

RECOMMANDATION UIT-R M.1307

**DÉTERMINATION AUTOMATIQUE DE POSITION ET GUIDAGE
AUTOMATIQUE DANS LES SERVICES MOBILES TERRESTRES**

(Question UIT-R 51/8)

(1997)

Résumé

La détermination automatique des positions et le guidage sont devenus deux fonctions de plus en plus importantes au cours des quinze dernières années. Cette tendance va probablement continuer, voire même s'accroître dans les services mobiles terrestres. De plus, les techniques de détermination automatique des positions et de guidage (DAPG) sont appelées à jouer un rôle essentiel dans le système de commande et d'information des transports (TICS). La présente Recommandation contient une présentation générale des systèmes DAPG ainsi que des informations techniques et des exemples de systèmes existants.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) qu'une fonction de détermination automatique des positions (DAP) sera intégrée dans de nombreux types de systèmes mobiles terrestres, et notamment dans des systèmes de gestion de flotte et des systèmes de sécurité publique, et d'autres systèmes tels les systèmes de suivi d'objets ou d'observation d'animaux sauvages, et pour les opérations de recherche et de sauvetage;
- b) que l'introduction de fonctions DAP dans les systèmes de gestion de flotte permettra une utilisation plus efficace du spectre dans les canaux de communication du fait de la diminution du trafic en phonie associé à la localisation et à la transmission d'informations de routine;
- c) qu'un des éléments les plus critiques de la gestion de flotte est la connaissance de la position en temps réel de chaque unité opérationnelle de la flotte;
- d) que les coûts de gestion des flottes mobiles terrestres augmentent,
- e) qu'une très grande partie des communications en phonie sur le canal de gestion de flotte concerne les messages de localisation et les messages de routine;
- f) qu'une fonction DAP intégrée à un système de gestion de flotte par moyen radioélectrique mobile terrestre peut permettre d'abaisser le coût de gestion de flotte;
- g) que des informations précises sur la localisation des unités dans un système de sécurité publique peut améliorer le sauvetage des vies et permettre une meilleure protection des biens;
- h) que les techniques DAP peuvent être très utiles pour des systèmes autres que les systèmes de gestion de flotte qui suivent le déplacement d'un objet;
- j) que la fonction DAP peut servir à localiser des personnes se déplaçant hors route ou dans la nature, en particulier dans des situations de détresse;
- k) qu'il existe dans le service mobile terrestre une demande croissante en systèmes de guidage;
- l) que les systèmes DAP et les systèmes de guidage peuvent faire appel aux mêmes techniques de localisation;
- m) que les systèmes de guidage peuvent permettre de réduire les coûts des déplacements et améliorer la sécurité sur les routes;
- n) que les techniques DAP et de guidage peuvent constituer la base des systèmes de commande et d'information des transports (TICS),

recommande

1 d'inclure dans les fonctions DAP la localisation des objets, mobiles ou non, ainsi que la messagerie associée à la localisation ou au suivi d'un objet donné. Par messagerie, on peut entendre les communications en phonie ou non, nécessaires à la fourniture rapide d'informations et d'instructions précises et complètes concernant l'activité de l'objet (ou du véhicule) en cours de localisation ou de ses occupants;

2 de limiter l'interconnexion de ces systèmes avec le réseau téléphonique public à commutation (RTPC) aux opérations de type enregistrement et retransmission;

3 de tenir compte lors de la mise en œuvre de fonctions DAP dans le service mobile terrestre des nécessités suivantes.

3.1 Précision de position

Pour de nombreux services, la précision de position requise est de l'ordre de 100 m. Dans les services de sécurité publique, comme la police, une précision de 10 m peut être nécessaire. Pour les autres utilisateurs (transporteurs routiers sur de vastes zones et gestion de flotte, par exemple), une précision de 1 km peut être suffisante. Pour certains systèmes tels les télélecteurs installés le long des itinéraires d'autobus ou des voies ferrées, on peut obtenir une précision de 1 m.

