

La localisation continue

Joël VAN CRANENBROECK - Nicolas VAN CRANENBROECK

Les applications utilisant la localisation se multiplient en utilisant les ressources des systèmes d'information géographique et les fonds cartographiques. Que ce soit pour la navigation embarquée, le guidage des véhicules autonomes ou la sécurité des personnes, la localisation à l'aide du GNSS semble être devenue la ressource principale au point que l'on essaye de développer des solutions RTK dans les mobiles (mRTK).

Si les constellations GNSS nous offrent plus d'une trentaine de satellites en vue, les obstacles existent toujours. Par exemple, les canyons urbains où la géométrie défavorable ne sera pas améliorée avec ce grand nombre de satellites, il est manifeste que le GNSS n'est pas aussi global que beaucoup l'imaginent, du moins en ce qui concerne les développeurs de ces applications. D'autre part, les signaux GNSS ne sont pas invulnérables et on assiste à une recrudescence de brouillages volontaires ou involontaires qui, dans le pire des cas, empêchent l'utilisation du positionnement GNSS.

Il faut donc trouver des alternatives — ce que fait l'Union européenne pour des raisons de sécurité — et surtout trouver des solutions qui permettent la localisation continue à l'intérieur comme à l'extérieur.

Une situation paradoxale

Une situation paradoxale réside dans le fait que plus de 80 % de l'ensemble des activités humaines se déroulent en milieu fermé. Que ce soit des bureaux, des ateliers, des grandes surfaces, les transports en commun, etc., là où des applications pourraient fleurir, on ne peut pas se localiser.

Pendant toutes les éditions de la grande foire de la géodésie en Allemagne (INTERGEO), alors que les fabricants de matériel et de logiciels rivalisent en termes de développement, le visiteur

n'a qu'un plan pour s'orienter et trouver les stands qui l'intéressent.

Un autre paradoxe est qu'il existe bien des solutions de localisation à l'intérieur que l'industrie utilise par ailleurs dans les chaînes de montage, la gestion des stocks, etc. Mais les fournisseurs de ces solutions (localisation à l'intérieur) ne parlent pas avec les autres ! Les télécommunications ne sont pas en reste, puisqu'elles produisent des standards pour leur industrie et leurs applications que notre monde de la topographie ignore.

On se trouve donc en face de deux mondes qui s'ignorent superbement et, qui plus est, décrivent souvent les technologies d'autrui pour justifier les leurs propres. Pour les fournisseurs de solutions basées sur l'UWB (*Ultrawide Band*), le GNSS ne parvient à localiser les biens et les personnes qu'à une dizaine, voire une vingtaine de mètres près, les utilisateurs du GNSS ignorent les possibilités de ces technologies. C'est cette incompréhension qui freine toutes les tentatives d'hybridation.

Les techniques de positionnement basées sur la radio fréquence

Les systèmes basés sur la radiofréquence (RF) sont les systèmes les plus adoptés pour la localisation [1]. Ils sont promus, car ils couvrent des zones plus larges avec du matériel à faible coût. Ceci est illustré par le fait que les ondes RF peuvent pénétrer des matériaux comme les murs et les corps humains. Par rapport à d'autres systèmes de localisation tels que les navigations infrarouges et ultrasoniques, les systèmes basés sur RF ont tendance à donner de meilleurs résultats.

Les technologies sans fil utilisées pour la localisation intérieure peuvent être classées en fonction des différentes fréquences radio qu'elles utilisent puisque la fréquence radio est inférieure à 300 GHz dans le spectre radio. Dans le même temps, la fréquence de la technologie sans fil influence ses capacités telles que la couverture, la pénétration des murs et la résistance aux obstacles.

Des facteurs tels que la complexité, la précision et l'environnement jouent un rôle essentiel dans la détermination du type de système de mesure de distance appliqué pour une utilisation particulière.

