

Hội Cơ điện tử Việt Nam
Hội Hàng không - Vũ trụ Việt Nam
Viện Công nghệ Thông tin, Viện KH&CN VN
Viện Công nghệ Vũ trụ, Viện KH&CN VN
Viện Cơ học, Viện KH&CN VN
Trung tâm Vệ tinh Quốc Gia
Trường ĐH Công nghệ, ĐHQGHN (*Đơn vị đăng cai tổ chức*)



Tuyển tập Công trình khoa học Hội nghị Cơ điện tử Toàn quốc lần thứ 6 (VCM2012)

Hà Nội, ngày 14 ÷ 15/12/2012



Nhà xuất bản Đại học Quốc Gia Hà Nội

Hội Cơ điện tử Việt Nam
Hội Hàng không - Vũ trụ Việt Nam
Viện Công nghệ Thông tin, Viện KH&CN VN
Viện Công nghệ Vũ trụ, Viện KH&CN VN
Viện Cơ học, Viện KH&CN VN
Trung tâm Vệ tinh Quốc Gia
Trường ĐH Công nghệ, ĐHQGHN (*Đơn vị đăng cai tổ chức*)

Tuyển tập Công trình khoa học
Hội nghị Cơ điện tử Toàn quốc lần thứ 6
(VCM2012)

Hà Nội, ngày 14 ÷ 15/12/2012

Tuyển tập Công trình khoa học Hội nghị Cơ điện tử Toàn quốc lần thứ 6 (VCM2012)

ISBN: 978-604-62-0753-5

Nhà xuất bản Đại học Quốc Gia Hà Nội

Địa chỉ: 16 Hàng Chuối, Quận Hai Bà Trưng, Hà Nội

Điện thoại: (04) 39714899

Fax: (04) 39714899

Email: nxbdhqghn@yahoo.com.vn

Tuyển tập Công trình khoa học
Hội nghị Cơ điện tử Toàn quốc lần thứ 6
(VCM2012)
Hà Nội, ngày 14 ÷ 15/12/2012

BAN BIÊN TẬP

PGS. TSKH. Phạm Thượng Cát

GS. TSKH. Nguyễn Đức Cường

PGS. TS. Trần Quang Vinh

PGS. TSKH. Nguyễn Đình Đức

PGS. TS. Thái Quang Vinh

PGS. TS. Doãn Minh Chung

PGS. TS. Chử Đức Trình

TS. Phạm Mạnh Thắng

TS. Nguyễn Hoàng Quân

CN. Phan Thị Cẩm Ly

Đơn vị tài trợ chính

Tổng công ty cổ phần Bia Rượu NGK Sài Gòn - Sabeco
Tập đoàn điện lực Việt Nam EVN
Tổng công ty Cổ phần Điện tử - Tin học Việt Nam

Đơn vị đăng cai tổ chức Hội nghị

Trường Đại học Công nghệ, ĐHQGHN

Đơn vị đồng tổ chức Hội nghị

Hội Cơ điện tử Việt Nam
Hội Hàng không - Vũ trụ Việt Nam
Viện Công nghệ Thông tin, Viện KH&CN VN
Viện Công nghệ Vũ trụ, Viện KH&CN VN
Viện Cơ học, Viện KH&CN VN
Trung tâm Vệ tinh Quốc gia

Ban Chỉ đạo

Nguyễn Văn Hiệu, Đỗ Hữu Hào, Nguyễn Ngọc Bình, Nguyễn Khoa Sơn, Trương Hữu Trí.

Đồng Chủ tịch Hội nghị

Đỗ Hữu Hào, Nguyễn Ngọc Bình

Ban chương trình

Trưởng ban: Phạm Thượng Cát

Phó Trưởng ban: Nguyễn Đức Cương, Trần Quang Vinh

Doãn Minh Chung, Nguyễn Văn Chúc, Nguyễn Tăng Cường, Nguyễn Công Định, Lê Văn Doanh, Bùi Thế Dũng, Lê Bá Dũng, Tô Văn Dực, Nguyễn Đình Đức, Lê Hải Dũng, Đào Văn Hiệp, Đặng Xuân Hoài, Nguyễn Quang Hoan, Thân Ngọc Hoàn, Bùi Quốc Khánh, Nguyễn Văn Khang, Nguyễn Ngọc Lâm, Trần Hoài Linh, Nguyễn Đăng Minh, Phan Xuân Minh, Tạ Cao Minh, Đặng Văn Nghìn, Dương Hoài Nghĩa, Nguyễn Chí Ngôn, Ngô Kiều Nhi, Nguyễn Văn Nhờ, Vũ Ngọc Phát, Đinh Văn Phong, Nguyễn Doãn Phước, Nguyễn Phùng Quang, Lê Hoài Quốc, Đỗ Sanh, Nguyễn Chi Sáng, Đặng Ngọc Thanh, Phạm Mạnh Thắng, Trần Đức Thuận, Nguyễn Tân Tiến, Phạm Ngọc Tiếp, Chử Đức Trình, Trần Dương Trí, Vũ Quốc Trụ, Nguyễn Thế Truyện, Đoàn Thế Tuấn, Phạm Anh Tuấn, Trần Xuân Tú, Phạm Ngọc Tuấn, Thái Doãn Tường, Bùi Trọng Tuyên, Phạm Vũ Uy, Đoàn Quang Vinh, Thái Quang Vinh, Phạm Thị Ngọc Yến.

Ban Tổ chức

Trưởng ban: Nguyễn Đình Đức

Phó Trưởng ban: Phạm Mạnh Thắng, Thái Quang Vinh, Doãn Minh Chung, Vũ Hồng Quang
Vũ Anh Dũng, Trần Thị Thu Hà, Phan Quốc Nguyên, Trần Đức Tân, Chử Đức Trình, Trần Dương Trí.

Ban Thư ký

Trưởng ban: Nguyễn Hoàng Quân

Nguyễn Việt Anh, Đinh Trần Hiệp, Bùi Thu Hằng, Nguyễn Thị Cẩm Lai, Phan Thị Cẩm Ly, Chu Thị Minh, Nguyễn Cao Sơn.

MỤC LỤC

<i>TS. Đỗ Văn Vũ, TS. Trần Anh Quân.</i>	
Quy hoạch phát triển ngành Cơ điện tử ở Việt Nam.....	1
<i>Prof. Masahiro Aoyagi.</i>	
Fine-Pitch Chip-to-Chip Interconnection Technology for 3D MEMS Device Stacking System.....	6
<i>Nguyễn Hữu Công, Vũ Ngọc Kiên, Đào Huy Du.</i>	
Ứng dụng thuật toán giảm bậc mô hình cho bài toán điều khiển cân bằng robot di động hai bánh.....	7
<i>Nguyễn Chí Ngón.</i>	
Thiết bị hỗ trợ người khiếm thị đi đường.....	13
<i>Nguyễn Chí Ngón.</i>	
Đồ Chỉ Tâm. Điều khiển thích nghi dùng mạng nơ-ron mờ hồi qui áp dụng cho hệ ổn định áp suất không khí.....	19
<i>Le Thi Thu Ha, Nguyen Thi Chinh, Nguyen Doan Phuoc.</i>	
Robust and Adaptive Tracking Control of Two-Wheel-Gearing Transmission Systems.....	25
<i>Phạm Thành Kha, Gia Xuân Long, Nguyễn Văn Hiến, Đặng Văn Nghìn, Trương Thế Dũng, Nguyễn Thanh Hải.</i>	
Nghiên cứu thiết kế và điều khiển Robot 6 bánh vượt địa hình.....	32
<i>Đinh Văn Đức, Đặng Văn Nghìn, Trần Đại Nguyên.</i>	
Thiết kế lược kế vòng tám cạnh trong gia công SPIF.....	40
<i>Nguyễn Văn Chung, Nguyễn Đức Cường, Vũ Hòa Tiên.</i>	
Xây dựng thuật toán xử lý tín hiệu của tổ hợp đo cao quán tính - vô tuyến trên tên lửa hành trình đối hải.....	45
<i>Thái Doãn Tường, Nguyễn Bá Thảo.</i>	
Khảo sát quá trình điều khiển tự động ống thoát khí của động cơ phản lực tuabin khí hàng không.....	52
<i>Nguyễn Trọng Thắng, Thân Ngọc Hoàn.</i>	
Tìm tốc độ góc của rotor máy phát dị bộ nguồn kép để hiệu suất chuyển đổi năng lượng trong hệ thống phát điện đồng trục trên tàu thủy đạt cực đại.....	60
<i>Nguyễn Trọng Thắng, Nguyễn Tiến Ban.</i>	
Đề xuất phương pháp kích từ cho máy phát đồng trục sử dụng máy điện dị bộ nguồn kép trong trạm phát điện tàu thủy.....	67
<i>Nguyễn Thế Truyền, Nguyễn Thế Vinh.</i>	
Một phương pháp đánh giá về ảnh hưởng của bộ lọc đến hình dạng tín hiệu điện tim.....	75
<i>Trần Đình Phúc, Đặng Văn Nghìn, Nguyễn T. Hải, Phạm X. Lộc.</i>	
Thiết kế và chế tạo bánh xe Mecanum cho xe nâng.....	83
<i>Duc-Cuong Quach, Quan Yin, Chun-Jie Zhou, Vu-Thinh Doan.</i>	
Thiết kế bộ điều khiển mờ thích nghi trực tiếp cho hệ điều khiển vị trí DC servo có mô hình chưa xác định chính xác sử dụng vi điều khiển dsPIC.....	88
<i>Đặng Văn Nghìn, Phạm Thành Kha, Phan Huỳnh Lâm, Trương Thế Dũng.</i>	
Thiết kế bộ điều khiển xe ghế đa hướng linh hoạt.....	96

