

Concevoir des systèmes de suivi multi-connectivité pour la surveillance du bétail, la gestion de flotte et la logistique de l'Industrie 4.0

Auteur : Rolf Horn, ingénieur d'applications chez Digi-Key Electronics

La surveillance de l'état et le suivi des actifs en temps réel sont essentiels dans les opérations agricoles telles que la gestion du bétail, l'entreposage en chaîne du froid pour les produits alimentaires et pharmaceutiques, la gestion des flottes de véhicules et les opérations de production flexibles de l'Industrie 4.0. Il s'agit d'un processus complexe impliquant plusieurs capteurs pour surveiller les conditions environnementales. Cela souligne que l'actif est soumis à la capacité du système global de navigation par satellite (GNSS) multi-constellation, y compris GPS, Galileo, Glonass, BeiDou et QZSS pour garantir des informations de localisation précises. De plus, les solutions multi-connectivité fournissent une communication rapide de l'emplacement et de l'état de l'actif, quel que soit l'environnement, y compris la connectivité au cloud pour prendre en charge la surveillance centralisée. Le système doit également être écoénergétique pour minimiser le besoin d'alimentation par batterie, et il doit être sécurisé et protégé contre le piratage.

La conception d'un système de suivi des actifs et de surveillance de l'état est une activité multidisciplinaire complexe qui consomme de nombreuses ressources et prend beaucoup de temps. En plus des complexités associées à la conception matérielle, les données doivent être connectées en toute sécurité au cloud et aux dispositifs mobiles pour que la multitude d'informations générées soit disponible dans des formats exploitables.

Au lieu de commencer avec une page blanche lors de la conception de systèmes de suivi des actifs, les concepteurs peuvent se tourner vers des kits de développement et des conceptions de référence qui simplifient le prototypage, les tests et l'évaluation des applications avancées de suivi des actifs. Cet article aborde le système GNSS, les capteurs, la connectivité et d'autres éléments à prendre en compte lors du développement de systèmes de suivi des actifs et de surveillance de l'état, puis présente un [kit de développement](#) complet de [STMicroelectronics](#) qui inclut plusieurs circuits imprimés pour les différents types de capteurs, le positionnement GNSS et les capacités de communication. Le kit comprend également une batterie et un système avancé de gestion de l'alimentation pour optimiser la durée de vie des batteries, des bibliothèques de logiciels et de micrologiciels, et des outils de développement d'applications.

Localiser un actif

La première étape du suivi des actifs consiste à recueillir des informations sur la localisation en cours à l'aide du format de données NMEA (National Marine Electronics Association). Le format NMEA est la norme utilisée par tous les fabricants de GPS pour garantir l'interopérabilité. Le format de message NMEA standard est appelé trame. NMEA définit plusieurs trames pour fournir différents types d'informations, notamment :

- GGA – Données fixes du système de positionnement mondial, y compris les coordonnées 3D, l'état, le nombre de satellites utilisés et d'autres données
- GSA – Dilution de la précision (DOP) et satellites actifs
- GST – Statistiques sur les erreurs de position
- GSV – Nombre de satellites visibles et quantité de bruit pseudo-aléatoire (PRN), élévation, azimuth et rapport signal/bruit pour chaque satellite
- RMC – Position, vitesse et temps
- ZDA – Jour, mois et année UTC et décalage du fuseau horaire local

L'utilisation du format NMEA simplifie le développement de logiciels de localisation car une interface commune peut être utilisée pour différents types de récepteurs GPS, et des jeux de données spécifiques peuvent être facilement accessibles à l'aide de la trame correspondante.

Comment améliorer la précision

Les données GNSS brutes ne fournissent qu'une précision de localisation limitée. Des outils sont disponibles pour améliorer l'estimation de l'emplacement, y compris le service de GPS différentiel (DGPS) qui fournit des signaux de correction à l'équipement de navigation GPS à bord des navires. Le DGPS utilise le protocole RTCM (Radio Technical Commission for Maritime) pour fournir des données de localisation améliorées. De plus, des systèmes de renforcement satellitaires (SBAS) sont disponibles pour améliorer la précision des informations de position, y compris le système WAAS (Wide Area Augmentation System) en Amérique, le système EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay System) en Europe, le système MSAS (Multi-functional Satellite Augmentation System) en Asie, et le système GAGAN (GPS-Aided GEO Augmented Navigation), un système SBAS régional en Inde (Figure 1).



