



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediène

Faculté d'Electronique et d'Informatique
Département Informatique

Mémoire de Master

Domaine mathématique et informatique
Filière informatique

Spécialité
Réseaux et Systèmes Distribués

Thème

Développement d'un système de détection de véhicules par les capteurs magnétiques pour une gestion de trafic routier en utilisant les réseaux de capteurs sans fil

Organisme d'accueil : CERIST

Proposé par :

Dr D. DJENOURI

Présenté par :

Mr IMEKHLAF Aghiles
Mr BERTOUCHE Adlane

Encadré par :

Mr M. DOUDOU
Mr M. A. KAFI

Devant le jury composé de :

Mr	M. BENCHAIBA	Président
Mlle	C. BENZAID	Membre
Mr	S. HAMRIOUI	Membre

Binôme N°. 056/2012

Dédicaces

*À mes parents,
À mon grand frère,
À ma petite sœur,
À tous mes proches,
À tous ceux qui m'ont soutenu pendant cette période*

Mohamed Adlane

*À mes parents,
À mon petit frère,
À mes tantes, mes oncles et ma grand-mère,
À tous mes proches,
À mes amis et tous ceux qui m'ont soutenu pendant cette période*

Aghiles

Remerciements

Louange à Dieu, le tout puissant, qui sans lui rien de tout cela n'aurait été fait.

Ce travail a été réalisé au sein du Centre de Recherche pour l'Information Scientifique et Technique (CERIST), nous tenons à remercier en premier lieu le Dr. Djamel DJENOURI pour nous avoir proposé le thème de notre projet de fin d'étude et nous avoir offert par l'occasion l'opportunité d'effectuer notre projet de fin d'étude au sein de cet établissement.

Nos vifs remerciements accompagnés de toute notre gratitude vont aussi à nos deux encadreurs Mr Messaoud DOUDOU et Mr Mohamed Amine KAFI pour nous avoir consacré un temps précieux et accompagné avec un sérieux exemplaire tout au long de ce stage et également pour leurs conseils, leur disponibilité et leur aide indéfectibles qui ont enrichi notre modeste expérience et permis de mener à bien ce projet.

Nous exprimons notre reconnaissance au Dr. Chafika BENZAID pour nous avoir accordé un suivi constant et un intérêt démontré tout au long de l'étude de notre projet. Ses valeureux conseils et orientations nous ont guidé jusqu'à l'aboutissement de ce travail.

Nous ne manquerons pas aussi de remercier les personnes du groupe de recherche du CERIST, activant au sein de la Division Théorie et Ingénierie des Systèmes Informatiques (DTSI) et notamment Messieurs Miloud BAGAA, Nouredine LASLA et Abdelraouf OUADJAOUT.

Nous remercions enfin nos familles respectives (nos chers parents, frères et sœurs, cousins et cousines) pour leur soutien et encouragements très appréciés ainsi que nos amis et collègues avec qui nous avons partagé des moments inoubliables pendant notre cursus universitaire et pour lesquels nous garderons de merveilleux souvenirs gravés à jamais dans nos mémoires.

Résumé : Le nombre de véhicules en Algérie ne cesse d’augmenter ces dernières années, conduisant ainsi à la saturation du réseau routier. Cette saturation représente la cause principale d’encombrement, d’accidents et de pollution. Ces problèmes ont des conséquences majeures sur l’économie du pays et la vie quotidienne du citoyen. Une solution possible consiste à gérer d’une manière efficace le flux de véhicules, en se basant sur la surveillance en temps réel du trafic routier. Un réseau de capteurs peut être un outil pour assurer la gestion dynamique de ce trafic.

Ce mémoire décrit le développement d’un système de détection de véhicules en utilisant les capteurs magnétiques, ainsi que la conception d’une méthode de classification basée sur l’analyse des signatures magnétiques.

Mots clés : Réseaux de capteurs sans fil, Capteurs magnétiques, TinyOS, NesC, Systèmes de transport intelligents (STI).

Abstract : The number of vehicles in Algeria is increasing in recent years, leading to road network saturation. This saturation is the main cause of congestion, accidents and pollution. These problems have a major impact on the economy and daily life of citizens. One possible solution is to manage efficiently the flow of vehicles, based on real-time monitoring of road traffic. A sensor network can be a tool to manage the traffic dynamically.