<i>Nguyễn Phương Huy, Trần Mạnh Tuấn, Lê Bá Dũng.</i>	
Phân cụm trừ mờ và giải thuật di truyền ứng dụng cho bài toán thiết kế hệ điều khiển tự động từ dữ liệu.....	101
<i>Phạm Tuấn Anh, Nguyễn Phùng Quang.</i>	
Thiết bị kho điện cho hệ thống phát điện sức gió lưới hải đảo: Cấu trúc hệ thống, nguyên tắc làm việc và những vấn đề kỹ thuật cần giải quyết.....	107
<i>Đào Trung Kiên, Đào Văn Hiệp.</i>	
Mô hình hoá hệ vận động của người trong MapleSim™.....	115
<i>Ngô Kiều Nhi, Phạm Bảo Toàn.</i>	
Nghiên cứu đáp ứng dao động tự do trong việc nhận dạng khuyết tật của dầm.....	124
<i>Ngô Kiều Nhi, Nguyễn Quang Thành, Phạm Bảo Toàn, Đặng Anh Tuấn.</i>	
Khả năng sử dụng số liệu đo dao động thực tế trong công tác quản lý kỹ thuật hệ thống cầu.....	133
<i>Trần Trọng Minh, Phạm Quang Đăng, Vũ Hoàng Phương.</i>	
Chiến lược điều khiển nghịch lưu nguồn Z nối lưới cho trạm phát điện sức gió sử dụng máy phát đồng bộ nam châm vĩnh cửu.....	143
<i>Hoàng Văn Tiến, Nguyễn Đức Anh.</i>	
Mô phỏng hệ thống truyền động điện-thủy lực sử dụng van sắc-vô kiểu vòi phun-tám chắn.....	151
<i>Nguyễn Văn Hùng, Kiều Việt Quốc.</i>	
Nghiên cứu hệ thống định ôn tự động phục vụ sản xuất giống cây trồng.....	162
<i>Tran Dinh Huy, Nguyen Thanh Phuong, Ho Duc Loc, Tran Quang Thuan.</i>	
A Simple Walking Control Method for Biped Robot with Stable Gait.....	169
<i>Tran Dinh Huy, Nguyen Thanh Phuong, Vo Hoang Duy and Nguyen Van Hieu.</i>	
Discrete Time Optimal Tracking Control of BLDC Motor.....	180
<i>Lê Hoài Quốc, Nguyễn Minh Thạnh, Trần Công Tuấn, Nguyễn Ngọc Lâm.</i>	
Phân tích cấu hình đặc biệt của cơ cấu song song dùng tọa độ Plücker.....	187
<i>Trần Duy Trinh, Nguyễn Văn Liễn, Trần Trọng Minh.</i>	
Một phương pháp điều khiển mới cho hệ thống phục hồi điện áp động để giảm thiểu lôm điện áp trên lưới điện.....	195
<i>Phạm Tâm Thành, Nguyễn Phùng Quang.</i>	
Điều khiển động cơ xoay chiều ba pha không đồng bộ Rotor lồng sóc dựa trên cấu trúc tách kênh trực tiếp.....	202
<i>Trần Ngọc Thanh, Đinh Văn Hiến.</i>	
Mô hình hóa quá trình biến dạng dẻo và xác định các thông số công nghệ tối ưu chế tạo cốc đáy động cơ hành trình thiết bị bay từ hợp kim titan.....	210
<i>Trần Ngọc Thanh, Quán Thanh Bình, Sái Mạnh Thắng, Vũ Tùng Lâm.</i>	
Nghiên cứu công nghệ chế tạo loa phụt động cơ phản lực nhiên liệu rắn từ bột molybden.....	217
<i>Nguyễn Khánh Chính, Thái Doãn Tường, Phạm Vũ Uy.</i>	
Mô phỏng hoạt động của hệ thống động lực động cơ pittông - cánh quạt.....	225
<i>Quang Hieu Ngo, Trungtin Tran, Keum-Shik Hong.</i>	
A pendulation control system of an offshore container crane.....	231
<i>Đào Trung Kiên, Lê Thị Lan.</i>	
Robot dịch vụ chuyển thư dựa trên nhận dạng biển số phòng.....	237

Tuong Quan Vo.

Nghiên cứu phân tích động lực học và ứng dụng giải thuật di truyền-leo đồi trong việc tối ưu hóa vận tốc di chuyển thẳng của Robot cá 3 khớp dạng Carangiform.246

Ngô Kiều Nhi, Lê Bảo Quỳnh, Nguyễn Ngọc Hải, Phạm Bảo Toàn, Nguyễn Quang Thành.

Phương pháp xây dựng và kết quả phân tích phổ công suất dao động cầu gậy bởi lưu thông thực tế.256

Hoàng Văn Huy, Hoàng Quang Chính.

Tổng hợp bộ điều khiển tốc độ trượt bền vững cho động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu.265

Tạ Thị Na.

Mô hình hoá hệ thống chạy dao trên máy CNC.....272

Nguyen Van Thang, Chu Duc Trinh, Tran Duc Tan.

The performance improvement of a low-cost INS/GPS integration system using the street return algorithm and compass sensor.280

Lê Đức Thọ, Nguyễn Hưng Long, Nguyễn Đình Văn, Nguyễn Thị Lan Hương.

Nghiên cứu và xây dựng hệ thống điều khiển, thu thập và xử lý thông tin của robot trực thăng trong lĩnh vực nhà thông minh và quân sự.....288

Quoc Toan Truong, Anh Huy Vo and Quoc Chi Nguyen.

Nonlinear Adaptive Control of a 3D Overhead Crane.296

Đàm Thanh Phương, Phạm Thượng Cát.

Điều khiển thích nghi đồng bộ mạng nơron tế bào và hệ hỗn loạn Chen với các tham số bất định.307

Hung Duc Nguyen, Sachith Malalagama and Dev Ranmuthugala.

Modelling and Simulation of a Remotely Operated Vehicle.....312

Đỗ Anh Tuấn, Nguyễn Đăng Chung, Nguyễn Thành Long, Chu Ngọc Liêm, Phạm Ngọc Minh, Thái Quang Vinh.

Nghiên cứu và phát triển hệ thống giám sát môi trường trên nền mạng di động không dây băng thông rộng WIMAX 4G.....329

Trần Ngọc Bình, Vũ Quốc Huy, Nguyễn Quang Hùng.

Giải pháp điều khiển tay máy phun hạt NLX thông qua ảnh bề mặt làm sạch.334

Phạm Văn Thiêm, Nguyễn Thị Thanh Quỳnh, Nguyễn Doãn Phước .

Điều khiển ổn định thích nghi ISS cho ổ đỡ từ tích cực hai bậc tự do được mô tả dưới dạng phương trình Euler - Lagrange.339

Nguyễn Hữu Quang, Nguyễn Phùng Quang.

Thiết kế bộ điều khiển phi tuyến thích nghi mô-men tải cho động cơ đồng bộ kích thích vĩnh cửu sử dụng phương pháp backstepping thích nghi.344

Tran Duc Tang.

Calculation of machine coordinates and postprocessor for 5-Axis CNC milling machine.350

Đình Văn Nhã, Phạm Khương Duy, Đình Nhật Anh, Đình Thị Lan Anh, Đình Văn Vinh.

Xây dựng thuật toán điều khiển cân chính xác nhiều thành phần.357

Phạm Hoàng Thông, Nguyễn Đức Thành.

Ứng dụng mạng Neural – Fuzzy điều khiển Robot đa hướng bám quỹ đạo.....363

Nguyễn Thanh Tiên, Dương Quốc Dũng, Bùi Văn Quảng.

Tổng hợp điện áp điều khiển trong hệ truyền động bám động cơ một chiều có tính đến giới hạn của các tham số trạng thái và điện áp phản ứng.373

<i>Vũ Đức Trường, Nguyễn Tăng Cường.</i>	
Xác định điều kiện giới nội từng phần của một lớp hệ thống động học phi tuyến đa cấu trúc.....	380
<i>Đặng Trí Dũng, Nguyễn Trường Thịnh.</i>	
Phát triển giải thuật điều khiển và tránh vật cản dành cho robot sáu chân.....	386
<i>Trần Thị Thanh Hải.</i>	
A vision based method for 1D barcode detection and recognition.	393
<i>Chu Manh Hoang, Nguyen Quang Long, Chu Duc Trinh and Vu Ngoc Hung.</i>	
Micromachined Z-Axis Accelerometer with Switched-Capacitor Readout Integrated Circuit.	399
<i>Trần Xuân Thành, Đào Trung Kiên.</i>	
Mô hình động lực học của người khi đi bộ.....	404
<i>Ngô Thanh Bình.</i>	
Nâng cao chất lượng của thiết bị tích hợp INS/GPS trên cơ sở logic mờ.	411
<i>Nguyễn Đình Đức, Phạm Hồng Công.</i>	
Nonlinear dynamic analysis of symmetrical composite FGM plates with temperature-dependent materials properties.	419
<i>Nguyễn Xuân Thuận, Đỗ Đức Nam.</i>	
Điều khiển song phương của hệ thống Teleoperation sử dụng phương pháp Scattering & Virtual Damping với trễ trên kênh truyền thông.....	429
<i>Trần Xuân Tuyền, Trần Ngọc Hải, Đào Minh Đức, Lê Thị Thùy Trâm.</i>	
Nghiên cứu điều khiển vị trí xy lanh khí nén khí sử dụng van tỷ lệ MPYE Festo.....	436
<i>Đinh Văn Nhung, Đỗ Công Đạt, Vũ Thành Trung.</i>	
Nghiên cứu hệ thống treo bán tích cực ứng dụng nâng cao độ êm dịu chuyển động ô tô khách.....	443
<i>Trần Thuận Hoàng, Phùng Mạnh Dương, Đặng Anh Việt và Trần Quang Vinh.</i>	
Dẫn đường và tránh vật cản cho robot di động dựa trên ảnh laser 3D và siêu âm.....	451
<i>Nguyen Quang Long, Chu Manh Hoang, Trinh Quang Thong, Chu Duc Trinh and Vu Ngoc Hung.</i>	
Design and Fabrication of an Enhanced Sensitivity Tuning Fork Micro-Gyroscope.	459
<i>Dang Xuan Kien, Tran Hoang Dung, Quach Duc Cuong.</i>	
Thiết kế hệ thống lái tự động tàu thủy dựa trên mô hình dự đoán Smith thích nghi dưới ảnh hưởng của thời gian trễ và nhiễu không xác định.	465
<i>Trần Tuyết Quyên, Nguyễn Trường Thịnh.</i>	
Phát triển robot giám sát đường ống thoát nước.....	475
<i>Đỗ Hoàng Sơn và Nguyễn Tấn Tiến.</i>	
Nghiên cứu phát hiện vết nứt trên vỏ trứng cút dùng xử lý ảnh và mạng nơ ron.	482
<i>Trần Đức Thuận, Bùi Hồng Huệ, Trương Duy Trung, Trần Xuân Kiên, Nguyễn Sỹ Long.</i>	
Ứng dụng bộ lọc Kalman phi tuyến mở rộng xây dựng thuật toán xác định tham số định hướng trên cơ sở kết hợp con quay tốc độ góc với từ kế và gia tốc kế.	488
<i>Nguyễn Đức Cường, Phan Văn Chương, Hoàng Anh Tú.</i>	
Ứng dụng bộ điều khiển mờ cho máy bay không người lái cỡ nhỏ.	495
<i>Nguyễn Văn Nhò, Đới Văn Môn, Trần Quốc Hoàn, Quách Thanh Hải.</i>	
Kỹ thuật điều chế PWM ba bậc nhằm cân bằng điện áp hai tụ điện một chiều trong nghịch lưu áp 3 bậc NPC.....	501

