

# Thread : un protocole pour réseaux sans fil taillé pour l'ère de l'Internet des objets

Les capteurs et actionneurs disséminés dans la maison connectée sont soumis à de fortes contraintes et ils ont aujourd'hui besoin d'un nouveau protocole de communication sans fil qui combine l'efficacité de l'adressage IP natif avec un support robuste du maillage réseau et un fonctionnement à faible consommation énergétique. Silicon Labs explique ici pourquoi le protocole Thread répond à ce besoin.

## AUTEUR



David Egan, directeur produits senior, Produits IoT, Silicon Labs.

Les maisons connectées exploitent actuellement une variété de normes de communication sans fil pour relier des équipements tels que des ordinateurs, des appareils mobiles, des lecteurs multimédias et des imprimantes. Jusqu'à présent, le Wi-Fi a été la cheville ouvrière des réseaux résidentiels, en particulier lorsqu'il s'agit de transférer des contenus multimédias numériques. Les propriétaires et locataires s'approprient toutefois à franchir une nouvelle étape au moment où ils cherchent à améliorer leur confort, leur qualité de vie et l'efficacité énergétique de leur logement en dotant d'une connexion Internet des dispositifs divers et variés tels que les régulateurs de chauffage, les capteurs de luminosité, les interrupteurs et les détecteurs de sécurité disséminés dans toute la maison. L'Internet des objets (IoT) gagne en effet la maison connectée.

Comme beaucoup d'autres dispositifs IoT, les capteurs et actuateurs en réseau qui sont aujourd'hui proposés pour les applications domestiques connectées sont extrêmement sensibles au niveau énergétique. Ils doivent typiquement fonctionner pendant plusieurs années avec une simple pile (ou batterie) tout en affichant de fortes contraintes en termes de puissance de calcul, de taille mémoire et d'encombrement physique. Le choix d'une norme de communication sans fil est en fait déterminant pour s'assurer que toutes ces exigences de performance et de connectivité seront effectivement respectées.

## Les candidats en lice pour la connectivité

Les technologies de communication sans fil qui ont pignon sur rue imposent un certain nombre de com-

promis quand elles sont utilisées pour interconnecter des « objets » de la maison et pour connecter ceux-ci à l'Internet. Bien que le Wi-Fi affiche un très haut débit apte à véhiculer des flux audio et/ou vidéo et des données dans toute la maison, sa consommation est généralement trop élevée pour convenir à de petits appareils alimentés sur pile ou batterie. Par contre, son support natif du protocole IP (Internet Protocol) permet une connexion simple et directe à l'Internet.

La technologie Bluetooth Smart, de son côté, consomme peu mais elle a été conçue pour la communication de données en point à point et pour des transferts de données en bloc entre les smartphones et leurs accessoires. Par contre, la spécification Bluetooth Core 4.2 fournit désormais une brique de base pour la connectivité IP native grâce au support des protocoles IPv6 et 6LoWPAN.

Quant aux technologies de réseaux maillés à faible consommation qui utilisent la plate-forme radio IEEE 802.15.4, elles sont conçues pour des applications de contrôle et d'automatisation se satisfaisant d'une faible bande passante. Dans ce cadre, ZigBee PRO est resté le protocole dominant pendant plus d'une décennie, car il s'avère bien adapté à la connexion de centaines de capteurs et d'actionneurs répartis dans toute la maison. Les réseaux ZigBee PRO peuvent communiquer à des débits atteignant 250 kbit/s, et leur consommation est suffisamment faible pour garantir une autonomie des piles et batteries de plusieurs années. Cependant, ZigBee PRO ne