Les exemples de systèmes de navigation basés sur RF incluent : *Wifi*, *Bluetooth*, *Zigbee*, *Ultra-Wideband* (UWB) et *Radio Frequency Identification*

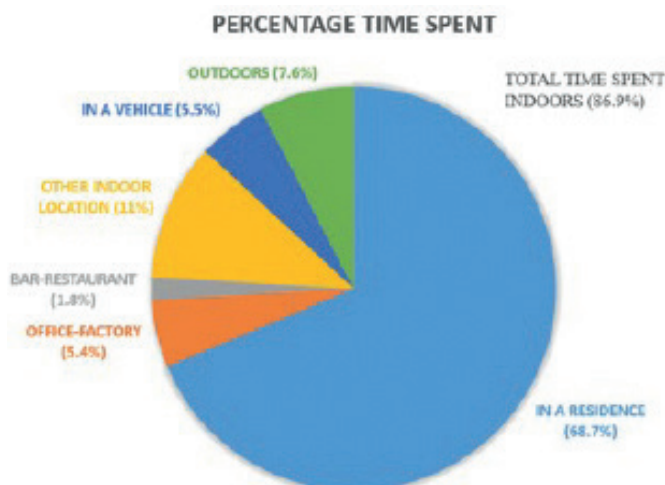




Figure 1. Évaluation des performances de l'UWB en extérieur.



(RFID). Ils reposent tous sur la mesure des angles ou des distances à partir d'ancres ou de balises qui sont déterminées en coordonnées (2D, voire 3D) de façon précise, généralement à l'aide de station totale sans réflecteur (laser). La géométrie "ancres-mobiles" est un facteur déterminant pour la qualité du positionnement. C'est exactement la même chose avec le GNSS dont le GDOP et ses variations sont déduits de la matrice variance-covariance des paramètres.

Nous avons été amenés à étudier différentes solutions, dont celle de LOCATA Corp. ainsi que celle de Essensium (qui a abandonné son système pourtant performant, mais tributaire des autorisations de fréquence) et le système ATS développé par un chercheur de l'Université de Louvain pour nous concentrer sur l'UWB [2] qui est proche de nos solutions topographiques quant à sa précision (on cite souvent ± 10 cm, mais nous avons obtenu des résultats meilleurs en adoptant des techniques de filtrage adéquat), figure 1.

La future 5G dispose également du potentiel de localiser les mobiles avec une précision sous-métrique. Pendant le *Qualcomm 5G Summit*, le géant américain faisait la démonstration de son système *5G Positioning Evolution* qui utilise une combinaison des signaux 5G et d'intelligence artificielle pour établir la position d'un appareil en intérieur avec une précision à 30 centimètres près [6].

Hybridation et intégration

Pour fournir des solutions de localisation continue, il s'agira donc d'inclure ces différentes technologies avec le GNSS.

Les fournisseurs de solutions basées sur le GNSS développent déjà, par ailleurs, une hybridation avec les systèmes de navigation inertielle (IMU) et des mesures complémentaires au laser pour résoudre les problèmes de points cachés. Une ou plusieurs caméras couplées à un récepteur GNSS peuvent

également, par le biais du traitement des images, apporter des solutions.

Le GNSS de haute précision évolue également et, même si les topographes ont adopté le RTK (*Real Time Kinematic*) avec les fournisseurs d'observations corrigées par le recours à un réseau de stations GNSS permanentes, d'autres solutions arrivent à maturité, comme le PPP et le PPP-RTK/AR (*Precise Point Positioning*).

L'intérêt du PPP réside aussi dans son infrastructure de stations permanentes moins dense que celle exigée par les réseaux GNSS RTK et la modélisation globale et régionale des erreurs atmosphériques, des biais d'horloge et des orbites.

Comme les équations d'observations non différenciées reposent sur la mesure des distances entre les satellites et l'antenne du récepteur, les mesures délivrées par des systèmes comme l'UWB ou la 5G pourront être aisément intégrées.

Cette hybridation se fera dans la zone commune d'application des technologies considérées. Ainsi, pour délivrer une solution de navigation continue à l'aide du GNSS et de l'UWB, le réseau des ancres devra également couvrir une zone extérieure couverte par les signaux du GNSS (figure 2).



Figure 2. Disposition des lieux pour les tests GNSS RTK et UWB.



Figure 3. Détermination des coordonnées 3D des ancrés en utilisant une station totale permettant la mesure de distance sans réflecteur.



D'autres intégrations sont possibles [4] et [5] qui font appel à un filtrage de Kalman, mais qui sont plus dédiées aux applications concernées.



Figure 4. Contrôle en dynamique d'un tag UWB par une station totale motorisée.

Validation de l'intégration GNSS et UWB

Nous avons proposé ce thème pour un travail de fin d'études d'un candidat ingénieur industriel en construction civile, option géomètre à la Haute École du Hainaut, à Mons en Belgique.

Il nous paraissait intéressant de valider ces deux techniques de positionnement (GNSS RTK et UWB) dans le contexte d'un véhicule qui évoluait à l'extérieur et à l'intérieur d'un bâtiment (figures 3 et 4).