<i>Đặng Quang Vinh, Nguyễn Duy Anh và Nguyễn Tấn Tiến.</i>	
Nghiên cứu điều khiển máy tạo sóng nước sử dụng trong phòng thí nghiệm.	511
<i>Vu Van Ninh, Nguyen Duc Anh, Tran Duc Tan.</i>	
An efficient scheme of Inertial Navigation System and Global Positioning System Integration for land vehicles.	516
<i>Huyền Thái Hoàng.</i>	
Xây dựng giải thuật xác định hướng nhìn từ ảnh có độ phân giải thấp sử dụng đặc trưng PCA và mạng thần kinh.	522
<i>Huyền Thái Hoàng.</i>	
Thiết kế và thực hiện xe lăn điện điều khiển bằng mắt.	529
<i>Nguyễn Văn Tĩnh, Phạm Thượng Cát, Phạm Minh Tuấn, Trần Thuận Hoàng.</i>	
Một phương pháp tránh vật cản VFH cải tiến cho robot di động.	536
<i>Thái Hữu Nguyên, Nguyễn Phạm Thực Anh.</i>	
Thiết kế bộ điều khiển bám quỹ đạo cho robot bằng phương pháp Jacobian xấp xỉ thích nghi.	543
<i>Ngô Hoàng Huy, Phạm Thượng Cát, Nguyễn Trịnh Nguyên, Nguyễn Tu Trung, Ngô Trần Anh.</i>	
Thiết kế hệ thống nhận dạng khẩu lệnh tiếng Việt điều khiển thiết bị tự hành trên nền các vi hệ thống điện năng thấp với phép chuẩn hóa VTLN – MFCC.	550
<i>Nguyen Trong Cac, Nguyen Van Khang.</i>	
Communication delay Compensation for NCSs based on AR modeling.	559
<i>Nguyễn Văn Mươi, Lý Thanh Phương, Nguyễn Văn Chương, Phó Hoàng Linh.</i>	
Ứng dụng mạng truyền thông PROFIBUS trong giám sát và điều khiển mô hình dây chuyền sản xuất linh hoạt.	567
<i>Nguyễn Văn Khang, Nguyễn Thành Công.</i>	
Về hai phương pháp giải bài toán động lực học ngược robot song song.	574
<i>Nguyễn Quang Vịnh, Phan Tương Lai, Nguyễn Đức Ánh, Nguyễn Quang Hùng.</i>	
Mô hình hóa, mô phỏng động lực học máy bay trực thăng chữa cháy khi chuyển động trên đường bay xác định.	584
<i>Đoàn Quang Vinh, Trương Thị Bích Thanh, Trần Thái Anh Âu.</i>	
Ứng dụng thuật toán Anti-Windup trong điều khiển nhiệt độ.	590
<i>Đoàn Quang Vinh, Trương Thị Bích Thanh, Trần Thái Anh Âu.</i>	
Sử dụng phương pháp relay-feedback trong việc xác định các tham số của bộ điều khiển pid ổn định nhiệt độ.	595
<i>Nguyễn Thanh Tiên, Dương Ngọc Khang, Lê Văn Duyên.</i>	
Tổng hợp bộ điều khiển cho hệ truyền động con lắc với động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu trên cơ sở phương pháp điều khiển trượt.	600
<i>Ngô Mạnh Tiến, Phan Xuân Minh, Phan Quốc Thắng, Nguyễn Doãn Phước.</i>	
Một thuật toán điều khiển thích nghi theo mô hình mẫu cho robot tự hành non-holonomic với tham số bất định.	607
<i>Vo Thi Lan Anh, Doan Minh Chung, Kosta Georgiev Kostov, Boris Iliev Vichev.</i>	
Thiết kế chế tạo phổ kế siêu cao tần băng X và ứng dụng trong nghiên cứu môi trường.	614
<i>Tạ Thị Thanh Xuân, Phạm Văn Nhã, Phạm Văn Vũ.</i>	
Ứng dụng thuật toán di truyền hỗ trợ ra quyết định trong hệ thống điều khiển đèn giao thông.	621
<i>Lê Quốc Việt, Trịnh Đức Cường, Nguyễn Trường Thịnh.</i>	
Thiết kế hệ thống nhận dạng và trả tiền giấy Việt Nam sử dụng trong máy bán hàng tự động.	628

<i>Tường Phước Thọ, Trịnh Đức Cường, Nguyễn Trường Thịnh.</i>	
Tiếp cận khái quát về thiết kế cơ khí và tổng hợp phương pháp điều khiển cho Delta robot.....	636
<i>Nguyễn Thế Truyền, Nguyễn Văn Nghĩa.</i>	
Xây dựng mô hình toán học cho bài toán chẩn đoán online động cơ điện kéo dựa trên phương pháp chẩn đoán bằng mô hình đối chứng.	643
<i>Trịnh Mạnh Tuyên, Nguyễn Văn Xuân, Phan Quốc Thắng.</i>	
Nâng cao chất lượng hệ thống điều khiển ứng dụng thuật toán PID-Neural và hiện thực hóa trên cơ sở ARM 32 bit.....	649
<i>Vũ Đức Thái, Bùi Văn Tùng, Phạm Thượng Cát.</i>	
Cấu hình chip CNN giải phương trình thủy lực hai chiều bằng công nghệ FPGA.	657
<i>Nguyễn Tăng Cường, Vũ Đức Trường.</i>	
Xây dựng thuật toán lọc thích nghi sử dụng tuyến tính hóa thống kê và mạng nơ ron.	603
<i>Nguyễn Minh Xuân, Dương Văn Quang.</i>	
Ứng dụng phương trình tồn tại trong thiết kế sơ bộ tên lửa.	669
<i>Lê Hoàng Anh, Ngô Văn Thuyền.</i>	
Định vị cho Robot di động sử dụng camera và vật mốc.....	679
<i>Vũ Tùng Lâm, Nguyễn Văn Chúc, Trần Ngọc Thanh.</i>	
Tối ưu cấu trúc thân vỏ khoang khí cụ bay	685
<i>Nguyễn Trần Hiệp, Phạm Thượng Cát.</i>	
Điều khiển robot Puma 560 theo phương pháp trượt sử dụng mạng hàm bán kính cơ sở.....	694
<i>Lưu Thanh Tùng, Lê Hồng Phương.</i>	
Nghiên cứu phát hiện vết nứt của trứng cút bằng sóng âm.	701
<i>Ngô Mạnh Tiến, Phan Xuân Minh, Phạm Ngọc Minh, Hà Thị Kim Duyên.</i>	
Một số kết quả nghiên cứu mới trong phát triển hệ Robot tự hành có gắn camera tự động tìm kiếm và bám mục tiêu di động.....	708
<i>Nguyễn Ngọc Phương, Phạm Văn Toàn, Lê Phương Trường.</i>	
Máy lắp ráp tự động chi tiết chốt và bánh răng trong băng xóa.....	717
<i>Nguyễn Ngọc Phương, Phạm Văn Toàn, Lê Phương Long.</i>	
Hệ thống tự động ứng dụng trong máy lắp ráp sản phẩm cuộn cảm.....	723
<i>Chanh Nghiem Nguyen, Dan Thuy Van Pham, Kenichi Ohara and Tatsuo Arai.</i>	
All-In-Focus imaging and real-time microrobotic applications.....	729
<i>N. M. Tri, N. H. Anh, T. Q. Tuan, H.D. Hoan, N.D.H.Phuong.</i>	
Development of an adaptive temperature control for HVAC to intelligent energy management system in buildings at DaNang city.	739
<i>Nguyễn Tuấn Khoa, Đặng Bảo Lâm, Phạm Hồng Phúc, Nguyễn Anh Tuấn.</i>	
Hệ thống robot vận chuyển siêu nhỏ dẫn động bằng actuator điện-nhiệt.....	747
<i>Nguyễn Xuân Vinh, Nguyễn Minh Thanh, Lê Hoài Quốc, Nguyễn Ngọc Lâm.</i>	
Xác định tập hợp cấu hình đặc biệt tay máy song song dùng lý thuyết Vít.....	754
<i>Đỗ Bình Nguyên, Dương Hoài Nghĩa.</i>	
Điều khiển con lắc ngược di động bằng phương pháp điều khiển phi tuyến.....	763
<i>Vũ Thành Trung.</i>	
Ảnh hưởng của nhiệt độ bề mặt đến các thông số khí động đặc trưng của profile cánh máy bay.....	771

