

EVALUATION DES PARAMETRES DE LA CIRCULATION DU DETECTEUR DE VEHICULES VIDEO PAR TEMPS NEIGEUX

Yoshitaka Koseki¹ Tomoyoshi Aizawa² Atsushi Saito³

¹Hokkaido Prefectural Police HQ

Nishi-7-chome Kita-2-jo, Chuo-ku, Sapporo City, HOKKAIDO, 060-8520 Japon

²Central R&D Laboratory, OMRON Corporation

ShimokaiinjiNagaokakyo City, KYOTO 617-8510 Japon

³International Sales Department, Social Systems Busines Company, OMRON Corporation

3-4-10 Toranomom Minato-ku, Tokyo, 105-0001 Japon

Tél: ¹(81) 11 251 0110 (Ext.5226) ²(81) 75 957 9821 ³(81) 3 3436 7264

Fax: ¹(81) 11 210 6459 ²(81) 75 953 7604 ³(81) 3 3436 7056

¹yotti@ca3.so-net.ne.jp ²aizawa@rbc.ncl.omron.co.jp ³atsushi_saito@omron.co.jp

1. Abrégé

Avec le développement des systèmes de circulation routière, on attend beaucoup récemment des détecteurs de véhicule vidéo capables de collecter différentes conditions de la circulation. Les détecteurs vidéo à base échelle de gris conventionnels ne fonctionnent pas bien dans des conditions défavorables comme l'ombre, les nuits pluvieuses, le crépuscule et les embouteillages. Pour résoudre ces problèmes, nous avons développé un détecteur de véhicules vidéo à base stéréo [1][2] dont la remarquable précision a été confirmée par différents essais sur le terrain [5]. La cible est ici d'évaluer les performances de notre détecteur de véhicules vidéo par temps neigeux. Il est très difficile de maintenir des performances stables pendant les périodes de chutes de neige pour les détecteurs vidéo conventionnels [3]. Nous avons effectué des essais sur le terrain par temps neigeux, et constaté les excellentes performances de notre détecteur de véhicules vidéo à base stéréo.

2. Introduction

Pour réaliser des systèmes de transport intelligents (ITS), les dispositifs d'entrée pour la collecte de différentes données sur la circulation jouent un rôle clé et il est nécessaire de détecter précisément chaque véhicule individuel. Les détecteurs à boucle inductive (ILD) sont largement utilisés dans la plupart des systèmes de contrôle de la circulation, tels que SCOOT, SCAT, UTOPIA etc., à cause de leur concept simple et de leur haute précision. Mais les IDL doivent être installés sous la surface de la route, ce qui engendre des frais d'installation et de maintenance élevés, et ils sont vulnérables aux dégâts pendant la construction des routes. Par contre, les détecteurs de véhicules vidéo ne sont pas soumis à ces problèmes. Ils présentent aussi beaucoup d'avantages par rapport aux autres détecteurs.

- Surveillance de plusieurs voies par un seul détecteur de véhicules vidéo;
- Collecte d'informations beaucoup plus abondantes incluant la présence de véhicules, le

volume du trafic, l'occupation, la vitesse des véhicules, la classification, la longueur des queues etc.

- Surveillance visuelle du trafic possible sur écran de télévision

Dans ce qui précède, la collecte de la vitesse du véhicule est un avantage très utile, positif pour fournir des informations sur la circulation (par ex. fluide/congestion/embouteillage) aux conducteurs dans le domaine ITS.

C'est pourquoi les détecteurs vidéo sont aujourd'hui largement adoptés, en tant que meilleure alternative aux ILD, et certains sont même disponibles dans le commerce depuis plusieurs années. Pour les détecteurs vidéo conventionnels, la "différence de fond", la "différence de cadre" et la "différence d'espace" sont des approches de traitement d'image typiques pour la détection des véhicules. Ces approches sont essentiellement basées sur la soustraction de niveaux de gris de l'image vidéo. Mais il est très difficile de définir un véhicule par son niveau de gris, parce qu'il change avec beaucoup de conditions de fonctionnement incluant les conditions climatiques (nuages, pluie, neige etc.) et les conditions environnementales (crépuscule, ombre, recouvrement, réflexion de la lumière etc.) qui provoquent des performances instables des détecteurs vidéo [3]. Pour résoudre ce problème, nous avons tourné notre attention vers les approches stéréo et développé notre détecteur de véhicules vidéo efficace [2]. Il détecte les véhicules à partir de leurs informations tridimensionnelles (3-D), qui peuvent difficilement être affectées par des changements des conditions climatiques et environnementales. Les hautes performances de notre détecteur de véhicules vidéo ont été vérifiées sous des conditions défavorables telles qu'ombre, recouvrement, faible contraste et réflexion de la lumière au cours des essais sur le terrain [5].

