

# Bluetooth Low Energy

Lauriane Aufrant & Virgile Quintin

Télécom ParisTech – cursus ROSE

28 février 2014

# Historique

- 2001 : début du développement par Nokia
- 2004 : premiers résultats publiés
- 2006 : Wibree
- 06/2007 : BLE, après négociation avec le Bluetooth SIG
- 2010 : ajout à BT 4.0

# Concept du BLE

- Différent de Bluetooth
- Minimiser la consommation énergétique
- Complémentarité avec Bluetooth

# Performances

- Bande d'émission : 2.4-2.5 GHz (ISM)
- Portée : jusqu'à 50 mètres
- Débit : 0.3 Mb/s

# Principes

- Faible consommation
- Paquets courts
- Asymétrie
- Modularité
- Scalabilité

# Faible consommation

- Pile bouton CR2032 : 3V, 230 mAh
- Batterie endommagée à 15 mA
- Leviers de réduction :
  - Taille de la mémoire
  - Durée des connexions
  - Pas d'attente active
- Active 4% du temps, à 10 mA : 24 jours théoriques
- Objectif : mois, années...

# Paquets courts

- Moins de déviation en fréquence
- Pas de chauffe, la batterie dure plus longtemps
- Nécessitent moins de mémoire

# Asymétrie

- Émission / réception
- Maître / esclave, advertiser/scanner
- Client / serveur
  
- Appareil à très faible consommation :
  - esclave
  - advertiser
  - serveur



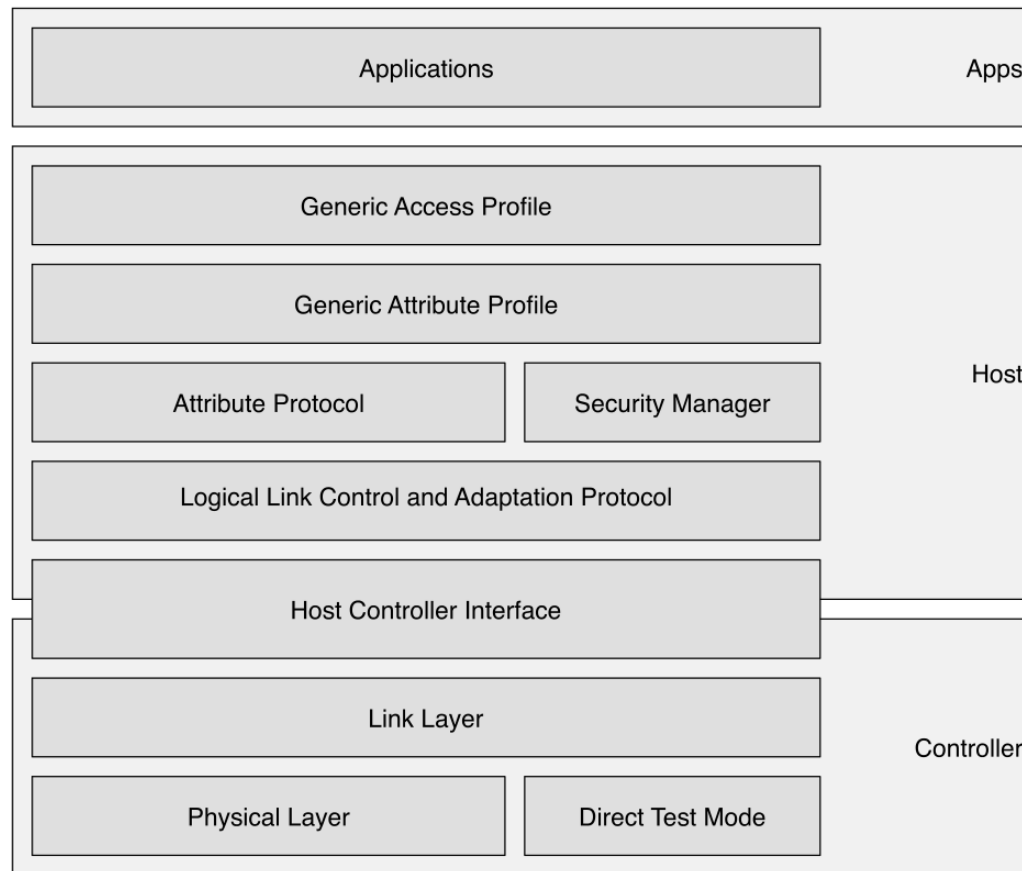
# Modularité

- Abstraction robuste au temps
- Architecture orientée service
  - Appels entre services
  - Profils regroupant des services génériques