<i>Phùng Mạnh Dương, Nguyễn Thị Thanh Vân, Trần Thuận Hoàng, Trần Quang Vinh.</i>	
Điều khiển ổn định robot di động phân tán qua mạng máy tính sử dụng bộ lọc dự đoán với quan sát quá khứ.	778
<i>Nguyễn Tiến Kiệt, Phạm Thượng Cát.</i>	
Điều khiển tốc độ bộ pan-tilt-camera bám mục tiêu di động với nhiễu tham số bất định	787
<i>Võ Minh Trí.</i>	
Mô hình Maxwell-Slip để bù ma sát trong điều khiển khớp mềm khí nén một bậc tự do: một bộ bù Lead-Lag phi tuyến tương đương.	795
<i>Dang Bao Lam, Dinh Khắc Toan, Nguyen Tuan Khoa, Pham Hong Phuc, Vu Ngoc Hung.</i>	
A novel bi-directional micro rotational motor based on a combination of the electrostatic and electrothermal actuators.	802
<i>Trần Thanh Hùng, Quang Hà.</i>	
Mô hình hệ thống động lực xe tự hành.....	808
<i>Bùi Nam Dương, Phạm Anh Tuấn, Nguyễn Tuấn Vinh.</i>	
Nghiên cứu và ứng dụng cấu trúc isogrid trong thiết kế cấu trúc vệ tinh Microsatellite.....	816
<i>Lê Hùng Linh, Phạm Thượng Cát, Nguyễn Văn Tĩnh, Phạm Minh Tuấn.</i>	
Điều khiển động cơ xoay chiều ba pha có nhiễu tham số bất định sử dụng bộ ước lượng tốc độ.	820
<i>Lê Anh Tú, Nguyễn Quang Hoan, Lê Sơn Thái.</i>	
Cải tiến cấu trúc trọng số và hàm khoảng cách của mạng nơron SOM áp dụng cho bài toán nhận dạng ký tự.....	828
<i>Nguyễn Quang Dich and Nguyễn Huy Phương.</i>	
Development of Vector Control System for Novel Self-Bearing Motor.....	834
<i>Vũ Đức Trường, Nguyễn Tăng Cường.</i>	
Tổng hợp bộ lọc phi tuyến thích nghi dùng mạng Nơron cho vòng điều khiển tên lửa tự dẫn trong điều kiện không biết rõ mô hình động học của mục tiêu cơ động.	841
<i>Nguyễn Văn Nhờ, Nguyễn Lê Huy Bằng, Đới Văn Môn.</i>	
Kỹ thuật điều chế độ rộng xung để giảm điện áp common-mode cho bộ nghịch lưu lai nối tầng chín bậc.....	846
<i>Nguyễn Ngọc Việt, Nguyễn Minh Ngọc, Phan Hữu Phú, Chu Đức Trinh.</i>	
Optimized heater source silicon-polymer electrothermal microgripper.....	853
Chỉ dẫn tác giả	859

The performance improvement of a low-cost INS/GPS integration system using street return algorithm and compass sensor

Nguyen Van Thang^a, Chu Duc Trinh^b, Tran Duc Tan^b

^a *Broadcasting College 1, Ha Nam, Viet Nam*

^b *VNU University of Engineering and Technology, Hanoi, Vietnam*
e-Mail: nguyenvanhangvov@gmail.com, {trinhcd, tantd}@vnu.edu.vn

Abstract

Nowadays, navigation and guidance is widely applied in many different fields. The high accuracy is very important and necessary in most of applications, but it sometimes needs to have a balance between cost and performance of navigation system. Hence, there are many new algorithms, new integrated methods are proposed to integrate or embed into low-cost INS/GPS integration systems to enhance accuracy, to reduce size and have an acceptable cost. In the recent study of our group, we have succeeded in finding out a new algorithm named Street Return Algorithm and embedding into a low-cost INS/GPS integration system. However, that research only obtains high accuracy when errors determined by INS are traverse of roads but in remanent cases the accuracy could not be determined. In this paper, we have theoretically proposed to use a compass sensor and a corresponding algorithm with this kind of sensor in order to overcome that limitation.

Keywords: MicroElectroMechanical Systems (MEMS), Global Positioning System (GPS), Inertial Navigation System (INS), Street Return Algorithm (SRA), Compass Sensor.

1. Introduction

GPS is popularly applied in navigation and guidance. However, this system works ineffectively during signal blockage or outage. Wherefore, GPS is often used to combine with INS to form INS/GPS integration system. Advantage of this integration system is to provide continuously navigation information even when GPS signal is lost. To have high accuracy, we have to use high-cost INS/GPS integration system. Expensive spending is serious problem in many applications. So, low-cost INS/GPS integration system is quite widely used, nowadays. However, this system has limitation about accuracy when GPS signal is lost. To overcome this problem we consider below solutions.

In fact, navigation performance of low-cost INS/GPS integration system degrades rapidly when GPS outage, so there were some approaches that use Kalman filter to aid for this system. Kalman filter could improve above one by predicting navigation error. But, the prediction error of Kalman filter has particular limitation. Some new approaches have been proposed to reduce the INS use only errors and they are divided into: special error prediction techniques and the use of auxiliary sensors. Neural networks, adaptive neuron-fuzzy model, and fuzzy logic

expert system have been proposed to estimate, predict INS drift errors and have shown their effectiveness on positional error reduction ([1], [2], [3]). During training or learning process, the neuron-fuzzy modeling or fuzzy reasoning approaches is basically to predict positional errors based on an input and output pattern memorized. In order to sustain good performance of the neuron-fuzzy prediction, the training data need to cover whole of the input and output data ranges and the neuron-fuzzy model should be retrained in real-time to deal with minor changes in the operating environmental conditions [4].

Beside above list approaches, other ones available to reduce INS error drift are based on the constraints of movement of objects. For example, in [5] and [6], Zero velocity updates (ZUPTs) are the most commonly used techniques to provide effective INS error control when the stationary of a vehicle is available. In addition, [7], [8] used complementary motion detection characteristics of accelerometers and gyroscopes to maintain the tilt estimation limitation. The main purpose is to use the accelerometer-derived tilt angle for the attitude update while vehicle is static or moving linearly at a constant speed. Among these methods, however, only ZUPTs can provide direct error control of the forward velocity of the vehicle but they are not

frequently available sometimes. For low-cost MEMS IMU with large instrument errors, the control of INS error using these methods is insufficient for longer periods of GPS outage.

Odometers and magnetic compasses are auxiliary sensors which have also been used to limit INS error drift. Odometers can provide absolute information about velocity but they are quite difficult to link and combine other sensors [9]. As the advances in electronic and manufacture techniques, small-size and low-cost electronic compasses are available to aid INS by providing absolute heading information ([10], [11]).

In spite of having a lot of different proposed methods, algorithms and schemes are used to improve accuracy of navigation and guidance systems including above presented solutions but there are no solutions which can achieve absolute accuracy.

In previous study of our group [12], we have proposed an algorithm named "Street Return Algorithm" in order to performance improve a low-cost INS/GPS. When low-cost INS calculates coordinate of land vehicle inaccurately in GPS denied environment, then SRA will find out the most suitable coordinate to replace that inaccurate one. The results show that the output deviation of this SRA system is about ± 1 meter in the transverse direction while the best GPS error of about ± 5 meters. However, that system has disadvantage as when land vehicle runs at an unusual speed or changes direction continuously or when the land vehicle runs on the areas of complicated roads simultaneously the wrong coordinates found out by INS are the special ones, it is very difficult for Street Return algorithm to determine which line segment in which vehicle is running and then the nearest coordinate is very difficult to determine.

So, in this paper we theoretically devote a new proposed scheme which combines a low-cost INS/GPS integration system with the Street Return Algorithm, and a compass sensor and its corresponding algorithm. This scheme can overcome the above listed limitations.

The paper is organized as following: Section 2 present the fundamental principles of INS, GPS, and the INS/GPS integration. The solutions in cases of GPS outage are presented in Section 3 including the vehicle motion constraints, Kalman prediction, SRA, compass sensor, and our combined system. Simulation and results are mentioned in Section 4 and conclusion is given in Section 5.

2. Fundamental principles

2.1 Inertial Navigation System INS

INS is a system that uses a self-contained navigation technique. An INS usually refers to a combination an IMU with an onboard computer that can provide navigation solutions in the chosen navigation frame directly in real-time and compensated raw measurements.

Here, an IMU includes three gyroscopes and three accelerometers. Three gyroscopes provide measurements of vehicle turn rates about three separate axes, while three accelerometers provide the components of acceleration which the vehicle experiences along these axes. For convenience and accuracy, the three axes are usually conventional to be mutually perpendicular.

In many applications, the axis set defined by the sensitive axes of the inertial sensors is made coincident with the axes of the vehicle, or body, in which the sensors are mounted, usually referred to as the body axis set. The measurements provided by the gyroscopes are used to determine the attitude and heading of the body with respect to the reference frame in which it is required to navigate. Thereafter, the attitude and heading information is utilized to resolve the accelerometer measurements into the reference frame. The resolved accelerations can then be integrated twice to obtain velocity and position in the reference frame. Gyroscopes provide measurements of changes in attitude of vehicle or its turn rate with respect to inertial space. Accelerometers, however may not separate the total acceleration of the vehicle, the acceleration with respect to inertial space, from that caused by the presence of a gravitational field. In fact, these sensors provide measurements of the difference between the true acceleration in space and the acceleration due to gravity [13].

2.2 Global Positioning System GPS

The Global Positioning System (GPS) is a satellite-based navigation system made up of a network of 24 satellites. GPS satellites circle the earth twice a day in a very precise orbit and transmit signal information to earth. GPS receivers take this information and use triangulation to calculate the user's exact location. Essentially, the GPS receiver compares the time a signal was transmitted by a satellite with the time it was received. The time difference tells that the GPS receiver how far away the satellite is. Now, with distance measurements from a few more satellites, the receiver can determine the user's position and display it on the unit's electronic map. A GPS

receiver must be locked on to the signal of at least three satellites to calculate a two directions position (latitude and longitude) and track movement. With four or more satellites in view, the receiver can determine the user's three directions position (latitude, longitude and altitude). Once the user's position has been determined, the GPS unit can calculate other information, such as speed, track, trip distance, distance to destination, etc.