This Master thesis describes the development of a vehicle detection system using magnetic sensors, and the design of a classification method based on the analysis of magnetic signatures.

Keywords : Wireless sensor networks, Anisotropic magnetoresistance sensors (AMR), TinyOS, NesC, Intelligent transportation system (ITS).

Table des matières

Table des matières	iv
Introduction générale	1
1 Généralités sur les réseaux de capteurs sans fils	3
1.1 Introduction	3
1.2 Les réseaux sans fils	3
1.3 Les réseaux ad hoc	5
1.4 Les réseaux de capteurs sans fil (RCSF)	5
1.4.1 Définition	5
1.4.2 Les capteurs sans fils	6
1.4.3 Matériel existant	7
1.5 Architecture matérielle d'un capteur	10
1.6 Architecture logicielle d'un capteur	11
1.6.1 Système d'exploitation (TinyOS)	11
1.6.2 Langage de programmation (NesC)	12
1.7 Caractéristiques d'un réseau de capteurs	13
1.8 Application des réseaux de capteurs	14
1.9 Conclusion	15
2 Problématique et état de l'art	16
2.1 Introduction	16
2.2 Problématique	16
2.3 Les technologies de surveillance du trafic routier	16
2.3.1 Les technologies embarquées	17
2.3.2 Les technologies intrusives	18
2.3.3 Les technologies non-intrusives	19
2.4 Phénomène de perturbation du champ magnétique de la terre	22
2.5 Motivation à utiliser les réseaux de capteurs magnétiques	24
2.6 Conclusion	24
3 Système de détection et classification de véhicules	25
3.1 Introduction	25
3.2 Architecture générale du système de détection	26
3.3 Échantillonnage et collecte de données magnétiques	28
3.4 Filtrage numérique des données brutes	30
3.4.1 Présentation du rôle de filtrage	30
3.4.2 Définition et classification des filtres numériques	31
3.4.3 Choix des filtres numériques pour notre application	32
3.5 Algorithme de calibrage du capteur magnétique	33
3.6 Algorithme de Détection à Seuil Adaptatif	37

3.6.1	Démarche de détection magnétique des véhicules	37
3.6.2	Calcul du seuil adaptatif	38
3.6.3	Définition des états du système de détection	38
3.6.4	Algorithme de détection de véhicules	38
3.7	Algorithme de classification par analyse de signature magnétique	41
3.7.1	Extraction de la signature magnétique	43
3.7.2	Transformation du vecteur de signature	43
3.7.3	Compression de l'amplitude de la signature	43
3.7.4	Algorithme de classification	44
3.8	Conclusion	45
4	Réalisation et expériences réelles	46
4.1	Introduction	46
4.2	Présentation de l'environnement de travail	46
4.2.1	Outils matériels	46
4.2.2	Outils logiciels	48
4.3	Paramètres de l'application	50
4.3.1	Emplacement du capteur magnétique	50
4.3.2	Orientation de l'axe magnétique	50
4.3.3	Coefficients des filtres numériques (α, β)	51
4.3.4	Seuil minimal de détection (Δ)	52
4.4	Tests de l'algorithme de calibrage	52
4.4.1	Implémentation de l'algorithme de calibrage	52
4.4.2	Analyse et évaluation des résultats de calibrage	53
4.4.3	Optimisation du temps de calibrage	54
4.5	Tests de l'algorithme de détection	56
4.5.1	Exemples de signatures magnétiques	56
4.5.2	Première expérience	57
4.5.3	Deuxième expérience	58
4.5.4	Troisième expérience	59
4.5.5	Évaluation des résultats de détection	60
4.6	Tests de l'algorithme de classification	60
4.6.1	Transformation de la signature en vecteur de moyennes	61
4.6.2	Compression de la signature magnétique	62
4.6.3	Expérience réelle de classification	63
4.6.4	Évaluation des résultats de classification	63
4.7	Conclusion	63
	Conclusion générale et perspectives	64
	A Filtrage numérique d'un signal discret	65
	B Code source de l'application	67
	Bibliographie	78