Pour se faire, un véhicule a été équipé de deux antennes GNSS N3 IMU RTK, que l'établissement avait acquis pour délivrer des formations aux candidats de la section géomètre, encadrant un tag UWB. De la sorte on pouvait

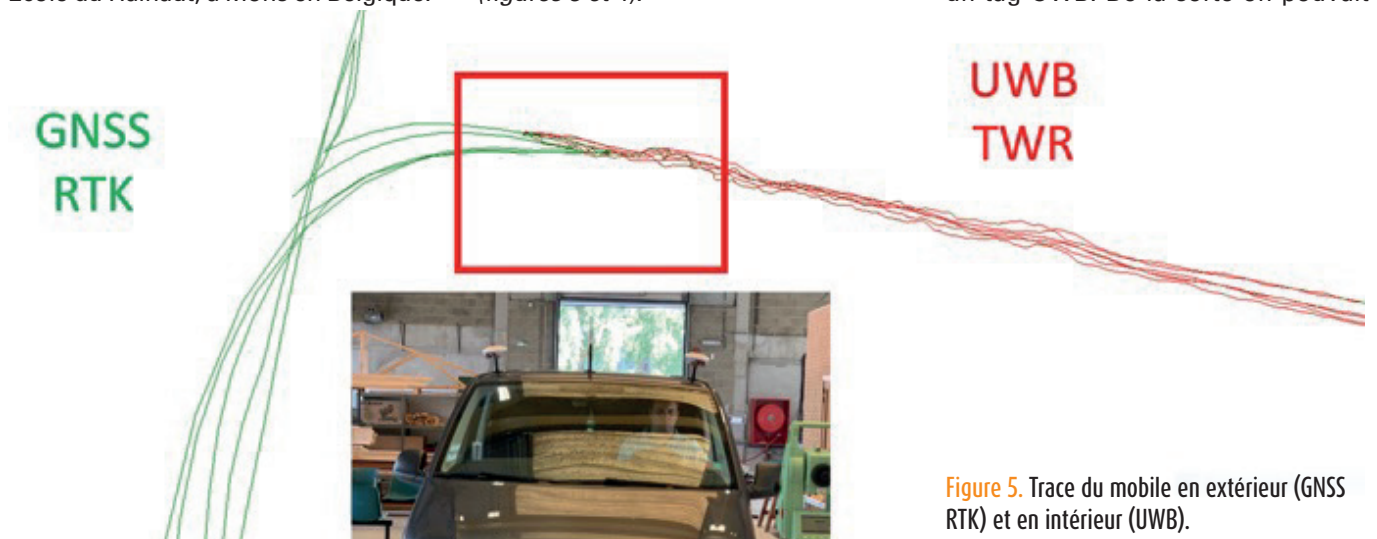


Figure 5. Trace du mobile en extérieur (GNSS RTK) et en intérieur (UWB).

calculer précisément la position délivrée par le GNSS RTK au centre de phase de l'antenne UWB.

Un réseau d'ancres a été déployé dans le bâtiment en s'assurant d'une bonne géométrie "ancres-mobiles" et a été validé par des mesures statiques. Les coordonnées de ces ancres ont été relevées par une station totale permettant la mesure sans réflecteur.

Un système de coordonnées locales a été établi pour obtenir les positions GNSS RTK dans celui des ancres UWB. Plusieurs parcours ont été réalisés en extérieur et à l'intérieur (figure 5).

Les résultats obtenus confirment bien que ces deux technologies peuvent se combiner pour fournir une solution de localisation continue. C'est d'ailleurs ce que nous avons proposé pour des applications de sécurité liées au secteur ferroviaire en Belgique.

Prospective et conclusions

La localisation continue peut impacter largement nos méthodes actuelles ainsi que les services associés au positionnement GNSS RTK. En effet, pour délivrer des données de localisation en tous lieux, il faudra que les gestionnaires des réseaux GNSS RTK élargissent leur mission et intègrent ces réseaux d'ancres. Cela donnerait la vraie dimension de ces réseaux en devenant des infrastructures de positionnement.