Figure 1 : Le récepteur GNSS multi-constellation [TESEO LIV3F](#) inclut une suite d'outils, notamment DGPS, SBAS et RTCM (en bas à gauche), pour permettre des solutions de localisation hautement précises. (Source de l'image : STMicroelectronics)

État de l'actif

Dans de nombreux cas, connaître l'emplacement de l'actif n'est que l'une des pièces du puzzle. Il peut être important de collecter des informations sur l'état de l'actif, y compris son état physique et s'il est en mouvement ou à l'arrêt. Selon les besoins, différents capteurs peuvent être déployés, y compris :

- Capteur de température avec une plage de températures de fonctionnement de -40°C à +125°C, une haute précision et un étalonnage traçable par le NIST (National Institute of Standards and Technology) et vérifié conformément à la norme IATF 16949:2016.
- Capteur de pression, un capteur absolu piézorésistif MEMS compact et robuste pouvant être utilisé comme baromètre à sortie numérique avec une plage de pressions absolues de 260 à 1260 hectopascals (hPa), ou millibars. Il doit être hautement précis et inclure une compensation de température.
- Capteur d'humidité avec une plage de températures de fonctionnement de -40°C à +120°C et une plage de mesure d'humidité de 0 à 100 % d'humidité relative (HR). Il doit être compensé en température avec une précision HR de $\pm 3,5$ % de 20 à 80 % d'humidité relative.

- Unité de mesure inertielle (IMU) incluant un gyroscope 3D et un accéléromètre 3D MEMS pour déterminer si l'actif est en mouvement ou à l'arrêt.
- Accéléromètre tel qu'un accéléromètre linéaire à trois axes basé MEMS pour mesurer l'exposition de l'actif aux chocs et aux vibrations.

Connectivité sécurisée

Une fois que l'emplacement et l'état de l'actif ont été déterminés, il est temps de communiquer ces informations. Selon les circonstances, cela peut nécessiter une combinaison de connectivité sécurisée longue et courte portée. Dans le cas de la plateforme de suivi des actifs multi-connectivité STEVAL-ASTRA1B de STMicroelectronics, la connectivité et la sécurité sont prises en charge par plusieurs éléments système sur la carte principale, notamment (Figure 2) :

- Le STM32WB5MMG est un module sans fil 2,4 GHz certifié, intégrant un dispositif STM32WB Arm® Cortex®-M4/M0+ double cœur, des quartz et une antenne monopuce avec un réseau d'adaptation. Il inclut une pile Bluetooth Low Energy (BLE) et prend en charge Open Thread, Zigbee et d'autres protocoles 2,4 GHz.
- Le STM32WL55JC offre une connectivité sans fil longue portée. Il est également doté d'Arm Cortex-M4/M0+ double cœur et peut prendre en charge des protocoles tels que GFSK, LoRa et autres. Le circuit d'entrée RF dans la version standard prend en charge les bandes 868 MHz, 915 MHz et 920 MHz. La modification de certains composants permet au module de prendre en charge des fréquences plus basses.
- L'élément sécurisé STSAFE-A110 se connecte au STM32WB5MMG pour une gestion et une authentification sécurisées des données. Il est conçu pour prendre en charge les réseaux Internet des objets (IoT) tels que le suivi des actifs et inclut un système d'exploitation sécurisé et un microcontrôleur sécurisé.