3.2 Actualisation des positions

La périodicité des transmissions d'actualisation des positions dépendra de l'application. Pour des véhicules nécessitant un déploiement rapide dans des zones limitées (police, pompiers, ambulances, ...) une actualisation par minute peut s'avérer nécessaire. Pour les opérations de gestion de flotte sur de vastes zones ou des itinéraires bien définis (transports routiers, omnibus, taxis, chemins de fer ou suivi de la vie sauvage, ...), une actualisation moins fréquente est nécessaire.

3.3 Zone de couverture

Pour nombre de systèmes (police, pompiers, omnibus avec passagers, taxis, ...) des zones opérationnelles de 100 km × 100 km sont courantes. Certaines opérations sont confinées dans des zones de moins de 10 km², d'autres peuvent nécessiter une couverture régionale ou nationale;

4 d'utiliser des systèmes DAP si l'on souhaite bénéficier des avantages suivants:

4.1 pour les itinéraires fixes:

- diminution du personnel de vérification et de contrôle;
- répartition plus aisée des passagers entre véhicules;
- réduction des temps d'attente se traduisant par une diminution du nombre de véhicules et du personnel;
- meilleur respect des horaires et des délais;
- meilleure efficacité de réaction aux urgences et au déploiement d'un véhicule de remplacement;
- augmentation du taux d'occupation en passagers étant donné que le public dispose d'informations de localisation plus pratiques et récentes;
- économies de carburant et autres avantages économiques résultant de toutes les améliorations précitées;

4.2 dans le cas d'itinéraires variables:

- diminution des temps de réponse aux appels d'urgence et aux appels de service;
- diminution du nombre de véhicules nécessaire pour desservir une zone donnée;
- diminution des déplacements inutiles;
- avantages économiques résultant de ce qui précède;
- augmentation des chances de succès dans les opérations de recherche et de sauvetage dans des zones reculées;

4.3 dans les autres types d'opérations:

- utilisations scientifiques comme, par exemple, le suivi des déplacements de la faune sauvage;
- localisation des véhicules volés;
- amélioration de certains processus de fabrication, tels l'assemblage et le contrôle de la qualité;

5 d'utiliser les systèmes DAP pour améliorer l'efficacité d'utilisation du spectre, les communications en phonie n'étant alors plus nécessaires pour obtenir les informations de localisation;

6 d'utiliser les techniques DAP suivantes dans les services mobiles terrestres:

6.1 systèmes à multilatération:

- systèmes hyperboliques,
- système mondial de navigation par satellite (GNSS),
- GNSS différentiel;

6.2 systèmes sans multilatération:

- systèmes à proximité,
- systèmes à l'estime,
- systèmes à satellites,
- systèmes à radiophare de ralliement,
- une combinaison des systèmes précédents;

6.3 systèmes combinés à multilatération et sans multilatération;

6.4 liaisons:

On utilise les liaisons suivantes:

- une liaison aller véhiculant un signal quelconque vers un mobile devant être localisé par un système à multilatération;
- une liaison en sens inverse véhiculant le signal de multilatération vers la station fixe ou la station de base;
- une liaison de communication pour la messagerie bidirectionnelle dans les systèmes à multilatération.

Une brève description de chaque technique DAP est donnée dans l'Annexe 1;

7 d'utiliser dans le cadre des applications dans le service mobile terrestre les systèmes de navigation suivants:

- systèmes mondiaux de navigation par satellite (système mondial de positionnement (GPS); GLONASS, etc.),
- Loran-C;

8 de se reporter aux Appendices 1, 2 et 3 qui décrivent trois systèmes et contiennent des exemples de paramètres qui pourraient être utiles pour la normalisation;

9 de recourir aux systèmes de guidage qui peuvent réduire le coût des déplacements en abaissant la durée des voyages;

10 d'utiliser dans le cadre des applications dans le service mobile terrestre les systèmes de guidage suivants:

- les systèmes autonomes,
- les systèmes d'infrastructure,
- les systèmes hybrides,
- une brève description de ces systèmes est donnée dans l'Annexe 2;

11 d'utiliser pour les systèmes de détermination automatique des positions et de guidage (DAPG) assurés dans le cadre des services mobiles terrestres et notamment pour les applications particulières décrites dans les Annexes 1 et 2, des bandes de fréquences parmi celles qui sont attribuées au service de radiolocalisation et au service mobile.