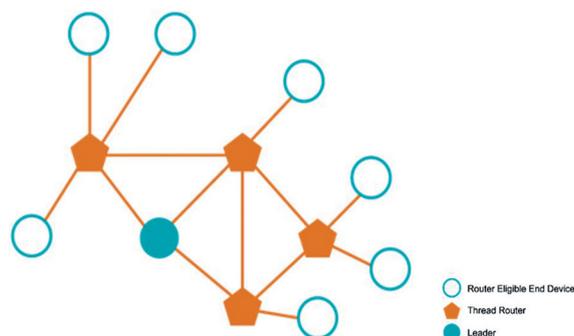
## COMPARAISON DES TECHNOLOGIES WI-FI, BLUETOOTH SMART ET DES PROTOCOLES DE RÉSEAUX MAILLÉS COMPATIBLES IEEE 802.15.4

	WI-FI	BLUETOOTH SMART	IEEE 802.15.4	
			ZIGBEE PRO	THREAD
Bande passante	150Mbit/s+	1Mbit/s	250kbit/s	250kbit/s
Faible consommation d'énergie	Non	Oui	Oui	Oui
Adressage IP natif	Oui	Non	Non	Oui
Simple relais IP	Oui	Non	Non	Oui
Réseau maillé	Non	Non	Oui	Oui
Taille limite du réseau	32	10	250+	250+
Support de la sécurité	AES-128/256	AES-128	AES-128	AES-128, ECC
Aucun point de défaillance	Non	Non	Non	Oui

La faible consommation d'énergie du protocole Thread et sa capacité à supporter des configurations de réseaux maillés robustes et auto-organisés sont des caractéristiques avec lesquelles ni le Wi-Fi ni le Bluetooth Smart ne peuvent rivaliser.

## 1 LES DIFFÉRENTS TYPES DE NŒUDS DANS UN RÉSEAU THREAD

Un réseau Thread typique est constitué de nœuds REED (Router Eligible End Devices), d'un Leader et de Routeurs Thread. Les nœuds d'extrémité REED (End Device) peuvent devenir des routeurs s'ils sont nécessaires pour le déploiement du maillage.



fournit pas de support IP natif.

Mais une nouvelle alternative de réseau maillé basé sur IP est maintenant disponible. Le protocole Thread a en effet été développé pour répondre aux besoins spécifiques des applications de la maison connectée et dépasser les limitations des normes actuelles pour réseaux sans fil. La spécification a été publiée en avril 2015 par le Thread Group, qui compte parmi ses membres des fournisseurs majeurs de semi-conducteurs, de produits grand public et de systèmes pour la maison connectée. Comme ZigBee PRO, Thread repose sur la plate-forme radio IEEE 802.15.4. Cependant, contrairement à ZigBee PRO, il fournit un adressage IP natif. En outre, la faible consommation d'énergie du protocole Thread et sa capacité à supporter des configurations de réseaux maillés robustes et auto-organisés sont des caractéristiques avec lesquelles ni le Wi-Fi ni le Bluetooth Smart ne peuvent rivaliser (voir tableau).

### Support IP natif pour une plus grande efficacité

L'adressage IP natif est une caractéristique précieuse pour les applications de la maison connectée. IP fournit les mécanismes de base pour relayer des datagrammes au travers des réseaux IP et possède des capacités de routage qui permettent l'interconnexion de réseaux. Les technologies réseau qui ne supportent pas nativement IP doivent d'abord être adaptées à IP par le biais d'une passerelle. Ce processus implique un mappage des adresses du réseau

local et le reconditionnement de la charge utile au niveau réseau au sein d'un datagramme IP. En revanche, les réseaux locaux qui supportent nativement IP tels que Thread et Wi-Fi peuvent transmettre et router la charge utile des applications sans intervention supplémentaire. Les paquets cryptés au niveau du réseau local peuvent rester sécurisés de bout en bout.