2.3 INS/GPS

With the advantages and disadvantages of INS and GPS, they can be combined together to create INS/GPS integration system. This integration system can improve positioning performance because it could bring into play advantages of individual system as GPS permits to correct inertial instrument biases and the INS can be used to improve the tracking and re-acquisition performance of the GPS receiver. In addition, INS/GPS integration system may use two error calibration techniques: the feed forward (or open loop) method and the feedback (or closed loop) method as shown in Fig. 1 [14].

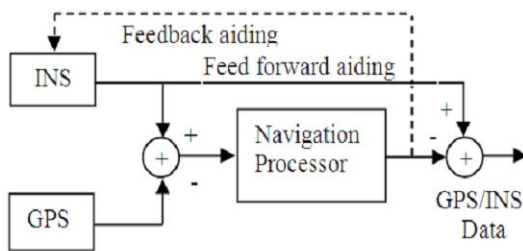


Fig. 1 Two error correction techniques in INS/GPS integration system.

There are two basic integration methods: Loosely coupled and tightly coupled. However, in this paper we use the first integration method (see Fig. 2) [15].

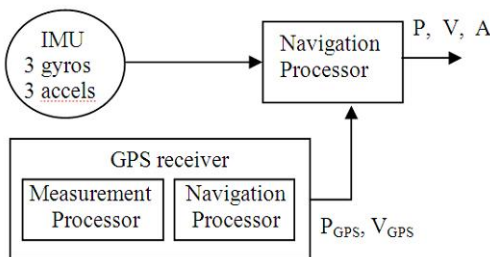


Fig. 2 Loosely coupled GPS/INS integration system.

In this integration system, a navigation processor inside the GPS receiver calculates position (P_{GPS}) and velocity (V_{GPS}) using GPS observables only. An external navigation filter computes position (P_{INS}), velocity (V_{INS}) and attitude (A_{INS}) from the raw inertial sensor measurements and uses the GPS position and velocity to correct INS errors. An advantage of a loosely coupled system is that the GPS receiver can be treated as a black box. The blended navigation filter will be simpler if using GPS pre-processed position and velocity measurements. However, if there is a GPS outage, the GPS stops providing processed measurements and the inertial sensor calibration from the GPS/INS filter stops as well.

3. Methods for GPS outage scenarios

3.1 Vehicle motion constraints

Within the framework of this study, the proposed integration system needs to have some constraints to minimize INS error accumulation. Firstly, the moving trajectory of land vehicle is fixed roads, because the street return algorithm is only applied to kind of those roads. The next constraints are velocity ones, these mean the vehicle does not slip and jump of the ground. Then, velocities in directions of axes X, Z in body frame (B) are zero:

$$\begin{aligned} V_X^B(t) &= 0 \\ V_Z^B(t) &= 0 \end{aligned} \tag{1}$$

If eq. 1 is transformed to navigation frame, we have:

$$\begin{bmatrix} V_N \\ V_E \\ V_D \end{bmatrix} = C_B^N \begin{bmatrix} V_X^B \\ V_Y^B \\ V_Z^B \end{bmatrix} \tag{2}$$

The final constraint is height one. The core reason forms this constraint as the height does not change much in land vehicular situation, especially in short time periods. It not only improves the height solution, but also the overall horizontal solution accuracy during GPS signal is lost. However, a realistic measurement uncertainty value must be chosen for these measurements, because any errors in the height solution will ultimately skew the horizontal solution.

3.2 Kalman prediction

If the GPS signal is available, the state vector can be updated and corrected as following:

$$\begin{aligned} x_k &= Ax_{k-1} \\ \hat{x}_k &= x_k + K(z_k - Hx_k) \end{aligned} \tag{3}$$

Where x_k and x_{k-1} are the state vector at the time indexes k and $k-1$; z_k is the measurement vector

from GPS at the time index k ; A and H the transition and measurement matrices; and K is Kalman gain.

However, when GPS signal is lost at the time index k , the state vector can be calculated as:

$$\begin{aligned} x_k &= Ax_{k-1} \\ \hat{x}_k &= x_k + K(z_a - Hx_k) \end{aligned} \quad (4)$$

Where z_a is the nearest measurement vector when GPS is still available.

In the case $k \gg a$, the state vector can only be calculated by using the transition matrix.

3.3 Street Return Algorithm

The work [12] has proposed an efficient algorithm called Street Return Algorithm (SRA) in order to reduce the position errors when GPS signal is lost. In that study, we assumed that the land vehicle only runs on certain roads whose location information is stored in the digital map database. To use digital map in order to select some joints on trajectory of proposed roads. These joints were always on the middle of the lane of moving vehicle. After that, line segments are created from these joints (see Fig. 3).

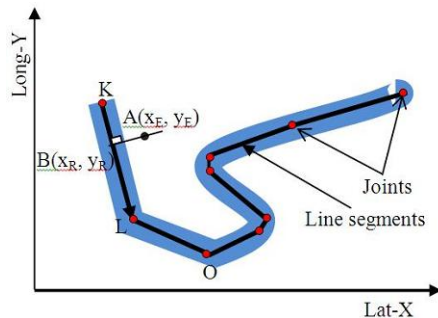


Fig. 3 Determination of joints, line segments and the nearest coordinate.

To suppose that the land vehicle is moving on line segment KL. The core task of Street Return Algorithm is to find out the nearest coordinate (the most suitable coordinate) $B(x_R, y_R)$ to replace the incorrect coordinate $A(x_E, y_E)$ determined by INS when GPS outage as shown in Fig. 3. With a view to determining the nearest coordinate of $A(x_E, y_E)$, firstly a line drawn past K and L. This line has equation:

$$\frac{x - x_K}{x_L - x_K} = \frac{y - y_K}{y_L - y_K} \quad (5)$$

Then, a line drawn perpendicular to KL and past A (see eq.6)

$$(x - x_E) + \frac{y_L - y_K}{x_L - x_K} (y - y_E) = 0 \quad (6)$$

The nearest coordinate $B(x_R, y_R)$ are the root of equation system including (5) and (6).

3.4 Compass sensor

Nowadays, most of navigation systems use some types of compass to determine heading direction. Using the earth's magnetic field, electronic compasses based on magneto resistive (MR) sensors can electrically resolve better than 0.1 degree rotation.

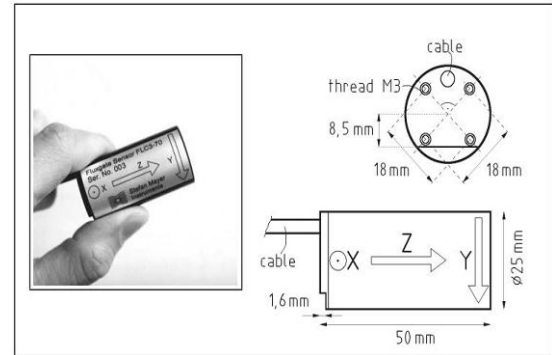


Fig. 4 Image of a fluxgate sensor FLC3-70

There are some types of electronic compasses to choose from: fluxgate, magnetoresistive, magnetoinductive, etc. A widely used type of magnetic compass for navigation systems is the fluxgate sensor. This sensor is combined by a set of coils around a core and excitation circuitry that is capable of measuring magnetic fields with less than 1 milligauss resolution. These sensors provide a low cost means of magnetic field detection; they also tend to be bulky, somewhat fragile, and have a slow response time. Sometimes, fluxgate sensors in motion might have a reading response time within 2-3 seconds. This reading delay may be unacceptable when navigating a high speed vehicle or an unmanned plane. Another type of magnetic sensor is the magnetoresistive (MR) sensor. This sensor is made up of thin strips of perm alloy whose electrical resistance varies with a change in applied magnetic field. These sensors have a well-defined axis of sensitivity and are mass produced as an integrated circuit. Recent MR sensors show sensitivities below 0.1 milligauss, come in small solid state packages, and have a response time less than 1 microsecond. These MR sensors allow reliable magnetic readings in moving vehicles at rates up to 1,000 times a second [16].

In this study, we theoretically devote a Fluxgate sensor FLC3-70 with a view to improving the performance of the built-in street return algorithm INS/GPS integration system in the previous study

in our group. Image of fluxgate sensor FLC3-70 is shown in Fig. 4. The magnetic field sensor FLC3-70 is a triaxial miniature fluxgate magnetometer for the measurement of weak magnetic fields up to $200 \mu\text{T}$. The FLC3-70 is a complete three axis fluxgate magnetometer. It has three analog output voltages that are proportional to the three components X, Y and Z of the magnetic field. The FLC3-70 sensor can be operated at temperatures up to 125°C [17].

3.5 Combination configuration

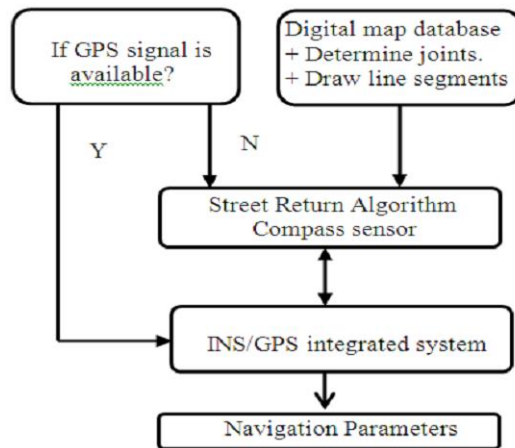


Fig. 5 Scheme of the proposed integration system

In this study, hardware configuration includes a computer, a GPS receiver, an IMU named the MICRO-ISU BP3010 consisting of three ADXRS300 gyros and three heat compensated ADXL210E accelerometers, and the magnetic field sensor FLC3-70. These components are connected together and data process is implemented inside computer (as shown in Fig. 5).