L'objectif de cette étude est d'élargir l'application du détecteur vidéo aux régions glaciales. Bien que plus d'évaluations détaillées par temps neigeux soient nécessaires pour l'application du détecteur vidéo dans les régions glaciales, peu d'études ont été faites sur ses performances par temps neigeux. Nous avons ici essayé d'évaluer notre détecteur de véhicules vidéo par temps neigeux. Les détecteurs vidéo souffrent généralement des effets de la neige, qui peut dégrader leur capacité de détection des véhicules. Voici quelques-uns des effets négatifs prédits:

- Parasites dus aux chutes de neige sur l'image vidéo entrée
- Faible contraste entre les voitures de couleur blanche et la route couverte de neige
- Mauvaise visibilité due à la neige adhérent aux fenêtres de la caméra.

Il y a des problèmes difficiles pour la détection des véhicules. Le nôtre est cependant supposé avoir de grandes possibilités de détection précise des véhicules par temps neigeux à cause de sa résistance aux changements des conditions environnementales.

Dans notre étude, pour appliquer notre détecteur de véhicules vidéo à la neige, nous avons effectué quelques perfectionnements seulement sur sa configuration matérielle et évalué sa capacité à détecter des véhicules par temps neigeux au cours des essais sur le terrain. Nous décrivons d'abord brièvement l'algorithme de détection de notre détecteur, donneront les résultats des essais sur le terrain, puis tireront la conclusion de cette thèse.

3. Silhouette Vision

Différent de la plupart des détecteurs vidéo à base échelle de gris conventionnels, notre détecteur de véhicules vidéo détecte chaque véhicule individuel en utilisant les informations 3-D de sa forme. La caméra stéréo comprend une paire de caméras se déplaçant verticalement, dont les axes sont ajustés parallèlement. Les coordonnées 3-D de chaque point caractéristique de l'image vidéo peuvent être calculées sur la base du principe du triangle de mesure. Dans notre détecteur, seulement la plus petite quantité nécessaire de données 3-D est utilisée pour détecter les véhicules. Nous avons découvert que la silhouette latérale, qui est une caractéristique essentielle du véhicule, constitue la plus petite quantité nécessaire, et qu'un véhicule peut facilement être détecté ou reconnu par concordance du modèle de silhouette latérale du véhicule. La silhouette latérale d'un véhicule peut être obtenue par simple projection des coordonnées latérale des données 3-D.

C'est pourquoi notre détecteur de véhicules vidéo décrit ci-dessus permet de détecter les véhicules précisément en temps réel, malgré les changements des conditions climatiques.

4. Contre-mesures pour le temps neigeux

Pendant les périodes hivernales, il est nécessaire de résoudre les problèmes suivants qui surviennent fréquemment. Par exemple, parasites de chutes de neige sur les images entrées, neige accumulée qui modifie fortement le motif de la surface de la route, neige adhérant aux fenêtres des caméras entraînant une mauvaise visibilité et une détection difficile des véhicules, température extrêmement froide etc. En vue de surmonter ces problèmes, certaines améliorations ont été faites seulement dans la configuration matérielle sur notre détecteur. La vitesse d'obturation de la caméra stéréo est automatiquement contrôlée en temps réel pour permettre d'obtenir des images entrées les mieux adaptées à la détection des véhicules. Un chauffage de vitre est aussi adopté pour les fenêtres de la caméra stéréo pour empêcher l'adhérence de la neige et un chauffage est installé dans l'unité caméra. Nous n'avons fait aucune autre amélioration dans notre étude pour son algorithme pour la détection des véhicules résistant aux changements des conditions environnementales.

