEC (forward error correction)
- Méthode de conservation d'énergie
 - ✓ Différents niveaux de veille (sleep mode)
 - ✓ Compromis entre la consommation et la latence d'activation
 - ✓ Alternance de mode active et mode veille
 - ✓ Variation de TDMA (Time division multiple access)
 - ✓ Petites trames, Aggrégation

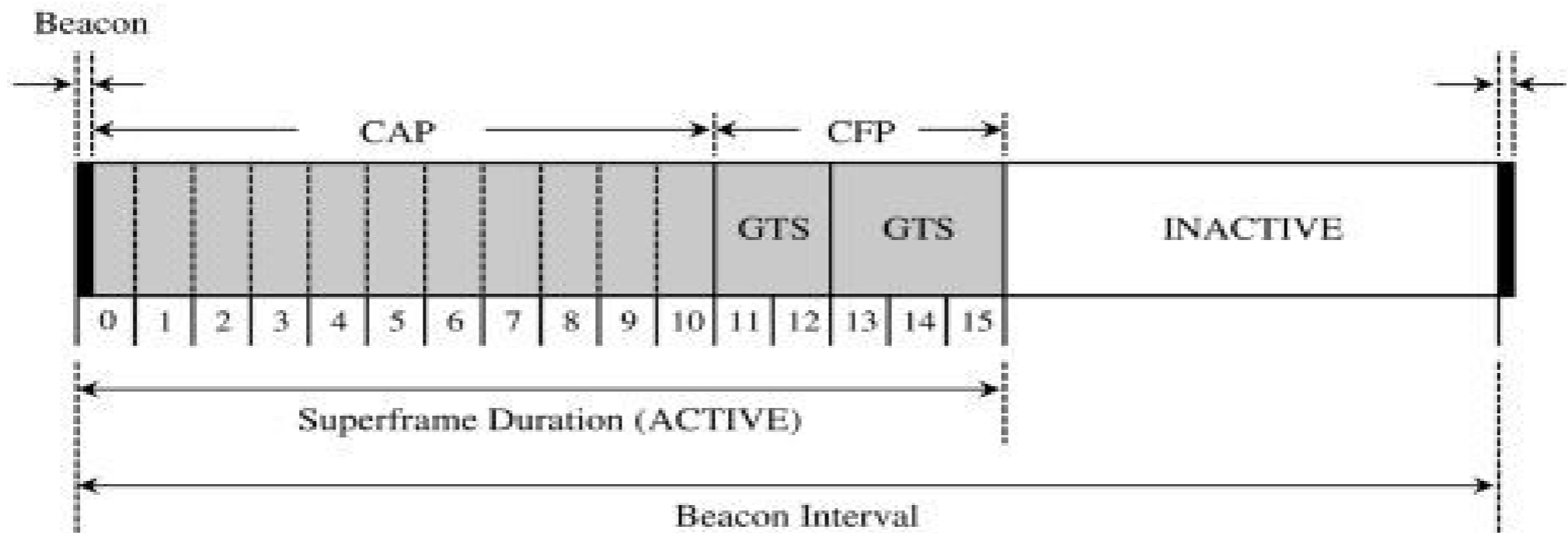
IEEE802.15.4 (niveau MAC)

- Fonctionne sur les trois topologies étoile, maillé ou en cluster
- Les noeuds peuvent être
 - Des coordinateurs
 - Des dispositifs FFD (Full Function Device).
 - Des dispositifs RFD (Reduced Function Device)



IEEE802.15.4 (niveau MAC)

- Définit deux périodes (pour le mode beacon enabled): active et inactive
- Le coordinateur (topologie en étoile) diffuse un beacon pour synchroniser les noeuds associés et commencer un cycle appelé **superframe**
- CAP: Contention Access period basé sur CSMA/CA slotté
- CFP: Contention Free period (plusieurs GTS: Guaranteed time slots): permet de garantir l'accès au canal pendant un nombre fixe de slots
- Les beacons sont utilisé pour synchroniser les nœud attachés au coordinateur et décrire la structure du superframe



Stratégies de routage

- Power efficiency routing
 - ✓ Choisir les chemins suivant la puissance des noeuds
- Data centric routing
 - ✓ Diffusion des données disponibles/demandées
 - ✓ Dans beaucoup d'applications recevoir les mesures est plus important que de connaître l'ID de noeud.
- Location awareness routing
 - ✓ Formation des clusters
 - ✓ Localisation absolue (GPS), ou relative (voisinage)
- Data aggregation routing
 - ✓ Redondance des mesures
 - ✓ Réduire la quantité des données acheminées

Stratégies de routage

- Stratégies de Routage: Power efficiency

- Node **T** is the source node that senses the phenomena.
- **PA** is the available power
- α is the energy required to transmit a data packet through the related link.

