Comment améliorer la navigation automobile par satellite

Par Florian Bousquet, Market Development Manager, u-blox

Nous avons tous connu des difficultés en utilisant la navigation satellitaire dans nos voitures. Qu'il s'agisse d'un équipement original d'usine ou d'un appareil acheté par la suite, tous ont montré leurs limites. De nombreux exemples me viennent à l'esprit mais le plus remarquable est celui d'une précision de navigation médiocre ou limitée quand on circule dans un quartier urbain comptant beaucoup de hauts édifices. Dans les fameux «canyons urbains», les utilisateurs subissent les conséquences caractéristiques d'une visibilité mauvaise, voire discontinue des constellations satellitaires GNSS et ce justement là où on a le plus besoin d'une navigation précise et fiable ! Les hauts immeubles peuvent aussi réfléchir les signaux GNSS et ainsi altérer davantage encore la précision. Un autre scénario courant est la traversée d'un tunnel, qui se traduit par la perte des données de navigation et nécessite généralement un certain temps pour rétablir un positionnement correct à la sortie.

Cependant, de nouvelles innovations du système global de navigation par satellite (GNSS) commencent désormais à apparaître sur le marché automobile. Le concept de la navigation automobile à l'estime (automotive dead reckoning - ADR), qui n'équipait initialement que les voitures haut de gamme, combine les données GNSS avec des informations sur la position obtenue directement grâce à des capteurs installés dans le véhicule et une roue. Grâce à la technique de la navigation à l'estime, la position actuelle peut ainsi être calculée par rapport au dernier point GNSS. Mais compte tenu du haut degré d'intégration nécessaire au réseau de données propre au véhicule, sa mise en place n'est possible qu'au moment de la construction de celui-ci.

En revanche, l'untethered dead reckoning (UDR) ou navigation à l'estime indépendante promet des performances proches de celles de l'ADR et meilleures qu'avec les seuls signaux GNSS, sans nécessiter de connexion

électrique avec le réseau du véhicule. Cette technologie combine les données de détection inertielles avec les données GNSS (voir le graphique 1).

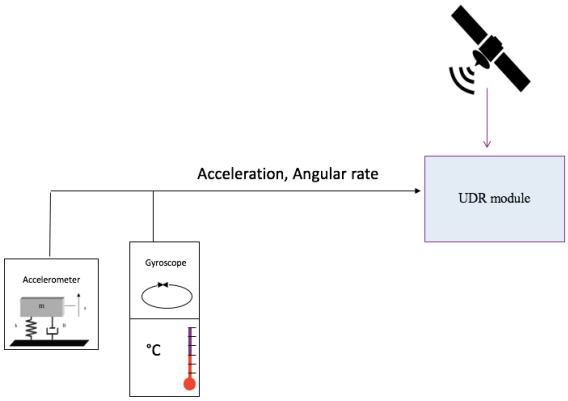


Fig. 1: Concept de base de l'untethered dead reckoning (UDR).

Le système fait appel à un accéléromètre MEMS et à un gyroscope MEMS (systèmes micro-électromécaniques) pour fournir une mesure précise des forces angulaires et d'accélération et les combine aux données GNSS pour fournir un point de localisation instantané en cas d'interruption ou de faible fiabilité du signal GNSS. En enregistrant la dernière position connue du véhicule quand il est stationné dans un parking à étages ou un parking souterrain par exemple, il garantit une capacité de navigation quasi-instantanée dès que le véhicule redémarre. L'illustration 2 illustre la précision atteinte avec l'UDR dans une zone urbaine construite entourée d'immeubles élevés.

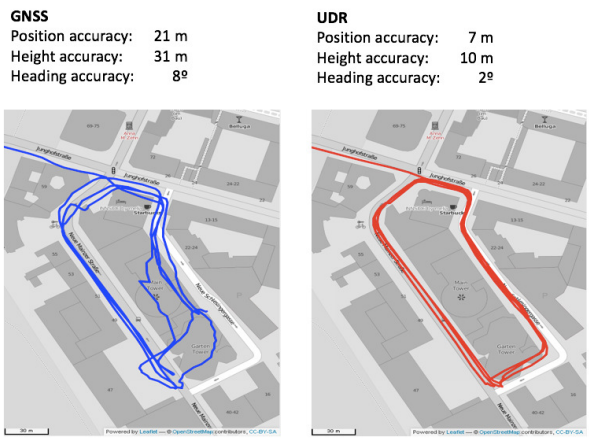


Fig. 2: Navigation au signal GNSS uniquement avec l'antenne fixée au pare-brise, comparée à la navigation UDR.