# Scalabilité

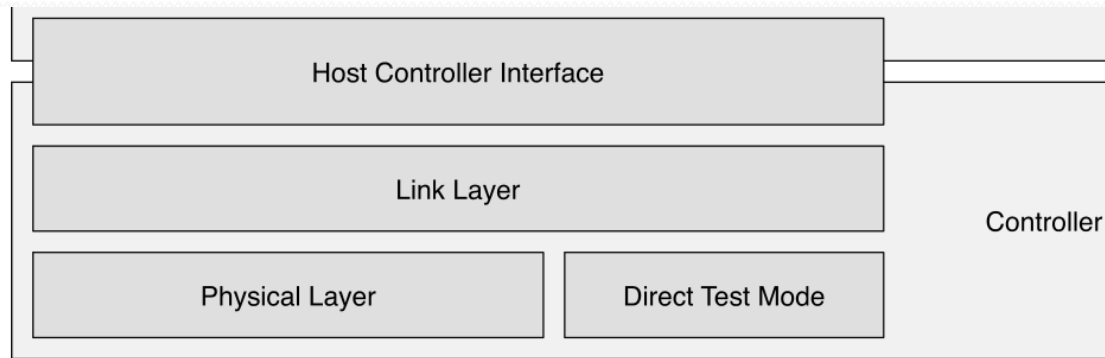
- Bluetooth : pas plus de 7 appareils connectés
- BLE : autant qu'on veut...
  
- Connexions courtes : 3-40 ms
  
- Équipement rapide des appareils sur le marché

# Architecture



Source : Bluetooth Low Energy: The Developer's Handbook, p.28

# Contrôleur

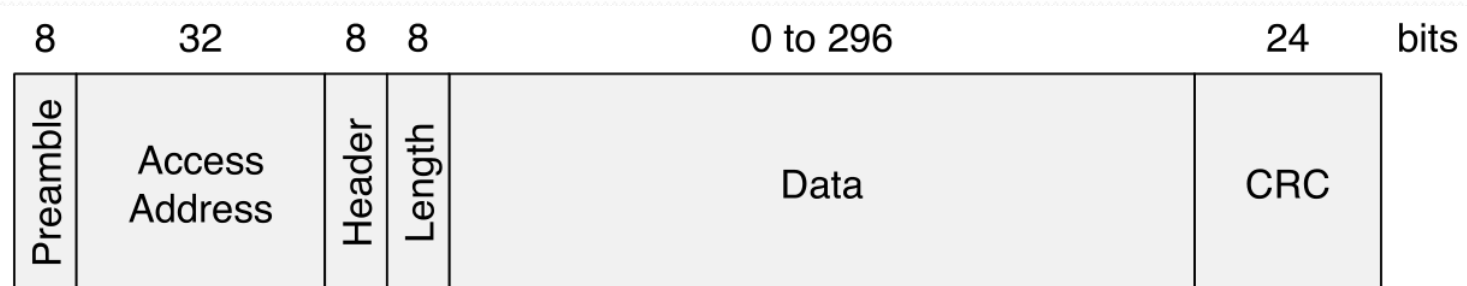


Source : Bluetooth Low Energy: The Developer's Handbook, p.28

- Physical Layer : Gaussian Frequency Shift Keying
- Au moins +/- 185 kHz pour discriminer 1 et 0
- 40 canaux de 2 MHz

# Link Layer

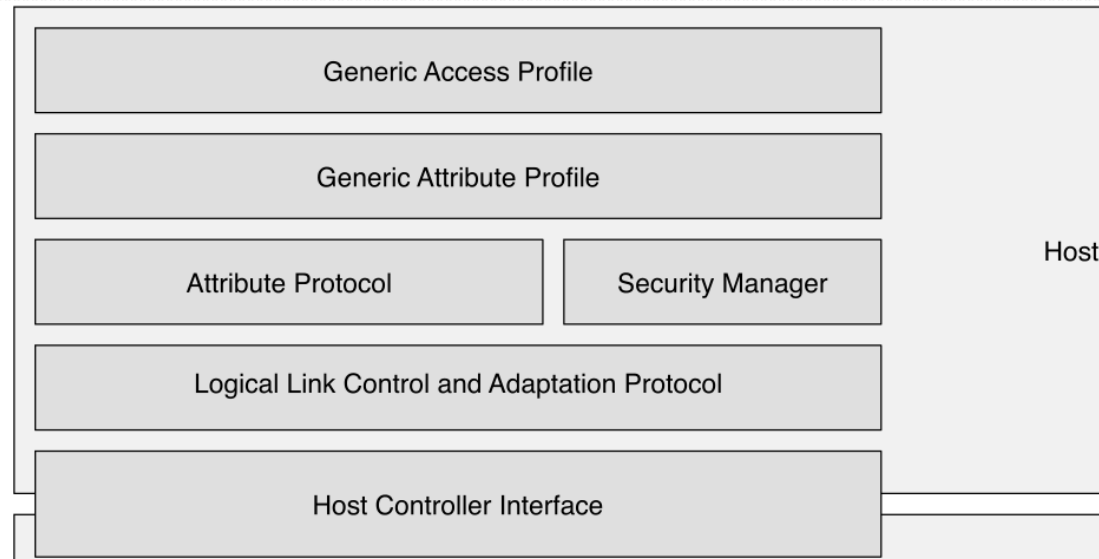
- Scanner/advertiser
  - 3 canaux d'advertising
- Créer et maintenir les connexions
  - 37 canaux de données
- Vérifie si les paquets ont le bon format