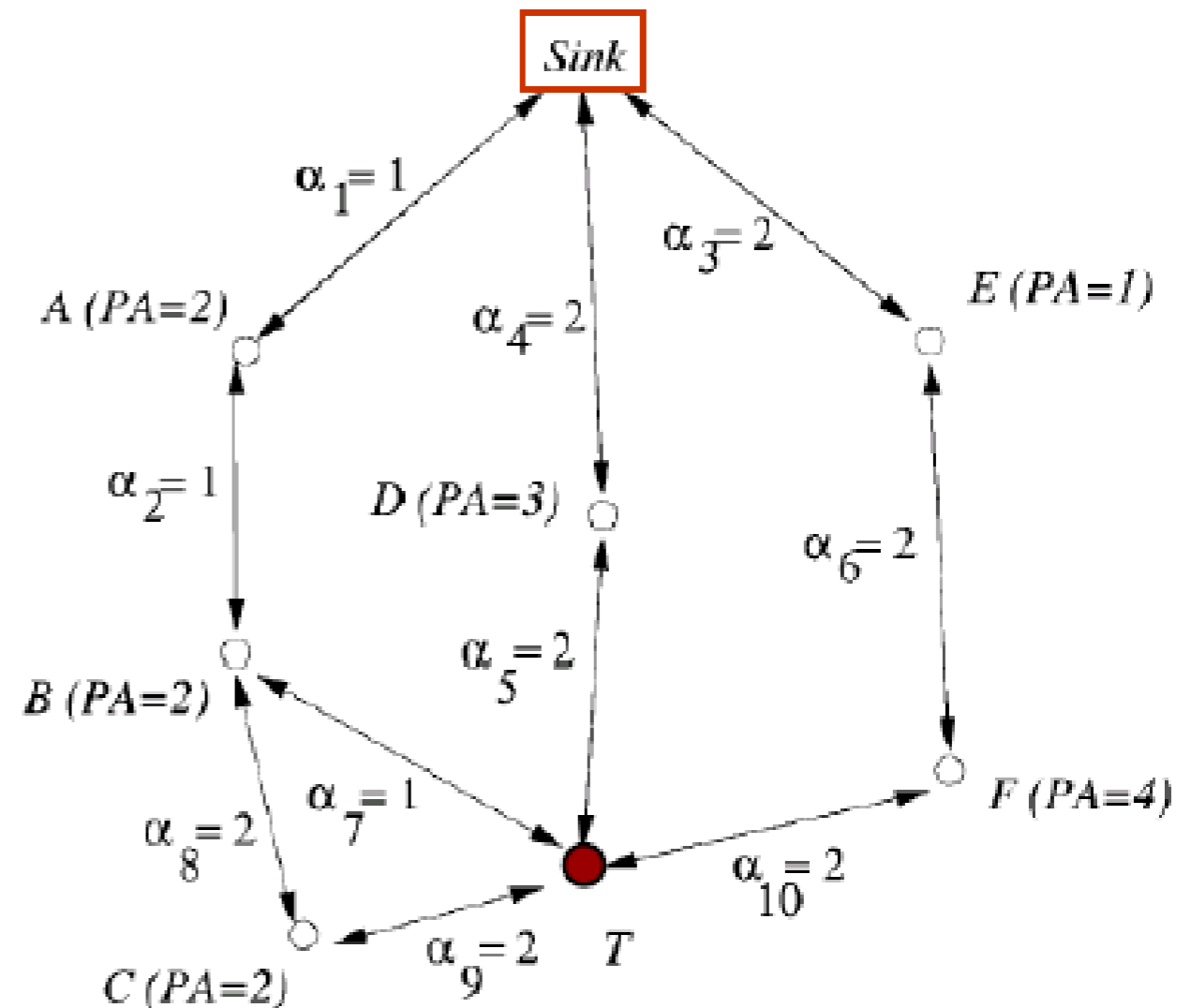


Fig. 4. The power efficiency of the routes.

Agrégation de données

Comment économiser l'énergie?

- Le coût (**consommation de l'énergie**) de transmission des données est jusqu'à **70%** par rapport au coût général dans un capteur
- Les réseaux de capteurs sont **denses**, ce qui implique que deux nœuds voisins peuvent capter la **même information**