5. Essais sur le terrain

Le site des essais sur le terrain a été sélectionné sur une route à deux voies de Sapporo. La Figure 1 est une image vidéo prise sur le site des essais. L'unité caméra stéréo est montée sur un pilier, à 1,5 m sur

le côté de la route, à une hauteur d'environ 6 m au-dessus du sol. La Figure 2 montre la caméra stéréo sur le site des essais sur le terrain. Les paramètres de l'unité caméra stéréo sont comme suit.

- Longueur focale des objectifs: 6,86 [mm]
- Longueur de base de la caméra: 500 [mm]
- Direction d'installation de la caméra stéréo: Verticale



Figure 1 Site des essais



Figure 2 Unité caméra stéréo

6. Évaluation

Nous avons sélectionné certaines conditions comme suit:

- Nuages sans chutes de neige (jour, crépuscule, nuit)
- Chutes de neige moyennes de 2 cm/h (crépuscule)
- Fortes chutes de neige de 6 cm/h (jour)
- Tempête de neige de 2 cm/h avec vent fort (jour)

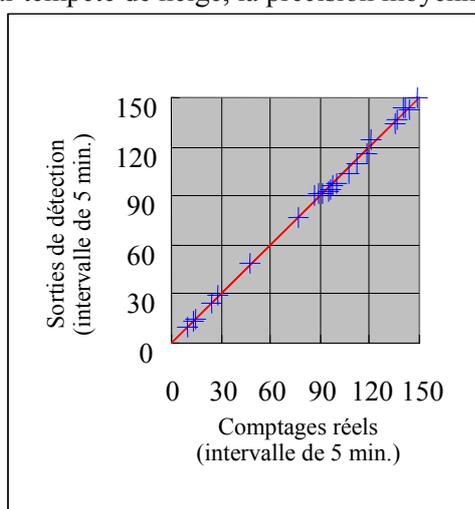
Nous avons évalué les données du volume de la circulation des deux voies toutes les 5 minutes et la vitesse des véhicules individuels en tant que sortie du système de détection de véhicules. Les données du volume de ligne de base ont été collectées par comptage manuel. Les données de vitesse de ligne de base ont été collectées à partir de la mesure des positions d'un véhicule par cadre vidéo sur l'écran de télévision. Les comptages réels et la vitesse réelle ont été portés sur l'axe horizontal, et les comptages et la vitesse de notre détecteur sur l'axe vertical. Sur les tracés diffusés du volume de la circulation et la vitesse, une ligne linéaire de 45° représente la détection précise du véhicule.

- VOLUME -

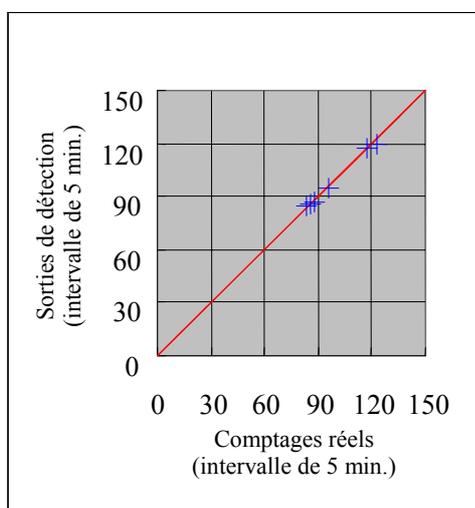
Les Figures 3(a)-(d) montrent les résultats des essais avec une image échantillon obtenus respectivement par temps nuageux sans chutes de neige, avec des chutes de neige moyennes, de fortes chutes de neige et une tempête de neige.

Les résultats peuvent se résumer comme suit.

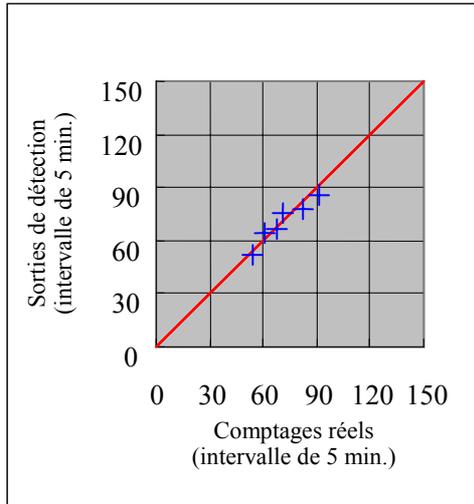
- Par temps nuageux sans chutes de neige, la précision moyenne de détection des véhicules a été de 98.5%.
- Par chutes de neige moyennes, la précision moyenne de détection des véhicules a été de 98.8%. Nous avons obtenu une précision des véhicules sous chutes de neige moyennes aussi bonne que par temps nuageux sans chutes de neige.
- Par fortes chutes de neige, la précision moyenne de détection des véhicules a été de 95.2%, ce qui est un peu inférieur.
- Par tempête de neige, la précision moyenne de détection des véhicules a été de 89.0%.