Les résultats des tests visibles sur l'illustration 2 démontrent la différence de précision entre le GNSS et l'UDR avec l'antenne fixée au pare-brise du véhicule d'essai. Au cours de cet essai, la précision de positionnement de l'UDR est trois fois supérieure à celle du seul GNSS. Pour démontrer encore plus les capacités de l'UDR avec un signal de mauvaise qualité, l'essai a été effectué avec l'antenne placée cette-fois-ci au plancher du véhicule, bien en-dessous du tableau de bord. Les résultats sont visibles sur l'illustration 3. Une fois encore, les résultats en termes de précision de positionnement de l'UDR sont trois fois supérieurs, malgré une inflexion de la précision relative de la position par rapport à une antenne fixée au pare-brise ou au tableau de bord. Une navigation utilisant uniquement le GNSS était clairement impossible.

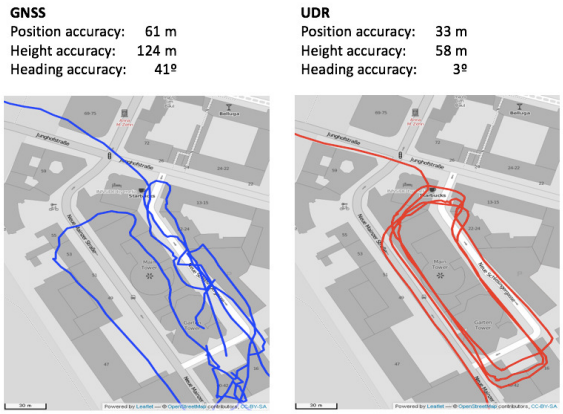


Fig. 3: Précision du GNSS avec l'antenne au plancher du véhicule comparée à la précision de l'UDR.

Les deux essais ci-dessus ont été réalisés avec un module UDR u-blox, le NEO-M8U. Ce module GNSS compact ne mesure que 12.2 x 16.0 x 2.4 et inclut les capteurs inertiels 3D. Il prend en charge la réception GNSS multi-constellation du GPS, de GLONASS, de BeiDou et de Galileo. L'EVA-M8E, autre module UDR compact de u-blox, offre les mêmes fonctionnalités mais requiert des capteurs gyroscopiques et accéléromètres externes pour un design plus intégré.

L’approche totalement intégrée d’un module UDR tel que le NEO-M8U permet d’atteindre le positionnement le plus précis. L’illustration 4 présente la conception du M8, qui utilise un filtre de Kalman étroitement accouplé renvoyant des informations sur la précision de la localisation au module GNSS. Le filtre de Kalman, également connu comme algorithme d’estimation linéaire quadratique, sert à déterminer la localisation du véhicule en se basant sur une série de relevés de mesures, et fournit une estimation plus précise que la seule mise en œuvre d’une mesure de position simple. Ainsi et grâce à la possibilité de mesurer différemment chaque signal GNSS et de capteur, une haute précision tridimensionnelle peut être atteinte. En navigant dans les canyons urbains, la somme des données provenant juste d’un ou de deux satellites améliore la précision de la localisation à l’estime. Sans cette approche, on peut s’attendre à une mauvaise localisation, voire même à aucune localisation possible.

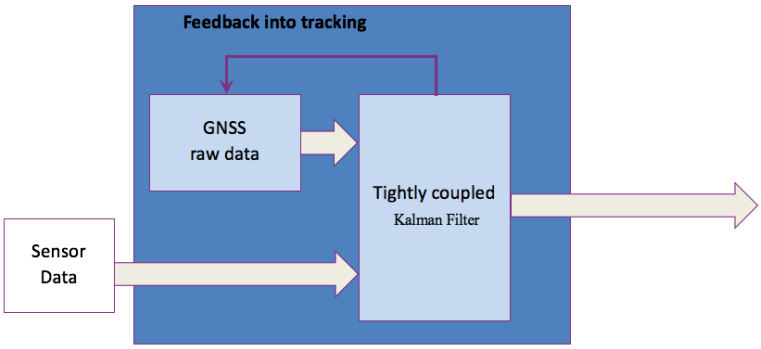


Fig. 4: Approche UDR utilisée par le module NEO-M8 de u-blox.