To compare the scheme used in the previous study [12] to this scheme, the Street Return Algorithm block is replaced by Street Return Algorithm and Compass Sensor (SRA-CS) block. The working principle of this scheme as following: if GPS signal is available, navigation parameters from GPS (P_{GPS} , V_{GPS}) are put into INS/GPS integrated system block. In case of GPS outage, INS calculates and provides positioning information (P_{INS}) to SRA-CS block. This block will combine positioning information with data from digital map database block to find out the most suitable coordinate (the most suitable position) to replace P_{INS} (if P_{INS} is not correct). Heading direction provided by compass sensor is always compared with the direction of line segment via the moving direction of vehicle and its corresponding algorithm. From that, to be able to determine

which line segment in which the vehicle is running. Then SRA will find out the most suitable coordinate (see explanations in term 3.3). After that this coordinate is put into INS/GPS integration system block. Working principle of this block is shown in Fig. 1 and Fig. 2. Finally, navigation parameters are output.

4. Simulation and results

In our experimental data, GPS signal was assumed to be lost within 100 seconds while the land vehicle was running on Hoang Quoc Viet Street (see Fig. 6). In this figure, the continuous line is created by GPS in open-sky condition (ideal GPS trajectory); the broken line is created by low-cost INS/GPS integration system without prediction of Kalman filter. In that case, the maximum value of the positional drift is up to hundreds of meter. When we use Kalman prediction (without SRA), the value of positional drift is about 40 metres (see Fig. 7). By embedding SRA into above integration system, experimental result is shown in Fig. 7 (continuous line).

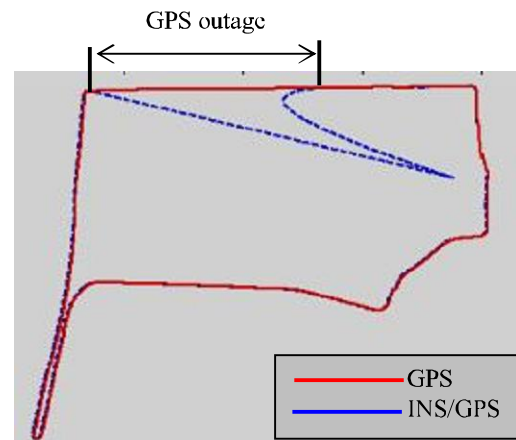


Fig. 6 Performance of INS/GPS without prediction mode compared with ideal GPS trajectory.



Fig. 7 Output positions of the INS system and the SRA integrated system [12]

Fig. 8 shows that the continuous line (trajectory of GPS in ideal condition) coincided entirely with the broken referential line (line segments) created by 57 joints selected from digital map database. The results show that the output deviation of this SRA system is about ± 1 meter in the transverse direction while the best GPS error of about ± 5 meters.

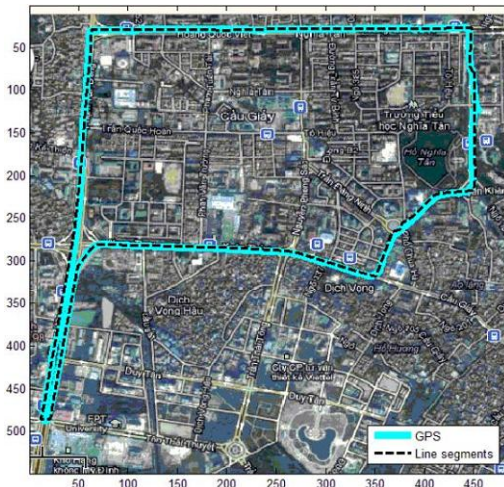


Fig. 8 Navigation map, line segments based trajectory, and GPS based trajectory [12]

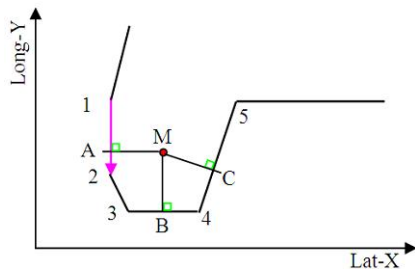


Fig. 9 The vehicle runs on the areas of complicated roads

In some particular cases, for example when the land vehicle runs on the area of complicated roads (see Fig. 9); when the vehicle runs at an unusual speed (see Fig. 10) or when the vehicle changes direction continuously. The wrong coordinates simultaneously found out by INS are the special ones (as shown in three above figures). Thanks to compass sensor; its corresponding algorithm, and information about direction of line segments, this system will determine which line segment in which vehicle is running via moving direction of the vehicle. The next step, street return algorithm will find out the most suitable coordinate to replace the wrong one.

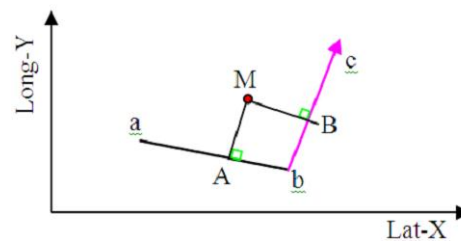


Fig. 10 The vehicle runs at an unusual speed

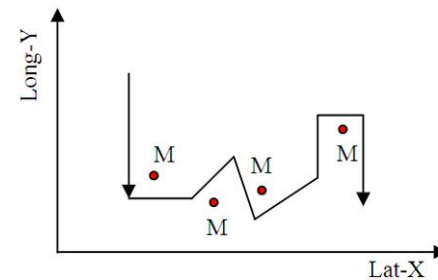


Fig. 11 The vehicle changes direction continuously

5. Conclusion

A low-cost INS/GPS integration system using Street Return Algorithm proposed by our previous research offered a high correction in vehicle's navigation. However, in some special cases, the system using SRA still provides wrong location information. In this paper, the proposed system can resolve this disadvantage easily thanks to a compass sensor and a corresponding algorithm based on this sensor. The combined system has utilized the advantages of all components such as INS, GPS, compass sensor and these smart algorithms. In the future work, our group will implement an experimental test to estimate this proposed system.

Acknowledgment

This work is supported by the VNU program QG-B-11.31.

References

- [1] Chiang K.W. and El-Sheimy N., *The Performance Analysis of Neural Network Based INS/GPS Integration Method for Land Vehicle Navigation*, The 4th International Symposium on Mobile Mapping Technology, Kunming, 2004.
- [2] El-Sheimy, N., A-H. Walid and G. Lachapelle, *An adaptive neuro-fuzzy model for bridging GPS outages in MEMS-IMU/GPS land vehicle navigation*, Proceedings of ION GNSS 2004,

- 21-24 September, Long Beach, CA, USA, pp. 1088-1095, 2004.
- [3] Wang J-H., *The aiding of a low-cost MEMS INS for land vehicle navigation using fuzzy logic expert system*, Proceedings of ION GNSS 2004, 21-24 September, Long Beach, California, USA, pp. 718-728, 2004.
- [4] Haykin, S., *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1999.
- [5] Salychev O., *Inertial Systems in Navigation and Geophysics*, Bauman MSTU Press, 1998.
- [6] El-Shcimy N., *Inertial Techniques and INS/DGPS Integration*. ENGO 623 Lecture Notes, The Department of Geomatics Engineering, University of Calgary, Canada, 2003.
- [7] Ojeda, L. and J. Borenstein, *FLEXnav: fuzzy logic expert rule-based position estimation for mobile robots on rugged terrain*, Proceedings of the 2002 IEEE International Conference on Robotics and Automation, 10-17 May, Washington DC, USA, pp. 317-322, 2002.
- [8] Wang, J-H. and Y. Gao, *Fuzzy logic expert rule-based multi-sensor data fusion for land vehicle attitude estimation*, Proceedings of 19th International CODATA Conference, 7-10 November, Berlin, Germany, 2005.
- [9] Stephen J., Lachapelle G., *Development of a GNSS-Based Multi-Sensor Vehicle Navigation System*, Proceedings of the 2000 National Technical Meeting of The Institute of Navigation, Anaheim, CA, pp. 268-278, 2000.
- [10] Langley R.B, *The magnetic compass and GPS*, GPS World, 2003.
- [11] Wang J-H. and Y. Gao, *Performance improvement of a low-cost gyro-free INS for land vehicle navigation by using constrained navigation algorithm and neural network*, Proceedings of ION GPS/GNSS 2003, 9-12 September, Portland, Oregon, USA, pp. 762-768, 2003.
- [12] Nguyen Van Thang, Pham Manh Thang, Tran Duc Tan, *The Performance Improvement of a Low-cost INS/GPS Integration System Using the Street Return Algorithm*, Vietnam Journal of Mechanical, Special Issue: Microelectromechanical System, ISSN: 0866 7136, 2012, to be published.
- [13] Titterton DH, Weston JL, *Strapdown inertial navigation technology, the second edition*. American Institute of Aeronautics and Astronautics, Reston, USA, 2004.
- [14] T. D. Tan, L. M. Ha, N. T. Long, H. H. Tue, N. P. Thuy, *Feedforward Structure Of Kalman Filters For Low Cost Navigation*, International Symposium on Electrical-Electronics

Engineering (ISEE2007), HoChiMinh City, VietNam, pp 1-6, 2007.

- [15] Sung W., H. Dong-H wan, K. Tae and J. Sang, *Design and Implementation of an Efficient Loosely-Coupled GPS/INS Integration Scheme*, Chungnam National University, Korea, 2002.
- [16] Michael J. Caruso, *Applications of Magnetoresistive Sensors in Navigation Systems*, SAE Technical Paper, USA, 2007.
- [17] *Magnetic Field Sensor FLC3-70 data sheet* (<http://www.stefan-mayer.com/flc3.htm>).



Nguyen Van Thang was born in 1979. He received his B.Sc., degree in Electronics and Telecommunication at the Hanoi University of Transport and Communications, Hanoi, Vietnam, in 2002 and his M.Sc. degree in Information

Engineering from Le Quy Don University, Hanoi, Vietnam, in 2007. He has been a lecturer of Broadcasting College I, Radio the voice of Vietnam since 2003. He becomes vice leader of training department of Broadcasting College I since 2007. Now, he is PhD students of the University of Engineering and Technology (UET), Vietnam National University Hanoi, Vietnam (VNUH). He is author and coauthor of several papers on MEMS based sensors and their application.



