

RECOMMANDATION UIT-R SA.1749

Technique de réduction des brouillages pour faciliter l'utilisation de la bande 1 215-1 300 MHz de la part du service d'exploration de la Terre par satellite (active) et du service de recherche spatiale (active)

(Question UIT-R 234/7)

(2006)

Domaine de compétence

La présente Recommandation décrit la technique de réduction des brouillages qui consiste à utiliser le filtrage avec la transformée de Fourier du signal reçu. Cette technique s'applique aux brouillages causés aux radars à ouverture synthétique (SAR, *synthetic aperture radar*) de la bande 1 215-1 300 MHz par d'autres services disposant d'une largeur de bande relativement petite. La Recommandation fournit également des paramètres types applicables aux capteurs actifs spatioportés qui seront utilisés pour élaborer d'autres techniques de réduction des brouillages.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que la bande 1 215-1 300 MHz est attribuée à titre primaire au service d'exploration de la Terre par satellite (active);
- b) que cette bande est utilisée par des radars spatioportés à ouverture synthétique (SAR) qui ont pour objet de superviser, dans toutes les conditions climatologiques du jour et de la nuit, la déformation de la surface de la Terre dans la plupart des zones terrestres, les catastrophes naturelles, l'environnement, les forêts et l'utilisation des sols, notamment;
- c) que la bande 1 215-1 300 MHz est, de plus, attribuée au service de radiolocalisation à titre primaire ainsi qu'au service de radionavigation à titre primaire dans un certain nombre de pays;
- d) qu'il est établi dans les Recommandations UIT-R SA.516 et UIT-R SA.1282 que des SAR peuvent fonctionner sans causer de brouillage préjudiciable dans la même bande de fréquences en tant que systèmes du service de radiolocalisation, y compris les radars profileurs de vent, à l'exception possible des systèmes du service de radiolocalisation utilisant des radars pulsés à modulation de fréquence;
- e) que les critères de qualité de fonctionnement et de brouillages applicables aux capteurs actifs spatioportés sont spécifiés dans la Recommandation UIT-R SA.1166;
- f) que des radars de surveillance des routes aériennes (ARSR, *air route surveillance radar*) ayant des puissances isotropes rayonnées plus élevées que les puissances des faisceaux principaux des radars profileurs de vent fonctionnent dans cette bande depuis de nombreuses années sans qu'aucun brouillage préjudiciable du fonctionnement des capteurs actifs spatioportés n'ait en général été observé, même si l'on relève parfois une dégradation de la qualité de fonctionnement qui peut être attribuée aux émissions des ARSR,

recommande

- 1 de pouvoir appliquer une technique de réduction des brouillages aux capteurs actifs spatioportés, comme cela est indiqué dans l'Annexe 1, pour réduire les brouillages causés à ces capteurs par des systèmes radar de radiolocalisation et de radionavigation fonctionnant dans la bande 1 215-1 300 MHz;
- 2 d'utiliser les paramètres types des capteurs actifs spatioportés fonctionnant dans la bande 1 215-1 300 MHz, tels qu'ils sont présentés dans l'Annexe 2, pour élaborer d'autres techniques de réduction des brouillages.

Annexe 1

Technique de réduction des brouillages causés aux radars spatioportés à ouverture synthétique

1 Introduction

Dans certaines parties de la Terre, des lignes brillantes apparaissent sur les images du SAR/satellite japonais de détection des ressources de la Terre-1 (L-SAR/JERS-1) qui fonctionne dans la bande L. Ces lignes brillantes sont dues à des brouillages radioélectriques préjudiciables causés par des radars de Terre. Il a été démontré qu'il est possible de supprimer les brouillages qui provoquent l'apparition de ces lignes brillantes par une analyse de fréquence des données d'entrée. L'utilisation de cette technique permettra de résoudre le problème actuel des brouillages radioélectriques causés aux SAR fonctionnant dans la bande 1 215-1 300 MHz.