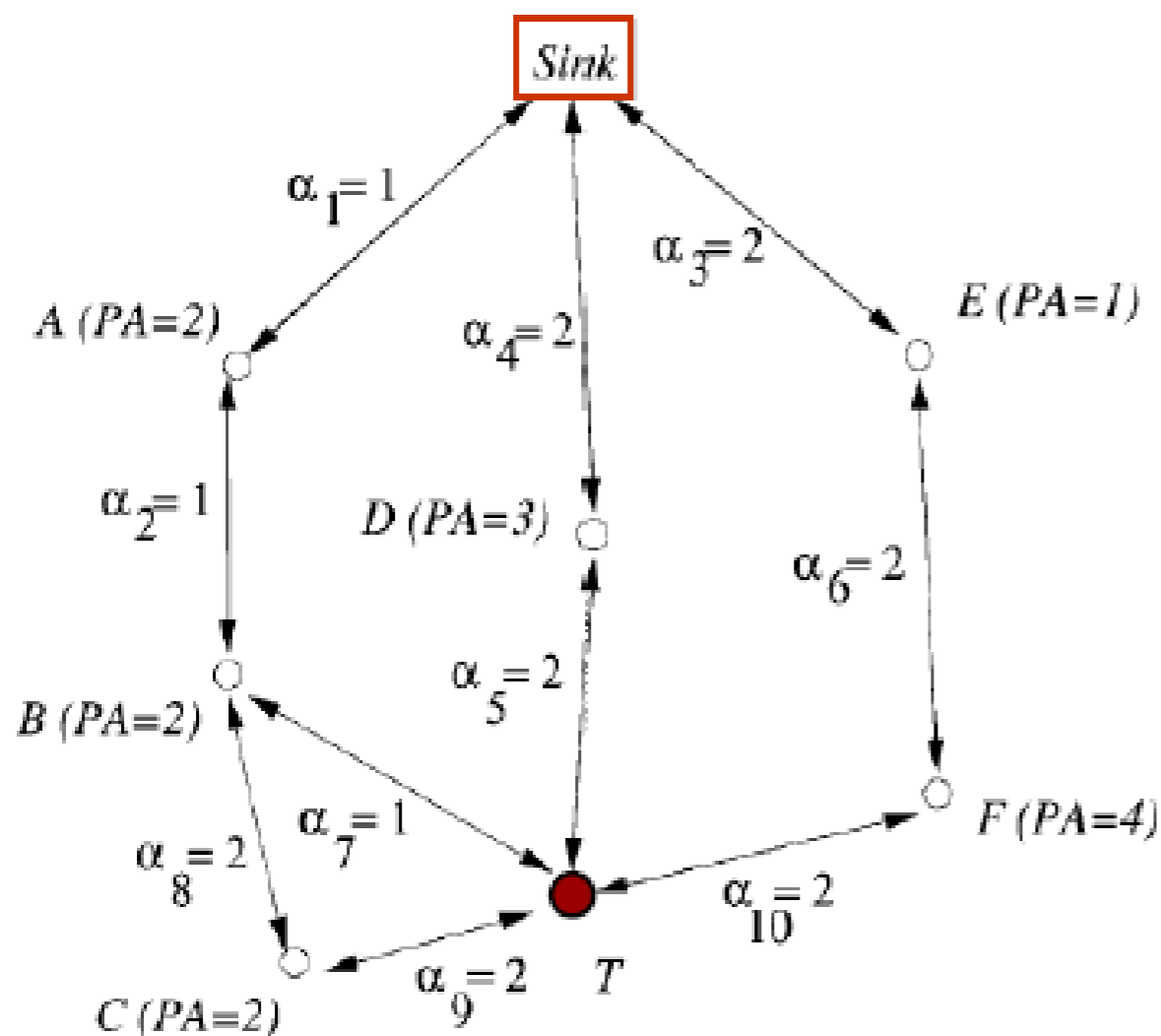


Utilisation de mécanisme d'agrégation

- Remplacer les lectures individuelles par une vue collaborative sur une zone
- Utilisation de fonctions d'agrégat :
 - MAX
 - MIN
 - MOYENNE
- Moins de messages émis
- Économie d'énergie