Chu Duc Trinh received the B.S. degree in physics from Hanoi University of Science, Hanoi, Vietnam, in 1998, the M.Sc. degree in electrical engineering from Vietnam National University, Hanoi, in 2002, and the Ph.D. degree

from Delft University of Technology, Delft, The Netherlands, in 2007. His doctoral research concerned piezoresistive sensors, polymeric actuators, sensing microgrippers for microparticle handling, and microsystems technology.

He is currently an Associate Professor with the Faculty of Electronics and Telecommunications, University of Engineering and Technology, Vietnam National University, Hanoi, Vietnam.

Since 2008, he has been the Vice-Dean of the Faculty of Electronics and Telecommunications. He has been chair of Microelectromechanical Systems and Microsystems Department, since 2011. He has authored or coauthored more than 50 journal and conference papers.

He was the recipient of the Vietnam National University, Hanoi, Vietnam Young Scientific Award in 2010, the 20th anniversary of DIMES, Delft University of Technology, The Netherlands Best Poster Award in 2007 and the 17th European Workshop on Micromechanics Best Poster Award in 2006. He is guest editor of the Special Issue of "Microelectromechanical systems" Vietnam journal of Mechanics, in 2012.



Tran Duc Tan was born in 1980. He received his B.Sc., M.Sc., and Ph.D. degrees respectively in 2002, 2005, and 2010 at the University of Engineering and Technology (UET), Vietnam National University Hanoi, Vietnam (VNUH), where he has been a lecturer since 2006. He is author and coauthor of several papers on MEMS based sensors and their application. His present research interest is in DSP applications.

An efficient scheme of Inertial Navigation System and Global Positioning System integration for land vehicles

Về một cấu hình kết hợp hiệu quả giữa hệ thống dẫn đường quán tính và hệ thống định vị toàn cầu cho các phương tiện chuyển động trên mặt đất

Vu Van Ninh, Nguyen Duc Anh, Tran Duc Tan

Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà nội

E-Mail: vvninh1984@gmail.com, anhnd.uet@gmail.com, tantd@ynu.edu.vn

Abstract

Land vehicle navigation system technology is a fastest growing section of focus for research recently due to its potential for both consumer and business vehicle markets. Global Positioning System (GPS) is a conventional choice in such systems. However, GPS alone is incapable of providing continuous and reliable positioning, because of its inherent dependency on external signals. The availability of low cost MEMS inertial sensors is now making it feasible to use Inertial Navigation System (INS) in conjunction with GPS to fulfill the demands of such systems. This paper therefore proposes an INS/GPS scheme which uses two Kalman Filters to filter and estimate the navigation parameters. The simulation based on experiment data and performance analysis are also present to show the positioning capability of the GPS/INS integrated systems for land vehicle navigation system and investigates on methods to improve its performance.

Tóm tắt

Công nghệ định vị cho các hệ thống giao thông đường bộ đang trở thành chủ đề phát triển nóng trong thời gian trở lại đây phục vụ cho các mục đích của người dùng cũng như doanh nghiệp. Trong các hệ thống này GPS thường được lựa chọn, tuy nhiên giải pháp này gặp nhiều hạn chế trong việc xác định vị trí liên tục và hiệu quả, do phải phụ thuộc vào các nguồn tín hiệu ngoài. Còn có 1 giải pháp khác là kết hợp thiết bị GPS truyền thống với hệ định vị quán tính INS để nâng cao hiệu quả, đáp ứng được các yêu cầu đối với hệ thống. Do vậy, nội dung của bài báo là một hệ thống tích hợp INS/GPS, sử dụng hai bộ lọc Kalman để lọc và ước lượng các tham số định vị. Các kết quả mô phỏng dựa trên dữ liệu thực nghiệm được thực hiện để chứng minh hiệu quả của hệ thống tích hợp GPS/INS và nghiên cứu phương pháp nâng cao hiệu quả của hệ thống.

Abbreviated letters

GPS	Global positioning system
INS	Inertial navigation system
IMU	Inertial measurement unit
KF	Kalman Filter
MEMS	Micro Electro Mechanical System
AHRS	Attitude and Heading Reference System
TOA	Time of Arrival
SINS	Strapdown INS

GPS system, directly determine absolute coordinates of an unknown position using measurements to fix reference point without taking into account previous position, thus the error doesn't increase with time, but related to the measurement errors and the geometry of the fixed reference points relative to the user. Since the different positioning methods have different error characteristics, the integrated of two system, such as INS/GPS will achieve more accurate and reliable navigation performance [2-5].

1. Introduction

For land vehicle navigation, many position and location method can be used; two of them are dead reckoning and wireless location. Dead reckoning technology, include INS navigation system as the typical example, calculate position through continuously adding relative position changes to a known initial position in a navigation frame, thus the subsequent position always rely on the previous point's information. As a result, the position error increases with time. In contrast to dead reckoning, the wireless technology, include

In this paper, we developed an efficient scheme of an INS/GPS integration system for land vehicles which meet both the real-time performance due to compact resource and accurate navigation parameters. The heart of this system is the two Kalman filters which work in parallel mode. The first Kalman filter provides the filtered positions and filtered velocities. Moreover, several navigation errors can be estimated using this KF. The attitude of the vehicle can be obtained by the

second KF. This KF works as an Attitude and Heading Reference System (AHRS).

2. Working principles

2.1 Global Positioning System (GPS)

GPS is a satellite-based navigation system developed by the United States Department of Defense to provide accurate position, velocity and time estimates worldwide under all-weather condition base on the range from known position of satellites in space to unknown position on land, at sea, in air and space [1]. Its consists of 3 segments: the Space Segment consist of 24 satellites distributed in six orbital planes, the Control Segment monitor the operation of satellite and maintains system functionalities., and the User Segment consists of GPS receivers and user communities.

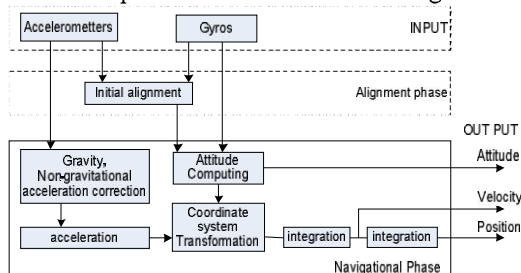
GPS determines the receiver position based on the time-of arrival (TOA) principle which relies upon measuring the propagation time of a radio frequency signal broadcast from a GPS satellite with a known position to a receiver. Each satellite sends radio signals containing 3 components: a radio frequency carrier, a unique binary pseudo-random noise (PRN) code and a binary navigation message. At receiver, this message is decoded to obtain the data of the satellite position and velocity.

Errors in the GPS are the combination of the following factors:

- Ionosphere Error: Due to the presence of free electron in the atmosphere, the propagation of microwave signals which pass through the layer is influenced
- Multipath Error: occur when a signal reaches an antenna via two or more paths, due to the reflection and diffraction with the collision object
- Error at receiver clock: due to the inaccuracy of the quartz crystal oscillator in receiver clock compare with the atomic clock in GPS satellites.

2.2 Inertial Navigation System (INS)

INS is a dead-reckoning navigation system which estimates the position, attitude and velocity of object using self-contained navigation technique. The concept of an IMU is shown in Fig. H.1:



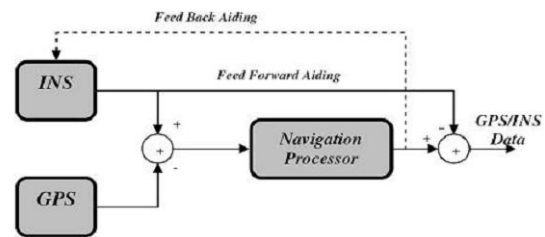
H.1 Inertial navigation system

A common INS model contains three accelerometers and three gyroscopes providing the raw measurement of relative velocity and rotation rate in inertial reference frame. Along with the accelerometers and gyroscopes, an algorithm is implemented to derive the current attitude, velocity and position [6]. Given the knowledge of initial position and velocity, this algorithm could transform the measurement information from sensors to the chosen coordinate systems and then determine the trajectory and orientation of object. With development of MEMS, the inertial sensors are used popular in IMUs. However, these kinds of sensors suffer from many kinds of disadvantage that leads to incremental errors in navigation. Thus, the integration of INS and GPS can utilize both advantages of both systems and reduce their disadvantages.

2.2 INS/GPS Integration System

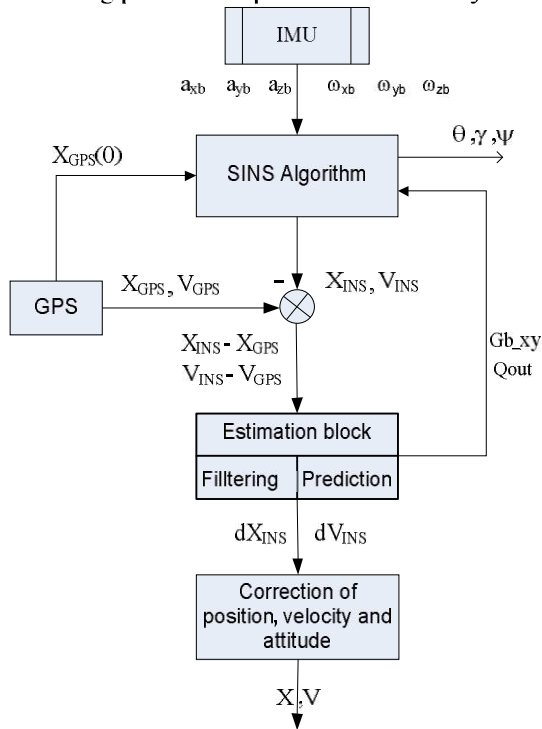
The combination of GPS and INS not only increase the accuracy but also enhances the reliability of the system. Due to the distinction error characteristic of the two systems, they can be integrated to compensate for the limitation of each one: GPS can reduce the INS drift error and the INS can enhance the tracking and reliability of the GPS receiver. The integrated system can further estimate the position and velocity when GPS is outage or assist GPS operation when the external signal is interfere or fade out. The most important thing is the performance of the solution is beyond either single device, and with the availability of low cost MEMS inertial sensors, INS/GPS integrated solution is shown to be efficient and economic reality.