En soi, les services déjà en place pour le GNSS devront intégrer les données de ces ancres, principalement des mesures de distances et les paramètres associés, ainsi que les coordonnées de ces ancres en aménageant les protocoles de diffusion comme le NTRIP ou alors en adoptant de nouveaux protocoles comme le MQTT qui a déjà fait ses preuves pour transporter les données GNSS [3]. D'autre part, en ce qui concerne l'UWB, la méthode TDOA qui permet de supporter un nombre important de récepteurs (tags) est basée sur une architecture client-serveur, à savoir les données de localisation sont calculées par un serveur et redistribuées aux mobiles selon les applications.

C'est la façon opposée à celle du GNSS qui concentre dans le récepteur les observations à la fois reçues de l'an-

tenne et celles de la station de base ou du réseau GNSS RTK et le moteur de calcul.

Il faudra donc inverser les flux et que les récepteurs GNSS envoient leurs données à un serveur afin de recevoir les positions calculées, converties dans le système de coordonnées local/régional/national. C'est ce que nous avons dénommé le Cloud RTK.

De cette façon, les observations issues du GNSS et d'un réseau d'ancres UWB pourront être combinées et envoyées sur les applications qui les requièrent. La méthode PPP et PPP-RTK/AR sera utilisée pour procéder à la combinaison des observations.

Il nous paraît important que les topographes réalisent que les technologies de positionnement évoluent rapidement et que la localisation continue représente une condition *sine qua non* pour les développeurs de nouvelles applications. La détermination précise des centres de phase de toutes ces antennes et ancres représentera, par exemple, un nouveau travail pour les topographes dont les retombées économiques seront appréciables.

Enfin, il est important de s'ouvrir à d'autres industries (positionnement *indoor* et télécommunications) et d'établir des synergies sous peine de voir notre maîtrise disparaître au profit de nouveaux acteurs. Il est clair que ces systèmes de localisation ne délivreront pas tout de suite des précisions centimétriques, mais peu s'en faut, l'évolution est inéluctable comme cela fut le cas pour le GPS et puis le GNSS. ●

Contacts

Prof. Joël van Cranenbroeck, Managing Director

cgeos2014@gmail.com

Nicolas van Cranenbroeck, Application Engineer

nico93cgeos@gmail.com

CGEOS - Creative Geosensing SPRL - Belgique

Références

[1] A Review of Indoor Localization Techniques and Wireless Technologies, Huthaifa Obeidat, Wafa Shuaieb, Omar Obeidat & Raed Abd-Alhameed in <https://link.springer.com/article/10.1007/s11277-021-08209-5>

[2] Joël van Cranenbroeck - *L'Ultra Wideband, un système de positionnement topographique sans satellite*, Revue XYZ - N° 165 - 4^e trimestre 2020

[3] <https://www.ignss2018.unsw.edu.au/sites/ignss2018/files/u80/Slides/D2-S3-ThC-Wang.pdf>

[4] S. Tadic, L. Vurdelja, M. Vukajlovic, C. Rossi, 2017. *Localization of Emergency First Responders Using UWB/GNSS with Cloud-Based Augmentation*. In Proceedings of I-TENDER'17, Incheon, Republic of Korea, December 12, 2017, 2 pages.

[5] Y. Gao, M. Xiaolin, C.M. Hancock, S. Stephenson, and Z. Qiuzhao. 2014. *UWB/GNSS-Based Cooperative Positioning Method for V2X Applications*. In Proc. of the 27th Int. Technical Meeting of The Satellite Division of the Inst. of Navigation (ION GNSS+ 2014), Tampa, Florida, Sep. 2014, pp. 3212-3221.

[6] The evolution of 5G New Radio positioning technologies : Nokia Bells Lab https://d1p0gxnqcu0lvz.cloudfront.net/documents/Nokia_The_Evolution_of_5G_New_Radio_Positioning_Technologies_White_Paper_EN.pdf

ABSTRACT

Applications using localization are multiplying by using the resources of geographic information systems and cartographic backgrounds. Whether for on-board navigation, guidance of autonomous vehicles or personal safety, localization using GNSS seems to have become the main resource to the point that we are trying to develop RTK solutions in mobiles (mRTK). If the GNSS constellations offer us more than thirty satellites in view, obstacles still exist. Whether it is the urban canyons where the unfavourable geometry will not be improved with this large number of satellites, it is clear that GNSS is not as global as many imagine, at least in the minds of the developers of these applications. On the other hand, GNSS signals are not invulnerable and we are witnessing an increase in voluntary or involuntary jamming which, in the worst case, prevents the use of GNSS positioning. We must therefore find alternatives - which the European Union is doing for security reasons - and above all find solutions that allow continuous tracking inside and outside.