Stratégie de routage

■ Stratégies de Routage: Power efficiency



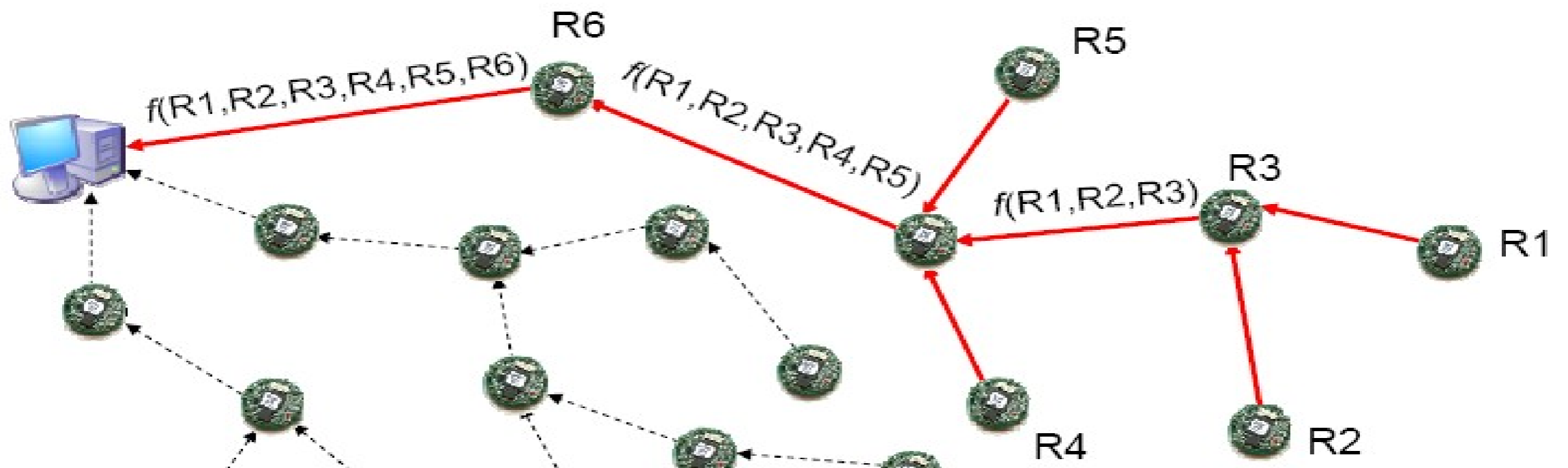
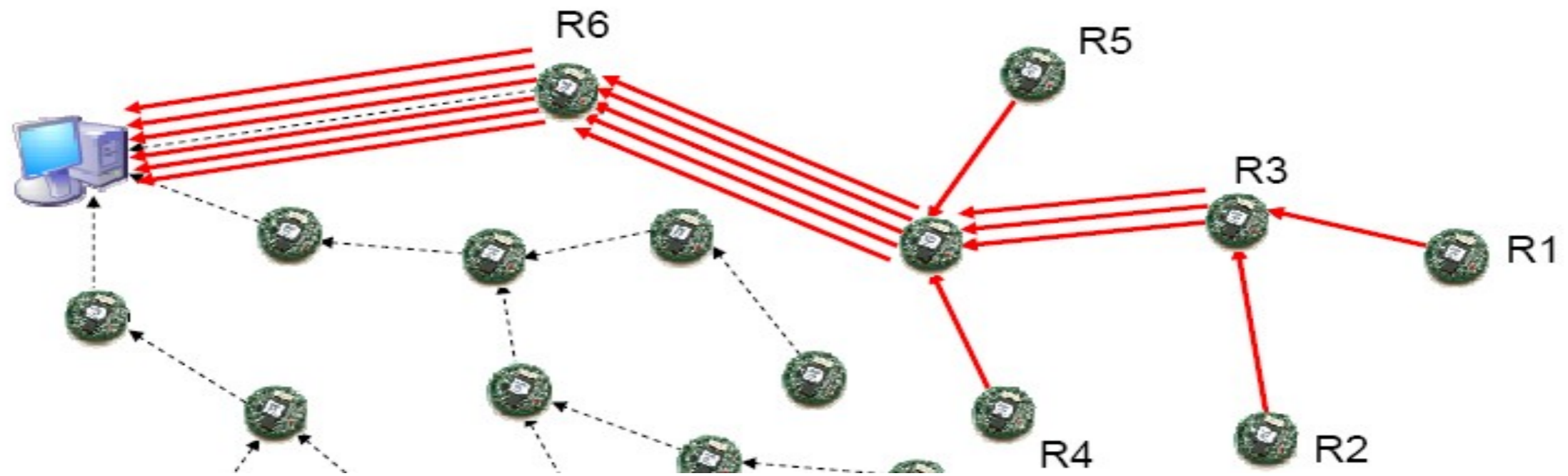
- *Route 1*: Sink-A-B-T, total PA = 4, total $\alpha = 3$,
- *Route 2*: Sink-A-B-C-T, total PA = 6, total $\alpha = 6$,
- *Route 3*: Sink-D-T, total PA = 3, total $\alpha = 4$,
- *Route 4*: Sink-E-F-T, total PA = 5, total $\alpha = 6$,

- Maximum available power (PA) route: **Route 2**
- Minimum energy (ME) route: **Route 1**
- Minimum hop (MH) route: **Route 3**
- Maximum minimum PA node route: **Route 3**

Fig. 4. The power efficiency of the routes.

Agrégation de données

Comment économiser l'énergie?



WSN Vs Ad hoc

Capteurs	Ad-hoc
1. Objectif ciblé	1. Générique / communication
2. Nœuds collaborent pour remplir un objectif	2. Chaque nœud a son propre objectif
3. Flot de données « Many-to-one »	3. Flot « Any-to-any »
4. Très grand nombre de nœuds n'ayant pas tous une ID	4. Notion d'ID
5. Energie est un facteur déterminant	5. Débit est majeur
6. Utilisation du broadcast	6. Communication point à point