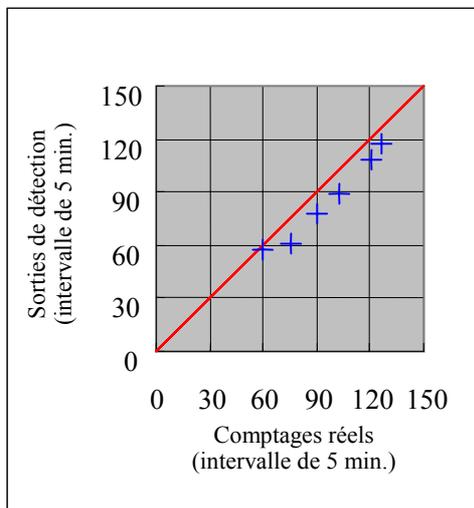
(a) Nuageux sans chutes de neige (jour, crépuscule, nuit)



(b) Chutes de neige moyennes (crépuscule)



(c) Fortes chutes de neige (jour)



(d) Tempête de neige (jour)

Figure 3 Tracés diffusés du volume du trafic

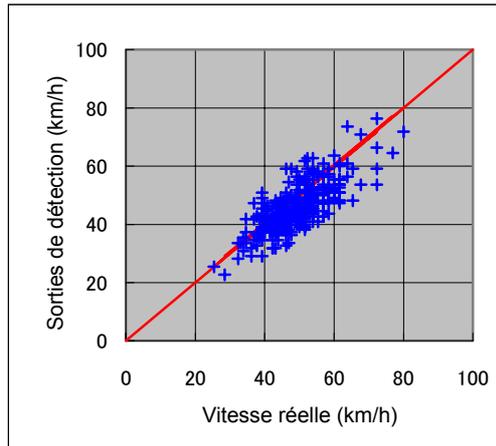
- VITESSE -

Les Figures 4(a)-(c) indiquent les résultats des essais.

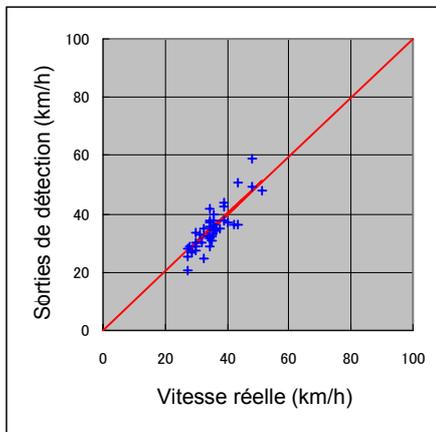
Les résultats peuvent se résumer comme suit.

- Par temps nuageux sans chutes de neige, la précision de mesure de la vitesse des véhicules a été de 88.9%
- Par fortes chutes de neige, la précision de mesure de la vitesse des véhicules a été de 89.6%.
- Par tempête de neige, la précision de mesure de la vitesse des véhicules a été de 87.5%, ce qui est un peu inférieur.

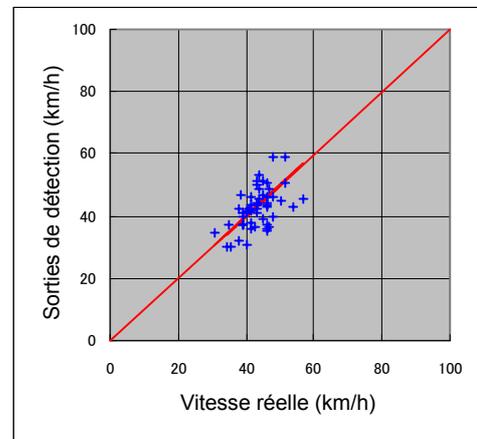
Nous avons obtenu une précision de mesure de la vitesse des véhicules sous fortes chutes de neige et par tempête de neige aussi bonne que par temps nuageux sans chutes de neige.