Techniques DAP

Les techniques DAP suivantes peuvent être utilisées de manière individuelle ou combinée pour répondre aux besoins des utilisateurs mobiles terrestres:

1 Multilatération

1.1 Systèmes à multilatération hyperbolique

La position est déterminée à partir des différences de distances avec 3 sites de transmission fixes ou plus. Ces différences peuvent être exprimées par des différences de phase entre les signaux reçus (multilatération de phase) ou par des différences de temps d'arrivée des fronts de montée des impulsions (multilatération par impulsion) produisant des courbes hyperboliques représentant des différences de phase ou de temps constantes. La position est déterminée à partir de l'intersection de ces courbes.

2 Systèmes sans multilatération

2.1 Détection de proximité

Un certain nombre de techniques utilisables font appel à la détection de proximité.

2.1.1 Télélecteurs pour dispositifs actifs

La position est déterminée par la proximité du poteau indicateur dont la position est connue avec précision. Un grand nombre de techniques ont été utilisées (en général pour localiser des véhicules) dont des détecteurs à boucle inductive, des émissions en ondes décimétriques, la transmission hyperfréquence et les transmissions infrarouge. En général, les poteaux indicateurs dont la position est connue avec précision, sont placés le long d'itinéraires prédéterminés et sont équipés de petits émetteurs de faible puissance. Les véhicules circulant sur ces itinéraires sont équipés de réflecteurs optiques ou radioélectriques passifs qui renvoient le signal d'interrogation émis par le poteau en le modulant avec des informations spécifiques concernant le véhicule. Cette information est ensuite retransmise au gestionnaire de flotte. Ce type de système peut également permettre de suivre le déplacement d'objets dans une chaîne d'assemblage de fabrication pour le contrôle de qualité, ou être utilisé pour le péage automatique et les systèmes de gestion du trafic.

2.1.2 Systèmes de radioralliement

Les balises radio ont été utilisées avec succès pour la localisation des véhicules volés. Un émetteur est automatiquement activé dès que le véhicule est utilisé sans autorisation. La localisation du véhicule s'effectue par radiogoniométrie et triangulation.

2.1.3 Radars de proximité

Des radars hyperfréquence à courte portée peuvent être utilisés pour détecter la présence de véhicules en mouvement susceptibles de provoquer une collision. Ces radars sont l'élément de base des systèmes anti-collision mobiles terrestres.

2.1.4 Détermination de la position à l'estime

Ces techniques utilisent des capteurs de direction et des compteurs de distance parcourue pour calculer la position d'un véhicule par rapport à des points de référence connus. La précision de détermination des positions dépend des capteurs, de la fréquence d'actualisation des références et de certains facteurs externes, en particulier des variations de champ magnétique, du glissement des roues, du dévers des routes, etc.

2.1.5 Liaisons

Les liaisons utilisées dans les systèmes à multilatération sont indiquées ci-après.

2.1.5.1 Liaisons aller

Une liaison aller est celle qui sert à la transmission d'un signal vers le système à localiser dans le cas d'un système à multilatération.

2.1.5.2 Liaisons retour

Une liaison retour sert à transmettre un signal de multilatération vers la station fixe ou la station de base. Les signaux retour sont insérés dans le segment large bande du signal de multilatération et sont constitués essentiellement par des impulsions provenant des unités mobiles et utilisées pour la détermination de la position de ces unités. Ces émissions peuvent également provenir d'autres stations fixes ou stations de base pour la synchronisation ou le test des systèmes. Ces transmissions sont moins fréquentes et plus aléatoires que celles des liaisons aller et peuvent donc de ce fait causer des brouillages.