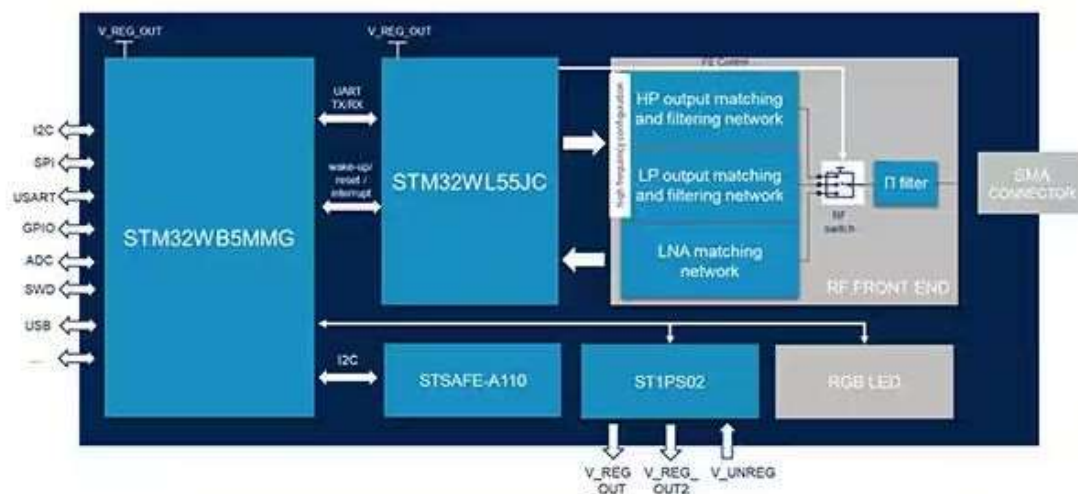


Figure 2 : La carte principale dans la plateforme de suivi des actifs STEVAL-ASTRA1B inclut le STM32WB5MMG pour la connectivité à courte portée, le STM32WL55JC pour la connectivité à longue portée et le STSAFE-A110 pour un fonctionnement sécurisé. (Source de l'image : STMicroelectronics)

Environnement de développement de suivi des actifs

Les développeurs d'applications de suivi des actifs peuvent se tourner vers la conception de référence et le kit de développement matériel et logiciel [STEVAL-ASTRA1B](#) de STMicroelectronics qui facilitent le prototypage, le test et l'évaluation des systèmes avancés de suivi des actifs (Figure 3). Le STEVAL-ASTRA1B est architecturé autour du module [STM32WB5MMG](#) et du SoC [STM32WL55JC](#) qui se combinent pour une connectivité courte et longue portée (BLE, LoRa et protocoles propriétaires 2,4 GHz et sub-1 GHz). Pour la

connectivité NFC, le [ST25DV64K](#) est disponible. Le [STSAFE-A110](#) prend en charge un fonctionnement sécurisé, et le module GNSS [TESEO-LIV3F](#) fournit un positionnement extérieur.



Figure 3 : La plateforme STEVAL-ASTRA1B inclut tous les outils matériels, micrologiciels et logiciels nécessaires pour développer des systèmes de suivi avancés. (Source de l'image : DigiKey)

Le récepteur de positionnement GNSS est compatible avec six systèmes, dont GPS, Galileo, GLONASS, BeiDou, QZSS et NavIC (également appelé IRNSS). Le système inclut également la prise en charge des systèmes SBAS WAAS, EGNOS, MSAS, WAAS et GAGAN. Un filtre coupe-bande à bande étroite est inclus pour l'anti-brouillage.

De nombreux capteurs sont inclus pour la surveillance d'état, y compris (Figure 4) :

- [STTS22HTR](#) – Capteur de température numérique utilisable de -40°C à $+125^{\circ}\text{C}$ avec une précision maximum de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ de -10°C à $+60^{\circ}\text{C}$ et une sortie de données de température 16 bits. L'étalonnage est traçable par le NIST et le dispositif est testé et vérifié à 100 % avec un équipement étalonné selon la norme IATF 16949:2016.
- [LPS22HHTR](#) – Capteur de pression absolue piézorésistif MEMS, utilisé comme baromètre à sortie numérique pouvant mesurer de 260 à 1260 hPa de pression absolue. Il présente une précision de pression absolue de 0,5 hPa et un bruit de capteur basse pression de 0,65 Pa, produisant une sortie de données de pression de 24 bits.
- [HTS221TR](#) – Capteur de température et d'humidité relative. Il peut mesurer de 0 à 100 % d'humidité relative avec une sensibilité de 0,004 % HR/bit le moins significatif (LSB), une précision d'humidité de $\pm 3,5$ % HR de 20 à +80 % HR et une précision de température de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ de $+15^{\circ}\text{C}$ à $+40^{\circ}\text{C}$.
- [LIS2DTW12TR](#) – Accéléromètre linéaire à trois axes MEMS et capteur de température avec pleines échelles sélectionnables par l'utilisateur de ± 2 g/ ± 4 g/ ± 8 g/ ± 16 g pouvant mesurer des accélérations avec des débits de données de sortie de 1,6 Hz à 1600 Hz.
- [LSM6DSO32XTR](#) – Module IMU doté d'un accéléromètre numérique 3D 32 g toujours actif et d'un gyroscope numérique 3D avec des plages de ± 4 / ± 8 / ± 16 / ± 32 g pleine échelle

et une plage angulaire de $\pm 125/\pm 250/\pm 500/\pm 1000/\pm 2000$ degrés par seconde (dps) pleine échelle.