(a) Nuageux sans chutes de neige (jour)



(b) Fortes chutes de neige (jour)



(b) Tempête de neige (jour)

Figure 4 Tracés diffusés de la vitesse des véhicules individuels

7. Discussion

Dans ces essais sur le terrain, sous chutes de neige moyennes et fortes, nous avons obtenu une excellente précision de détection des véhicules comparable à celle par temps nuageux sans chutes de neige. Ces résultats montrent que notre détecteur de véhicules vidéo est applicable à la neige. Par tempête de neige, toutefois, d'énormes quantités de neige sur les images entrées ont considérablement détérioré la visibilité des images vidéo, ce qui s'est traduit par une détection difficile des véhicules et des performances moins bonnes de notre détecteur. Quand la visibilité est très dégradée sous des conditions comme une tempête de neige, une fonction d'avertissement qui renforce la fiabilité du détecteur de véhicules vidéo doit être prise en considération.

Par ailleurs, par fortes chutes de neige et même tempête de neige, nous avons obtenu une excellente précision de détection de la vitesse des véhicules comparable à celle par temps nuageux sans chutes de neige. Ces résultats montrent que notre détecteur de véhicules vidéo est applicable à la neige.

Des résultats satisfaisants de détection des véhicules et de vitesse ont été obtenus pendant les chutes de neige et sur la neige accumulée sur la surface de la route. Nous avons confirmé que notre détecteur de véhicules vidéo est applicable aux régions glaciales où les chutes de neige sont fréquentes en hiver.

8. Travaux à venir

Dans l'avenir, une fonction d'avertissement, qui empêche que l'ensemble du système soit fortement affecté, doit être ajoutée à notre détecteur de véhicules vidéo quand il ne peut pas détecter normalement les véhicules sous des conditions extrêmement sévères.

De plus, il arrive souvent qu'une voie de circulation d'un véhicule soit différente d'une voie en été à cause de la neige sur le bord de la route en hiver. A ce moment-là, la différence provoque une erreur dans la performance de détection des véhicules sur la base de la voie en été. Nous allons développer un algorithme dans lequel le volume de la circulation sur toutes les voies est mesurable, parce que la recherche se fait aussi sur une position de déplacement du véhicule individuel en direction transversale sur la route pour réduire cette erreur. De plus, nous développerons un algorithme similaire permettant de mesurer le volume de la circulation de chaque voie, ce qui est positif pour une voie changeant pendant la saison hivernale, par recherche sur la position de déplacement du véhicule individuel également en direction transversale sur la route. Cet algorithme permet aussi à une amélioration de l'erreur de mesure des véhicules en cas de changement de voie d'un véhicule.

9. Conclusion

Pour appliquer notre détecteur de véhicules vidéo à la neige, nous avons fait quelques améliorations seulement sur la configuration matérielle. Ses hautes performances de détection des véhicules et de mesure de la vitesse par divers temps neigeux ont été vérifiés au cours des essais sur le terrain. Notre détecteur de véhicules vidéo, à base stéréo, qui détecte chaque véhicule individuel précisément fournit une grande variété de données de la circulation en hiver. Nous sommes convaincus qu'il sera un avantage dans le développement ITS.

10. Référence

- [1] K.Ohashi et al. "Vehicle Recognition from Parking Images using a Stereo Camera", Proceedings of The 4th World Congress on ITS, Berlin, Oct. 1997.
- [2] Y.Asokawa et al. "Automatic Vehicle Recognition by Silhouette Theory", Proceedings of The 5th World Congress on ITS, Korea, Oct. 1998.
- [3] U.S. DOT, FHWA, Minnesota DOT, Minnesota Guidestar, and SRF Consulting Group, Inc. "Field Test of Monitoring of Urban Vehicle Operations Using Non-Intrusive Technologies", May 1997.
- [4] Kanayama. "Applications of Image Technology to Road Traffic Systems", Proceedings of the Annual Meeting of the Television Society of Japan, pp.514-517, 1996.
- [5] A.Saito et al. "Silhouette Vision: New Video Vehicle Detection Field Proven Robust and Accurate", Proceedings of The 6th World Congress on ITS", Toronto, Nov. 1999.