2.1.5.3 Liaisons de communication

Les liaisons de communication sont établies à partir des stations fixes ou des stations de base et des unités mobiles auxiliaires de la fonction DAP dans les systèmes à multilatération, elles permettent de transmettre des informations et des instructions concernant l'activité du véhicule en cours de localisation ou de ses occupants. Ces liaisons sont interconnectées avec le RTPC pour pouvoir établir des communications d'urgence.

3 Systèmes à satellites

Les satellites du service mobile par satellite peuvent être utilisés pour relayer des informations concernant la localisation des véhicules. On peut aussi employer des systèmes à satellites pour les opérations de recherche et de sauvetage. Le véhicule (ou la personne) en détresse déclenche un émetteur d'urgence et un satellite retransmet sa position vers le centre de secours.

ANNEXE 2

Systèmes de guidage

1 Systèmes autonomes

Les systèmes autonomes sont ceux qui n'exigent pas de données cartographiques externes ou de calculs de guidage d'itinéraire. On distingue trois types de systèmes autonomes: les systèmes à ralliement, les afficheurs cartographiques et les systèmes de guidage d'itinéraire.

1.1 Les systèmes à ralliement

Ces systèmes utilisent essentiellement la détermination à l'estime, bien que certains systèmes utilisent d'autres méthodes tel le GPS. Un calculateur embarqué estime le vecteur qui relie le point de départ à la destination. L'itinéraire emprunté est déduit par le conducteur qui se sert des indications de direction et de distance fournies par le système.

1.2 Les afficheurs cartographiques

Ces systèmes indiquent la position sur un afficheur cartographique utilisant des données cartographiques numérisées. Le véhicule suit sa progression le long du trajet en utilisant des gyroscopes, de comparateurs carte-trajet, la détermination de position à l'estime et le GPS. Les informations routières centralisées sont transmises vers le véhicule et présentées pour information sur la carte affichée dans le véhicule.

1.3 Les systèmes de guidage d'itinéraire

Ces systèmes comportent un calculateur de bord indiquant en temps réel les directions à prendre. Le véhicule suit sa progression le long du trajet en utilisant des gyroscopes, de comparateurs carte-trajet, la détermination de position à l'estime et le GPS et corrige les instructions au besoin qu'il fournit. Ces systèmes peuvent également utiliser les informations routières pour l'optimisation des itinéraires.

2 Systèmes d'infrastructure

Dans les systèmes d'infrastructure, un grand nombre de poteaux indicateurs routiers sont installés en des points stratégiques. Le guidage entre poteaux indicateurs se fait à l'estime. Le calculateur du véhicule calcule la durée du trajet entre les poteaux indicateurs et transmet cette information à un contrôleur central par des poteaux indicateurs et de

communication bidirectionnelle qui assurent à la fois des fonctions passives et actives. La durée des trajets, les conditions de circulation sont prises en considération par un calculateur central qui détermine le meilleur itinéraire pour chaque véhicule. Les informations concernant le trajet recommandé sont alors transmises au conducteur via le réseau de poteaux indicateurs.

Les informations de guidage et les informations routières sont disponibles dans ce système, mais elles sont uniquement valables dans la zone de couverture du réseau d'infrastructure.

3 Systèmes hybrides

Les systèmes hybrides combinent les caractéristiques des systèmes d'infrastructure et celles des systèmes autonomes. Dans les centres des villes et dans les zones à forte densité de population et très encombrées, on utilise les systèmes d'infrastructure qui associent guidage et gestion du trafic en temps réel. Les intersections avec signalisation et les autres structures des zones centrales sont équipées de balises. En dehors de ces zones centrales, le système passe en mode autonome et assure le guidage sur les zones de circulation étendues sans recourir aux équipements d'infrastructure.

APPENDICE 1

Système DAPG utilisé aux Etats-Unis d'Amérique

La bande 902-928 MHz sera utilisée aux Etats-Unis d'Amérique pour les systèmes DAPG. Les principales caractéristiques techniques et opérationnelles de ce système sont données ci-après.