### Le maillage réseau avec un « plus »

En combinant une faible consommation d'énergie avec le support natif d'IP, Thread fournit des caractéristiques uniques qui permettent une connectivité sans couture entre les « objets » et l'Internet. A cet égard, Thread profite des fonctionnalités supportées par 6LoWPAN (IPv6 over Low Power Wireless Personal Area Networks) pour transmettre efficacement des datagrammes IPv6 sur des liens radio IEEE 802.15.4. Parmi celles-ci, on trouve notamment l'adaptation de la taille des paquets, la compression des en-têtes, et le transfert de couche 2 (L2F, Layer-Two Forwarding) qui permet l'utilisation du routage IP pour transmettre des paquets. Par ailleurs, Thread simplifie la configuration et le provisioning (allocation automatique de ressources) en ne supportant que deux types de nœuds : les nœuds routeurs RE (Router Eligible) et les nœuds d'extrémité ED (End Device). Les nœuds de type RE deviennent des routeurs s'ils sont nécessaires pour le déploiement du maillage. Le premier nœud RE utilisé pour former le réseau sera désigné comme routeur autonome ainsi que comme Leader. Un nœud Leader effectue des tâches supplémentaires de gestion de réseau et prend les décisions au nom du réseau. D'autres nœuds RE dans le

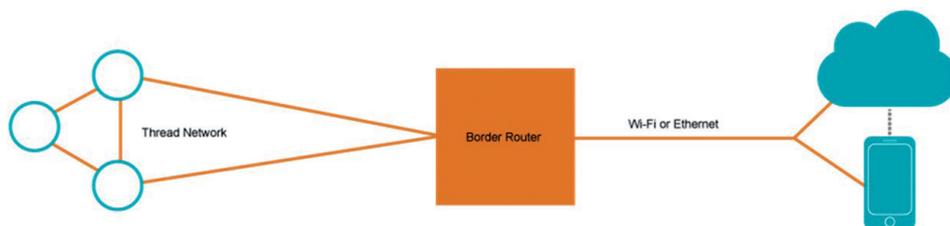
réseau peuvent assumer le rôle de Leader, mais il n'y a qu'un seul Leader par réseau à un moment donné. Les nœuds qui rejoignent le réseau en tant que nœuds ED ne prennent en charge aucune des fonctions de routage. Par contre, ils envoient leurs messages à un routeur désigné comme son « parent » et ce parent effectue les opérations de routage pour le compte de son « enfant ». Les nœuds d'extrémité routent leurs communications via leurs parents et peuvent être programmés pour entrer en mode veille afin de réduire la consommation d'énergie. Les ED qui ne réussissent pas à communiquer avec leur parent après plusieurs tentatives rechercheront et s'attacheront à un nouveau parent de manière autonome (figure 1).

### Une messagerie économe en ressources

Tous les dispositifs d'un réseau Thread disposent d'une adresse IPv6 et peuvent être accédés directement par des dispositifs présents en local sur le réseau domestique HAN (Home Area Network) ou par des dispositifs situés en dehors de ce réseau au travers de routeurs IP compatibles Thread et appelés routeurs de bordure (Border Router) (figure 2). Au niveau messagerie, Thread utilise le protocole UDP (User Datagram Protocol) plutôt que le protocole TCP (Transmission Control Protocol). UDP ne supporte pas certaines fonctionnalités TCP telles que le contrôle d'erreur, le séquençage des paquets et les retransmissions. Cette approche simplifiée permet une transmission plus rapide et plus efficace, ce qui rend UDP mieux adapté aux appareils fonctionnant sur piles ou batteries (donc limités en ressource énergétique). En outre, Thread utilise le protocole CoAP (Constrained Applica-

## 2 LA CONNEXION À UN RÉSEAU THREAD

Tous les dispositifs d'un réseau Thread peuvent être accédés directement par des dispositifs présents en local sur le réseau domestique HAN (Home Area Network) ou par des dispositifs situés en dehors de ce réseau au travers de routeurs IP compatibles Thread et appelés routeurs de bordure (Border Router).



tion Protocol) pour surmonter certaines des limitations de l'UDP. Cette association de protocoles « légers » permet une traduction aisée vers HTTP et l'interrogation directe des dispositifs IoT à partir d'un navigateur.