**Figure 3–2** The Link Layer packet structure

Source : Bluetooth Low-Energy: The Developer's Handbook

# Hôte



Source: Bluetooth Low Energy: The Developer's Handbook, p.28

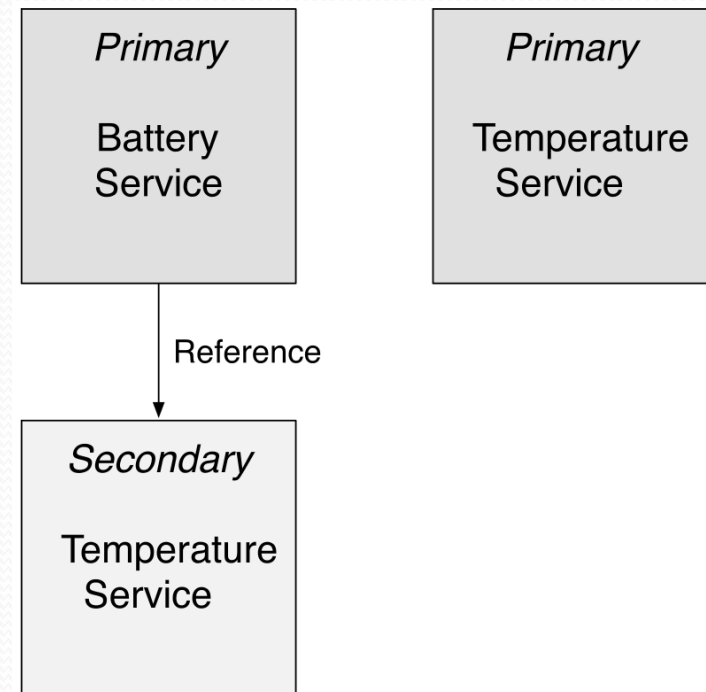
- L2CAP : multiplexage jusqu'à 3 canaux et gestion de la segmentation des paquets
- SMP : pairage et distribution de clés
- GAP : définit comment les appareils peuvent en découvrir d'autres et se connecter

# Attribute Protocol

- Définit les règles pour accéder aux données
- 6 types de messages
  - requête + réponse
  - commande
  - notification
  - indication + confirmation
- Nécessite peu de mémoire, sauf pour les requêtes d'écriture qui sont combinées

# Generic Attribute Profile

- Type des attributs
- Relations entre les services
- Découvrabilité des services



Source : Bluetooth Low Energy: The Developer's Handbook



# Application Layer

- Caractéristiques
  - UUID
  - computer-readable
- Services
  - human-readable
- Profils

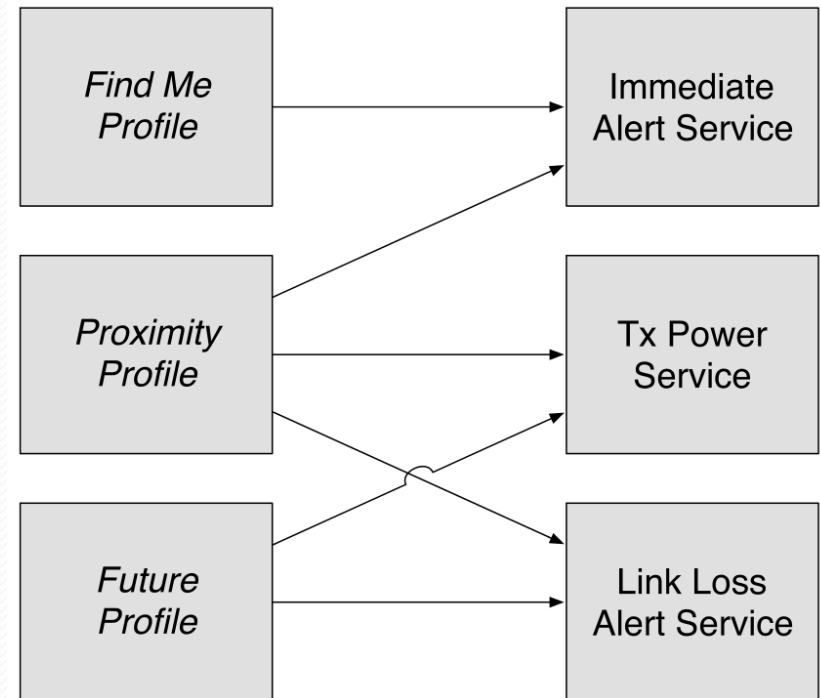


Figure 3-5 Complex profile service relationships

Source : Bluetooth Low Energy: The Developer's Handbook

# Références

- *Bluetooth Low Energy: The Developer's Handbook*, Robin Heydon
- Bluetooth Core Specification 4.0
- <http://www.bluetooth.com/Pages/low-energy-tech-info.aspx>
- <http://developer.android.com/guide/topics/connectivity/bluetooth-le.html>