1 Paramètres techniques

1.1 Largeur de bande

La largeur de bande utilisée dépend du type de systèmes DAP ou de son utilisation, à savoir:

- de 2 à 8 MHz pour les systèmes avec multilatération,
- de 2 à 12 MHz pour les systèmes sans multilatération,
- 250 kHz pour les liaisons de données à bande étroite.

La puissance apparente rayonnée (p.a.r.) de crête est limitée à 300 W pour les liaisons de données à bande étroite et à 30 W pour les systèmes avec ou sans multilatération, afin de diminuer les risques de brouillage entre systèmes DAP ainsi qu'entre des systèmes DAP et d'autres systèmes.

2 Caractéristiques facultatives

Les liaisons de communication peuvent être à bande étroite ou à large bande.

2.1 Liaisons de communication à bande étroite

Les liaisons de communication à bande étroite servent aux communications en phonie et aux communications de données et utilisent une bande étroite de 25 kHz située dans la bande de multilatération employée. La p.a.r. maximale ne devrait pas, en principe, dépasser 30 W. Compte tenu de cette limitation en puissance et de la nature sporadique de ces transmissions, la probabilité de causer des brouillages aux autres utilisateurs dans la bande 902-928 MHz devrait être faible.

2.2 Liaisons de communication à large bande

Les liaisons de communication à large bande sont utilisées comme suit:

- Les liaisons aller peuvent être à large bande c'est-à-dire occuper la totalité de la bande du signal de multilatération; ou à bande étroite, c'est-à-dire occuper 250 kHz dans la partie la plus haute de la largeur de bande utilisée pour la multilatération. Etant donné que les liaisons aller à bande étroite occuperont la partie supérieure de la bande 902-928 MHz, la probabilité de causer des brouillages aux autres utilisateurs de la bande est moins forte, et il est possible d'utiliser une p.a.r. plus élevée (jusqu'à 300 W).

- Les signaux de la liaison retour peuvent être insérés dans la partie large bande du signal de multilatération. Ces signaux sont essentiellement constitués par des impulsions émises par les unités mobiles et sont utilisés pour déterminer la position de ces unités. Ces signaux peuvent également provenir d'autres stations fixes ou de base et servir à la synchronisation et au test. Par rapport aux émissions des liaisons aller, les émissions des liaisons retour sont moins fréquentes et plus sporadiques et donc moins susceptibles de provoquer des brouillages aux autres utilisateurs dans la bande 902-928 MHz.

APPENDICE 2

Système DAP utilisé au Royaume-Uni

Ce système, connu sous le nom de Datatrak, a été conçu pour offrir une couverture nationale ou régionale. Il est déjà bien implanté au Royaume-Uni et est en exploitation ou en cours d'installation en Argentine, en Belgique, aux Pays-Bas et en Afrique du Sud et à l'état de projet dans d'autres pays.

La localisation s'effectue à partir de mesure de phase sur des signaux provenant d'un réseau d'émetteurs en ondes myriamétriques; les rapports de position produits par les unités mobiles sont envoyés vers les centres de contrôle via un réseau pour données en ondes décimétriques. Ce système comporte également des liaisons de transmission bidirectionnelle de données.

Les caractéristiques de ce système sont les suivantes:

- 1 Il s'agit d'un système qui présente un bon rapport coût/efficacité pour les services mobiles terrestres et qui est essentiellement destiné aux véhicules. Certaines fonctions spécialisées font appel à des équipements portables. Le système offre les services intégrés suivants en temps réel: DAP, messagerie de données et gestion de flotte.
- 2 Le système dispose aussi d'interfaces pour données permettant de contrôler et de commander des systèmes, de se raccorder au RTPC, etc.
- 3
 - a) Dans des conditions normales d'exploitation, la précision de la détermination de la position est meilleure que 50 m. Dans des conditions favorables ou en mode différentiel (détermination de la position d'un véhicule en mouvement par un autre véhicule en mouvement), on obtient une précision de l'ordre de 10 m.
 - b) La position est calculée en permanence par l'unité mobile et des transmissions d'actualisation de position sont effectuées régulièrement en fonction de l'application. Les intervalles d'actualisation standard sont compris entre 28 min et 13 s.
 - c) Un réseau type permettra une couverture précise de superficies comprises entre 100 km × 100 km et 1 000 km × 1 000 km selon le nombre de stations dans le réseau.
- 4 Le système peut être utilisé pour une grande variété d'applications:
 - autobus et transport ferroviaire (informations passagers et gestion de flotte),
 - services d'urgence (pour la commande et le contrôle),
 - véhicules de sécurité (pour la protection de marchandises de haute valeur),
 - opérations de service (amélioration de l'efficacité d'une flotte de véhicules),
 - protection du personnel d'entretien,
 - police,
 - recherche et récupération des véhicules volés.
- 5 Le système présente une grande efficacité spectrale: il nécessite seulement une largeur de bande de 250 Hz sur deux fréquences situées dans la bande 100-150 kHz (ondes myriamétriques) et un seul canal de 12,5 kHz dans la bande 450-470 kHz pour la transmission bidirectionnelle de données (messages courts) jusqu'à 10 kbit/s pour toutes les unités situées dans la zone de couverture.
- 6 Il s'agit d'un système terrestre qui utilise les techniques de multilatération hyperbolique. Il a également été intégré avec d'autres techniques dont la détermination à l'estime et le GPS pour certaines applications. La position est déterminée uniquement en utilisant les liaisons aller, des liaisons de communication uni ou bidirectionnelle étant prévues selon le type d'application.

- 7 Le système utilise des techniques terrestres hyperboliques.
- 8 C'est un système spécifique non normalisé au plan international. Cependant, son développement dans différents pays le rend compétitif pour l'insertion dans les activités futures de normalisation.
- 9 La diminution des temps de transport, notamment en cas de gestion de flotte, est l'un des principaux avantages apporté par le système.
- 10 C'est un système autonome qui assure une couverture importante à partir d'une infrastructure de réseau peu dense comparativement aux systèmes avec infrastructure de balise très dense.

APPENDICE 3

Système de gestion automatique de flotte de taxis utilisé au Japon

Au Japon, on utilise le système de gestion automatique de véhicules pour déterminer l'état et la position des taxis au moyen d'équipements radioélectriques placés à bord de chaque véhicule. Les différentes techniques de détermination de la position qui ont été utilisées au cours des vingt dernières années sont données ci-après dans l'ordre chronologique.

1 Système de transmission décentralisé

Ce système comporte de nombreuses stations radioélectriques décentralisées qui transmettent les signaux de localisation. Lorsqu'un véhicule passe à proximité d'une station (en général dans un rayon de 500 m), il reçoit le signal de position et le réémet en lui ajoutant des données telles le numéro du véhicule et sa situation, vers la station centrale de gestion. S'agissant d'un système pouvant permettre une utilisation en partage des stations radioélectriques, il peut être employé par plusieurs compagnies de taxis et il est surtout utilisé dans les villes où il y a de nombreux utilisateurs.

2 Système de réception décentralisé

Les stations de réception qui se trouvent réparties dans la zone desservie par la compagnie de taxis, reçoivent le numéro, la position et sa situation, etc. du taxi et envoient ces informations au centre de gestion des véhicules. Comme il appartient à chaque compagnie de les installer, les stations de réception peuvent être placées en fonction de la précision souhaitée, mais le coût des lignes de communication station-centre de gestion est élevé.

3 Système semi-automatique

Le système recueille la position de chaque véhicule lorsque le conducteur appuie sur la touche de position selon un protocole prédéterminé. Comme la détermination de la position dépend de l'action du conducteur, ce système ne fait pas partie de la catégorie des SIRT. Compte tenu du prix modique de ses équipement et du fait qu'il répond bien au besoins des compagnies et des conducteurs, ce système a été très utilisé.

4 Système GPS

Ce système connaît depuis peu un certain développement qui accompagne la mise en service des satellites GPS et de systèmes de navigation automobile. Leur précision a été nettement améliorée. Une carte routière est affichée sur un écran avec la position relative du véhicule ce qui facilite encore plus son utilisation.