2. Méthode et résultats

2.1 Méthode

Le niveau de puissance du signal brouilleur est plus grand que celui du signal utile du SAR car le signal brouilleur est une émission directe de l'émetteur des radars de Terre. Ainsi, lorsqu'on applique une transformée de Fourier au signal reçu, les composantes de l'onde brouilleuse apparaissent sous forme de pointes sur l'axe des fréquences. A partir de ces caractéristiques, nous comparerons, à titre de traitement préalable du facteur de compression, la puissance de chaque "segment" de fréquence avec les spectres de puissance utilisés par la transformée de Fourier à partir du signal reçu et du signal SAR original (en supposant que la puissance totale de chaque composante soit égale à la composante utile du signal reçu) et le chiffre 0 sert à désigner la puissance des "segments" de fréquence spécifiés qui ont une puissance supérieure à la puissance escomptée (il sera dorénavant question de "filtrage").

De plus, sachant que les composantes de brouillage qui ne sont pas corrélées avec le signal SAR sont supprimées d'environ 30 dB par l'intermédiaire du facteur de compression, si l'on veut en outre éviter toute perte du signal original, le critère choisi dans ce cas sera une différence d'au moins 3 dB entre le signal utile et le brouillage. Lorsque le traitement est effectué avec des unités de temps plus grandes, les pointes de fréquence ont tendance à se disperser largement le long du spectre, ce qui peut occasionnellement se traduire par la perte du signal utile. C'est la raison pour laquelle le signal

reçu est divisé en segments appropriés puis traité selon des méthodes telles que la transformée de Fourier (on considère ici que 1 024 lignes d'azimut forment un segment).

2.2 Procédure de suppression des brouillages

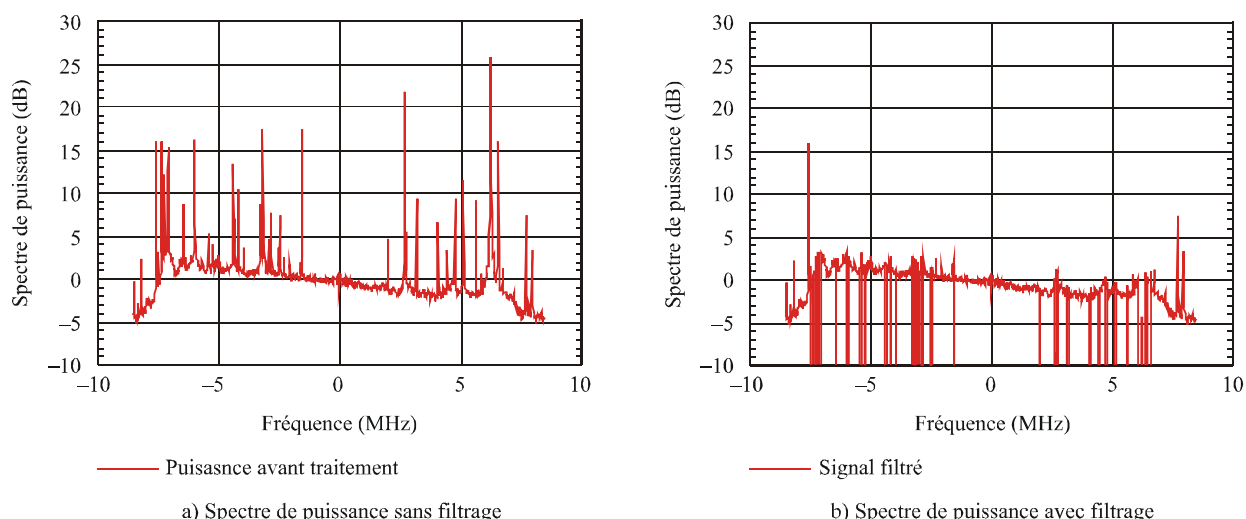
Les différentes étapes qui interviennent dans la procédure de suppression des brouillages sont les suivantes:

- Etape 1:* division du signal reçu, y compris des brouillages, en petits segments
 signal du segment: S_r = signal reçu, brouillage y compris, f_r = signal de référence SAR (ajusté en puissance avec S_r)
- Etape 2:* application de la transformée de Fourier à chaque segment
 spectre transformé: $F(S_r), F(f_r)$
- Etape 3:* comparaison de la puissance dans chaque segment de fréquence
 comparer $|F(S_r)|$ avec $|F(f_r)|$
- Etape 4:* identification des segments de fréquence contenant des brouillages
 $I = |F(S_r)| - |F(f_r)| \geq 3 \text{ dB}$
- Etape 5:* création d'un filtre
 filtre: $A(\omega): I \geq 3 \text{ dB} \rightarrow A(\omega) = 0, I < 3 \text{ dB} \rightarrow A(\omega) = 1$
- Etape 6:* application du facteur de compression
 $S_c = F^{-1} [\{ F(S_r) \times A(\omega) \} \times F(f_r)]$

On trouvera à la Fig. 1 un exemple du spectre de puissance avant et après filtrage lorsque la procédure susmentionnée est appliquée.

FIGURE 1

Spectre de puissance du signal SAR reçu avec et sans filtrage



1749-01

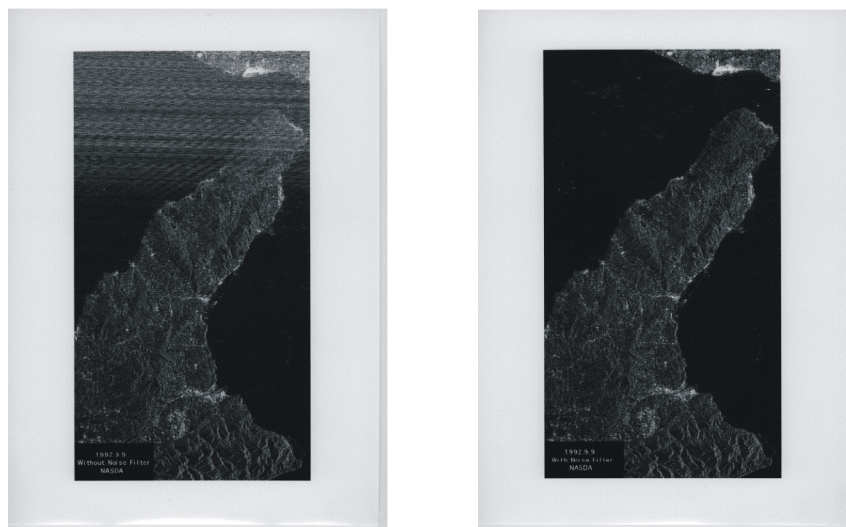
2.3 Résultats

La Fig. 2 montre l'image de sortie, avec et sans filtrage, du signal reçu à l'endroit (île d'Awaji près de la ville de Kobe au Japon) où le brouillage préjudiciable représenté par des lignes brillantes est extrêmement important. Il est évident, d'après cet exemple de l'image du SAR corrigée qu'il est

possible d'éliminer presque totalement le brouillage radioélectrique dû au radar de Terre. Cette procédure n'occasionne aucun dommage significatif de l'image. Toutefois, d'après les résultats de cette analyse, l'applicabilité de la procédure se limite au brouillage causé par les radars de Terre existants (y compris les ARSR), pour lesquels une seule source de brouillage peut être prise en considération. Si plusieurs sources de brouillages sont présentes dans l'avenir, il faudra aussi tenir compte de la distorsion du signal de sortie causé par la réduction des signaux originaux dus au filtrage des différentes fréquences. Si le nombre de cas de brouillages augmente, il faudra étudier plus avant ces techniques de réduction des brouillages. Cela est vrai également dans le cas des brouillages radioélectriques large bande puisqu'une partie importante de la largeur de bande du SAR se trouve affectée.