A l'instar du Wi-Fi, Thread se concentre sur le transport sécurisé et fiable des informations et ne spécifie pas de couche applicative. Au lieu de cela, il fournit des services de messagerie unicast et multicast qui permettent le support de nombreuses couches IP applicatives. Afin de simplifier l'utilisation de ces services et rationaliser le développement de code, Silicon Labs a notamment développé l'outil AppBuilder, qui permet de faire abstraction des caractéristiques spécifiques de la pile de protocoles et qui fournit une interface utilisateur graphique (GUI) simple pour configurer les dispositifs et les paramètres réseau.

### Sobriété, évolutivité et sécurité

Thread assure un fonctionnement à faible consommation du réseau grâce à la mise en place de nœuds d'extrémité en mode sommeil la plupart du temps, donc dans un état de basse consommation. Les messages destinés à ces nœuds en sommeil sont mis en tampon par leur nœud parent et transmis seulement après

que le nœud d'extrémité s'est réveillé et a interrogé son parent.

Thread peut se déployer sur des réseaux contenant plus de 250 nœuds. Le nombre maximum de routeurs actifs est de 32, ce qui permet aux informations de routage d'être diffusées efficacement au travers du réseau et assure à tous les routeurs une parfaite visibilité sur toutes les routes de transmission disponibles sur le réseau. Au fur et à mesure que des nœuds sont ajoutés au réseau, celui-ci s'adapte via l'échange de messages de type MLE (Mesh Link Establishment) et la topologie peut également changer. Les nœuds d'extrémité ED qui peuvent également devenir routeurs RE ont à tout moment la possibilité de demander au Leader du réseau de devenir routeurs si cela est jugé nécessaire afin d'améliorer la performance globale du réseau.

Comme dans un réseau maillé, Thread est capable d'autoguérison et ne présente aucun point de défaillance unique. Si un routeur tombe en panne, le réseau reroutera dynamiquement le trafic en évitant le nœud défaillant. Si un Leader échoue, un autre routeur sur le réseau sera élu de manière autonome en tant que nouveau Leader. Plusieurs routeurs de bordure peuvent aussi être utilisés afin d'assurer une redondance de sécurité pour la communication hors réseau.

Toute norme de connectivité qui est

destinée à une utilisation pour l'IoT se doit enfin de fournir une sécurité robuste. Thread utilise le chiffrement AES-128 pour protéger toutes les transactions sur le réseau au niveau de la couche MAC (Media Access Control). En outre, les protocoles de sécurité IP basés sur des standards tels que DTLS peuvent être utilisés au niveau applicatif de façon à sécuriser encore plus les charges utiles des applications. Une combinaison d'algorithmes ECC et J-PAKE permet également d'ajouter en toute sécurité de nouveaux dispositifs au réseau.

Pour ajouter un périphérique au réseau, un dispositif de mise en service (ou commissionnaire) est nécessaire. Cela peut être soit un dispositif hors réseau comme un smartphone ou un ordinateur, ou un dispositif du réseau Thread. Les appareils hors réseau doivent d'abord être authentifiés à l'aide d'une procédure de handshake DTLS sécurisée. Une fois autorisé, le commissionnaire activé sera connu de tout le réseau Thread. Quand un nouveau périphérique sera ajouté, un utilisateur en instruira alors le commissionnaire et saisira un mot de passe unique associé au dispositif ajouté de façon à établir une session DTLS sécurisée pour l'authentification et l'autorisation. Le nouveau dispositif aura alors accès au réseau Thread et le commissionnaire deviendra inactif. ■

**EMBARQUÉ**  
Logiciels & systèmes



## La force d'un média numérique intégré

Site Internet + Newsletter + eMagazine

ACCÈS ILLIMITÉ

1 an  
**120** € HT\*

6 mois  
**60** € HT\*

\*TVA applicable : 20%

**Abonnez-vous ici !**