Parmi les aspects importants de l’approche UDR, il y a aussi sa capacité à rafraîchir les données de positionnement à une fréquence élevée ainsi qu’à offrir un haut débit de navigation en temps réel (HNR). En se fiant uniquement aux signaux GNSS, il faut intégrer une forte latence inhérente au calcul de la position. En utilisant les systèmes GNSS dans le marché de masse, ce dispositif permet un maximum de 10 points par seconde, soit une fréquence

de rafraîchissement de 10 Hz. Ceci reflèterait la position du véhicule au moment où les données satellites ont été acquises. L'UDR est en revanche capable de doubler la fréquence de rafraîchissement des données jusqu'à 20 Hz, ce qui améliore sensiblement le débit de navigation.

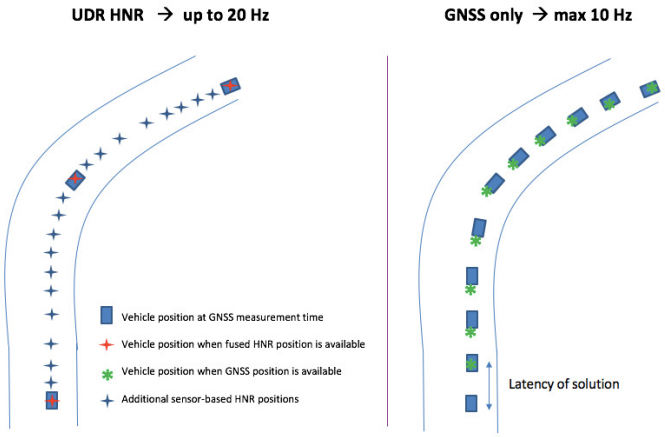


Fig. 5: Navigation haut débit en temps réel: comparaison entre les approches GNSS et UDR.

L'illustration 5 démontre l'impact de la latence sur la navigation entre une solution faisant appel au seul GNSS et une solution UDR, cette dernière utilisant les données de capteurs en complément des données reçues par GNSS. La latence est réduite à seulement quelques millisecondes, ce qui est crucial pour une mise en œuvre dans des applications de sécurité telles que des systèmes anti-collision basés sur une infrastructure V2X et le positionnement des véhicules les uns par rapport aux autres. Une faible latence et un haut débit de navigation sont indispensables pour les applications V2X afin de garantir la réactivité requise en cas d'alerte.

Avec les modules NEO-M8U et EVA-M8E de u-blox, un flux de données brutes de capteurs qui englobe celles du gyroscope à 3 axes, de l'accéléromètre à 3 axes et du capteur de température du module est disponible à une fréquence de 100 Hz. Les données sont fournies à l'application hôte par l'interface compatible UART ou I^2C et peuvent être

utilisées pour établir le profil de comportement du conducteur, une assurance payable suivant les trajets parcourus ou pour les reconstitutions d'accidents.

S'ils envisagent de choisir une conception basée sur l'UDR, nous recommandons aux ingénieurs électroniciens en automobile d'étudier avec soin les capacités des modules UDR et de développer des outils susceptibles d'aider le processus de prototypage et d'accélérer le délai de commercialisation. Parmi les aspects à prendre en considération, il y aura la plage de température d'exploitation, les normes de qualité automobiles comme AEC-Q100 et la conformité à des standards de qualité telles que ISO 16750 qui définit les conditions d'exploitation extrêmes qu'on peut rencontrer à bord d'un véhicule routier. L'aide au prototypage du concept initial sera nécessaire pour un kit d'évaluation ou une conception de référence qui permettront de procéder rapidement aux essais, par exemple avec différentes implantations de l'antenne, afin d'évaluer différentes fonctionnalités et de visualiser les performances globales par GNSS et capteur.

L'untethered dead reckoning fournit un niveau de navigation automobile inédit. Que l'on circule dans des tunnels, des aires urbaines avec un grand nombre de hauts immeubles ou dans un parking à étages, l'UDR est garant d'une expérience de navigation continue qui s'affranchit du réseau propre au véhicule et peut se poursuivre pendant de courtes périodes de perte totale du signal.