FIGURE 2

Images du SAR avec et sans filtrage



a) Image du SAR sans filtrage

b) Image du SAR avec filtrage

1749-02

3 Conclusion

Par suite de l'introduction de cette procédure de filtrage pour éliminer les bruits dus au brouillage, il a été démontré qu'il est possible aux utilisateurs de SAR d'éliminer par filtrage certains brouillages radioélectriques à bande étroite causés aux SAR fonctionnant dans la bande 1 215-1 300 MHz. Ce brouillage radioélectrique à bande étroite ne représente que quelques segments de fréquence à l'intérieur de la largeur de bande des SAR.

Toutefois, il est plus difficile d'éliminer par filtrage les brouillages radioélectriques à large bande provenant de radars au sol pulsés à modulation de fréquence, en raison de leurs caractéristiques large bande. Ces brouillages radioélectriques large bande peuvent représenter une partie importante de la largeur de bande du SAR alors qu'une bonne partie du signal du SAR est également éliminée parallèlement aux brouillages radioélectriques.

Annexe 2

Caractéristiques techniques des capteurs actifs spatioportés dans la bande 1 215-1 300 MHz

Le Tableau 1 ci-dessous spécifie les caractéristiques techniques des capteurs actifs spatioportés fonctionnant dans la bande 1 215-1 300 MHz.

TABLEAU 1

Paramètres	SAR 1	SAR 2	SAR 3	SAR 4	SAR 5
Altitude orbitale (km)	600	690	570	675	606
Inclinaison orbitale (degrés)	97,5	98	98	98	97,8
Radiofréquence centrale (MHz)	1 257,5	1 270	1 275	1 258	1 257,5
Puissance rayonnée maximale (W)	8 000	2 000	1 200	14 000	1 000
Polarisation	Horizontale/ Verticale	HH/VV	HH	H/V	HH/VV/HV/VH
Modulation par impulsion	Impulsion MF linéaire	Impulsion MF linéaire	Impulsion MF linéaire	Impulsion MF linéaire	Impulsion MF linéaire
Largeur de bande d'impulsion (MHz)	3-80	30	15	55	85
Durée d'impulsion (µs)	3-15	20-40	35	40	10-20
Fréquence de répétition (impulsions/s)	1 400-1 700	1 500-4 000	1 500-1 600	2 000	2 660-2 718
Facteur d'utilisation (%)	5,5	5,5	5,5	<10	5,5
Facteur de compression	12-1 200	280-1 120	525	2 200	850-1 700
Type d'antenne	Réseau déphaseur	Réseau déphaseur	Réseau	Réseau déphaseur	Réfecteur
Gain maximal d'antenne (dBi)	37,0	36,0	33,5	37,5	35,5
Orientation de l'antenne (degrés)	20 à 50 par rapport au nadir	10 à 51 par rapport au nadir	35 par rapport au nadir	13,6 à 51,8 par rapport au nadir	20 à 45 par rapport au nadir
Largeur de bande de l'antenne (degrés)	4,3 (élévation) 1,1 (azimut)	3,42 (élévation) 1,35 (azimut)	5,6 (élévation) 1,05 (azimut)	4,84 (élévation) 1,14 (azimut)	3,1 (élévation) 2,0 (azimut)
Polarisation de l'antenne	Linéaire horizontale/ verticale	Linéaire horizontale/ verticale	Linéaire horizontale	Linéaire horizontale/ verticale	Linéaire horizontale/ verticale
Température de bruit du système (K)	800 K	600	600	600	600
Période d'activation (%)	30 de l'orbite	50 de l'orbite	30 de l'orbite	30 de l'orbite	15 de l'orbite

Paramètres	SAR 1	SAR 2	SAR 3	SAR 4	SAR 5
Durée minimale de formation d'image (s)	3-130	10-50	11	4-67	2-8
Zone de service	Masses terrestres & régions côtières	Masses terrestres & régions côtières	Masses terrestres & régions côtières	Masses terrestres & régions côtières	Masses terrestres & régions côtières
Largeur de la zone d'acquisition (km)	20/900	70/350	75	30 à >200	15/60