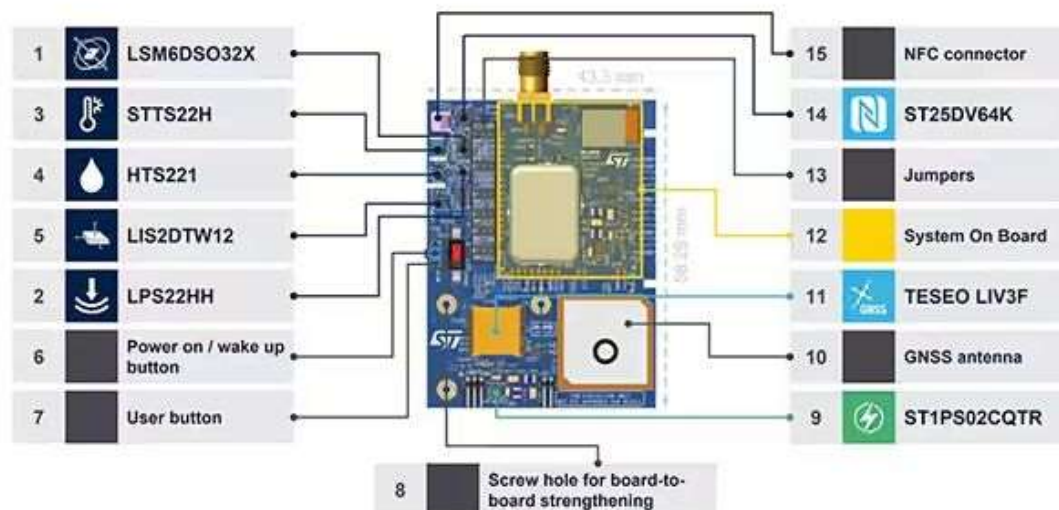


Figure 4 : La carte principale du STEVAL-ASTRA1B inclut une gamme complète de capteurs (à gauche), la carte système (boîte jaune) et les éléments de connectivité GNSS (TESEO LIV3F et antenne en bas à droite). (Source de l'image : STMicroelectronics)

La gestion de l'alimentation est importante pour les dispositifs de suivi sans fil. Pour garantir une longue durée de vie des batteries, le STEVAL-ASTRA1B comprend de nombreux composants de gestion de l'alimentation tels que les suivants :

- Convertisseur abaisseur synchrone [ST1PS02D1QTR](#) de 400 milliampères (mA) avec une plage de tensions d'entrée de 1,8 V à 5,5 V, un courant de repos d'entrée de 500 nanoampères (nA) à une tension d'entrée de 3,6 V et un rendement typique de 92 %.
- Circuit intégré de chargeur et de gestion de l'alimentation de batteries [STBC03JR](#) qui inclut une section de chargeur de batterie linéaire pour les batteries lithium-ion (Li-ion) à une cellule utilisant un algorithme de charge à courant constant/tension constante (CC/CV), un régulateur à faible chute de tension (LDO) de 150 mA, deux commutateurs de charge unipolaires bidirectionnels (SPDT) et des circuits de protection des batteries durant des conditions de défaillance.
- Circuit intégré de protection de port USB Type-C® [TCPP01-M12](#) incluant une protection contre les surtensions VBUS ajustable de 5 V à 22 V (avec un MOSFET à canal N externe), une protection contre les surtensions (OVP) de 6,0 V sur les lignes CC contre les courts-circuits de VBUS et une protection contre les décharges électrostatiques (DES) au niveau du système pour les broches de connecteurs CC1 et CC2 conformément à la norme CEI 61000-4-2 niveau 4.

Bibliothèques de logiciels et de micrologiciels

Une large sélection de logiciels et de micrologiciels est incluse ou disponible pour développer des applications de suivi des actifs à l'aide du STEVAL-ASTRA1B. Les exemples incluent :

- Le pack de fonctions FP-ATR-ASTRA1 implémente une application de suivi des actifs complète et il est inclus avec le STEVAL-ASTRA1B. Le pack de fonctions obtient les données de positionnement du récepteur GNSS, lit les données des capteurs environnementaux et de mouvement et les envoie au cloud via la connectivité BLE et LoRaWAN. Des cas d'utilisation personnalisables pour la gestion de flotte, la surveillance du bétail, la surveillance des marchandises et la logistique sont inclus.

- L'application [STAssetTracking](#) peut configurer à distance un dispositif de suivi des actifs compatible BLE, Sigfox ou NFC. Elle peut être utilisée pour activer l'enregistrement de données pour des capteurs spécifiques et définir des déclencheurs de seuil pour démarrer et arrêter l'enregistrement.
- Le [tableau de bord DSH-ASSETTRACKING](#) est une application cloud proposée par Amazon Web Services (AWS) qui fournit une interface intuitive optimisée pour la collecte, la visualisation et l'analyse des données provenant des services de localisation GNSS et des capteurs de mouvement et environnementaux. Le tableau de bord peut tracer les valeurs des capteurs et les données de position historiques ou en temps réel, et surveiller les conditions et les événements environnementaux (Figure 5).

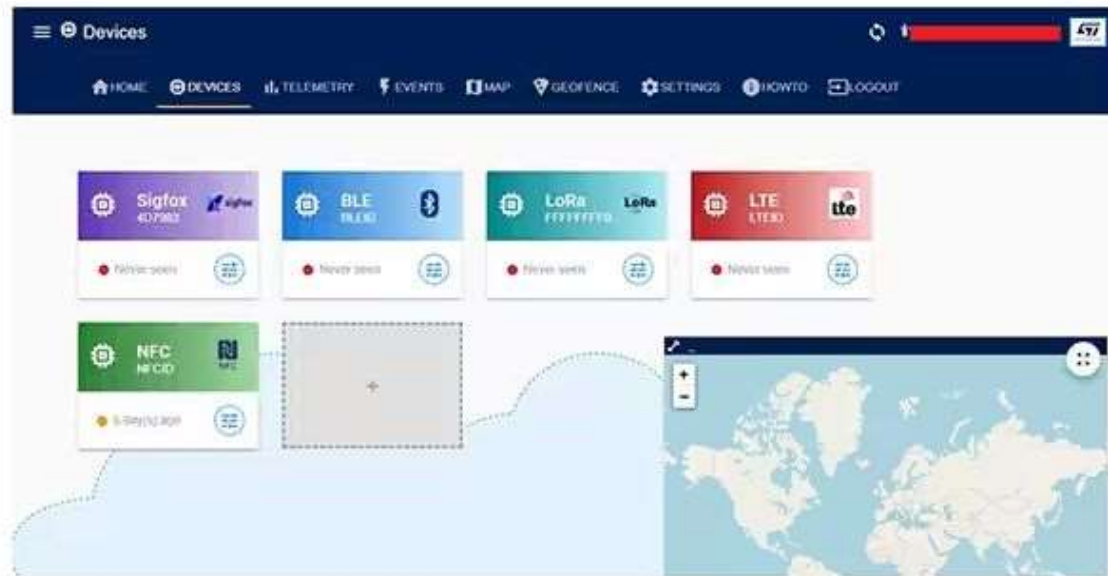


Figure 5 : Le tableau de bord DSH-ASSETTRACKING est une application cloud proposée par AWS pour le suivi des actifs. (Source de l'image : STMicroelectronics)

Résumé

Le suivi des actifs est une fonction critique et complexe nécessaire à la surveillance du bétail, à la gestion de flotte et à la logistique. Comme illustré, la conception de référence et le kit de développement matériel et logiciel STEVAL-ASTRA1B de STMicroelectronics incluent les services de localisation GNSS, une gamme complète de capteurs environnementaux et de mouvement, la gestion de l'alimentation et une gamme complète de logiciels et de micrologiciels nécessaires pour accélérer la conception de dispositifs de suivi des actifs hautes performances.