Typically, 2 common strategies are used for INS/GPS integration: loose integration and tight integration. Both of them can be implemented by two separated method: the open loop (or feed forward) and the close loop (feedback) method. In this paper, we use the loose integration, since this integration provides flexible transitions between feedback aiding method and feed forward aiding method. The concept of the integration is described in Fig. H.2:



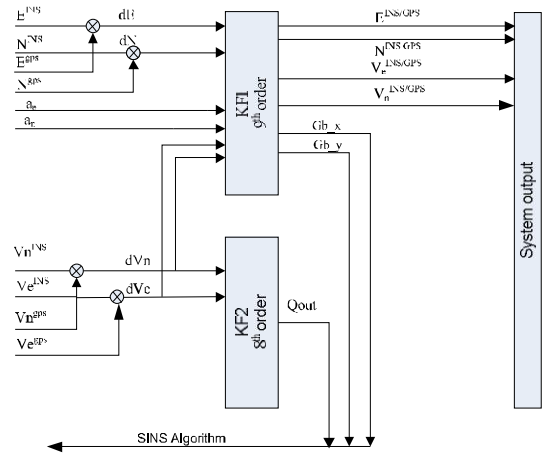
H.2 Feed forward and feedback modes in the INS/GPS integration system.

Inside the navigation processor, we use two Kalman filters to estimate the INS error based on the positioning information from both of INS and GPS. This INS is then used to compensate with the initial INS value to correct INS error. The block diagram of the estimation algorithm is depicted in Fig. H.3. Positioning information from INS, such as velocities, positions and attitude are processed by SINS algorithm [6]. After that, the received position and velocity parameters, denoted by X_{INS} and V_{INS} , are compared with GPS's information to get the position and velocity deviations. These deviations are fetched to the estimation block, in which the Modified Kalman Filter is applied. The output of the estimation block contains the following parameter: position and velocity errors.



H.3 Diagram of the INS/GPS integration system

Prediction mode: Assume when GPS signal is lost due to harsh environment, or the update interval of GPS is less than INS's. Since there is no presence of GPS information, the estimator enable prediction mode which use the last corrected value feedback to SINS algorithm. When GPS has its signal back, the feedback is removed, and SINS algorithm continues to use GPS information as usual. Figure H.4 shows the detail of the configuration utilizing two KFs.



H.4 INS/GPS integration system using two Kalman filters

For the 1st Kalman filter, the velocity and positioning error is estimated from the error model of INS, consist of the following equation:

$$\begin{aligned}
 \dot{d}_E &= dV_E \\
 dN &= dN_E \\
 \dot{dV}_E &= a_N \hat{f}_{Up} - g \hat{f}_N + a_E m_E + B_E \\
 d\dot{V}_N &= g \hat{f}_E - a_E \hat{f}_{Up} + a_E m_E + B_N \\
 \hat{f}_N &= \frac{dV_E}{R} + w_N^{dr} \\
 \hat{f}_E &= -\frac{V_N}{R} + w_E^{dr} \\
 w_E^{dr} &= w_{xb}^{dr} \cos H + w_{yb}^{dr} \cos H \\
 w_N^{dr} &= -w_{xb}^{dr} \sin H + w_{yb}^{dr} \cos H
 \end{aligned} \tag{1}$$

Base on the set of equations, Kalman filtering process is operated as following steps:

1. Construct the state vector

$$x_1 = [dE, dN, dV_E, dV_N, \hat{f}_E, \hat{f}_N, \hat{f}_{Up}, Gbx, Gby]^T \tag{2}$$

2. Calculate the transition matrix

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -g & an & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & g & 0 & -ae & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1/R & 0 & 0 & 0 & \cos(H) & \sin(H) \\ 0 & 0 & 1/R & 0 & 0 & 0 & 0 & -\sin(H) & \cos(H) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -beta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -beta \end{bmatrix} \tag{3}$$

where H is the heading angle parameter.

3. Calculate the measurement vector, from position and velocity difference between INS and GPS:

$$\begin{aligned} Z^1 &= E^{INS} - E^{GPS} = dE^{INS} - dE^{GPS} \\ Z^2 &= N^{INS} - N^{GPS} = dN^{INS} - dN^{GPS} \\ Z^3 &= V_E^{INS} - V_E^{GPS} = V_E^{INS} - V_E^{GPS} \\ Z^4 &= V_N^{INS} - V_N^{GPS} = V_N^{INS} - V_N^{GPS} \end{aligned} \quad (4)$$

where δE^{GPS} , δN^{GPS} , δV_E^{GPS} , δV_N^{GPS} are measurement errors of GPS. The matrix representation of these parameters:

$$\begin{aligned} E^{INS/GPS} &= E^{INS} - \delta \hat{E}^{INS} \\ N^{INS/GPS} &= N^{INS} - \delta \hat{N}^{INS} \\ V_E^{INS/GPS} &= V_E^{INS} - \delta \hat{V}_E^{INS} \\ V_N^{INS/GPS} &= V_N^{INS} - \delta \hat{V}_N^{INS} \end{aligned} \quad (5)$$

4. Deduce the measurement matrix:

$$H1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

After estimating the positioning and velocity errors, these parameters are compensated for the initial parameter of INS.

$$\begin{aligned} E^{INS/GPS} &= E^{INS} - \delta \hat{E}^{INS} \\ N^{INS/GPS} &= N^{INS} - \delta \hat{N}^{INS} \\ V_E^{INS/GPS} &= V_E^{INS} - \delta \hat{V}_E^{INS} \\ V_N^{INS/GPS} &= V_N^{INS} - \delta \hat{V}_N^{INS} \end{aligned} \quad (7)$$

where: $E^{INS/GPS}$, $N^{INS/GPS}$ are direction from the East and the North, respectively.

$\delta \hat{V}_N^{INS}$, $\delta \hat{V}_E^{INS}$ are estimated positioning errors of INS.

$\delta \hat{N}^{INS}$, $\delta \hat{E}^{INS}$ are estimated velocity errors of INS.

The 2nd Kalman filter can estimated 8 states of system

$$x2 = [Tn, Te, VN, VE, Vd, Gbx, Gby, Gbz]' \quad (8)$$

where:

Tn, Te : angle errors in positioning coordinates (rad)

$\delta V_N, \delta V_E, \delta V_d$ velocity errors in positioning coordinates.

Gbx, Gby, Gbz : drift parameters caused by IMU sensors (rad/s).

The transition matrix of the 2nd Kalman filter is:

$$A_{k,k-1} = I + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & h_N C_{11} & h_N C_{12} & h_N C_{13} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & h_N C_{21} & h_N C_{22} & h_N C_{23} \\ 0 & -\Delta vd & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \Delta vd & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -h_N \beta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -h_N \beta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -h_N \beta \end{bmatrix} \quad (9)$$

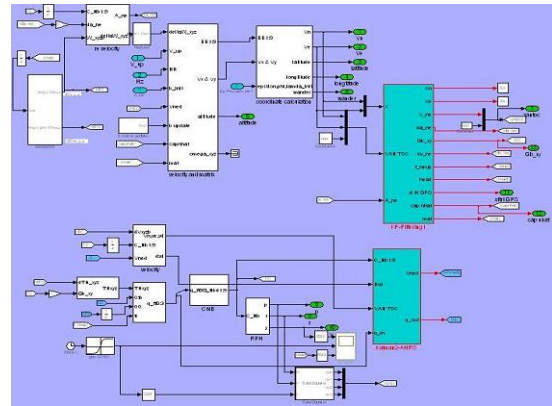
where Δvd is the velocity increment in the vertical direction; h_N sampling interval of INS; β parameter of the correlation function; and C_{nb} is the transition matrix from the coordinate system attached to the object to the local level coordinate system.

The measurement matrix of the 2nd Kalman filter:

$$H_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (10)$$

3. Simulated results

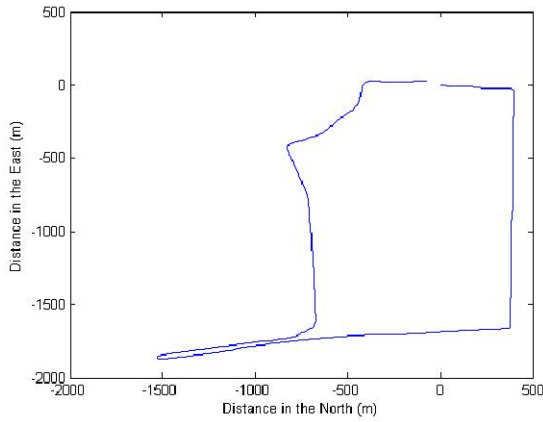
In this section, we developed a simulation model using SIMULINK in Matlab environment (see Fig. H.5). The data used in this simulation has been obtained from raw data in Ref [7].



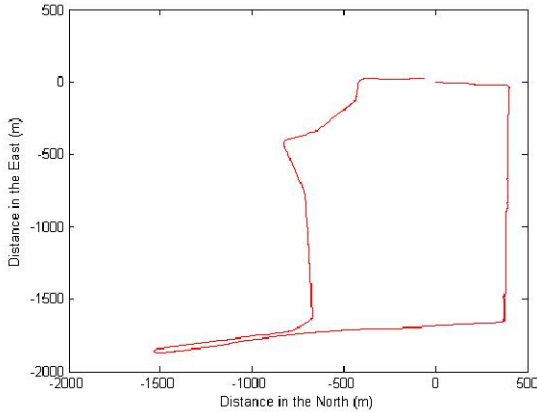
H.5 The SIMULINK model of the proposed system.

In the simulation process, the simulation result contains the information of GPS and INS/GPS system about: position, velocity and angle. With the number of output from 3 to 9 states, the accuracy of integration is considerably improved.

Figures H.6 and H.7 illustrate the tracing ability of GPS and integrated system. It can be seen from the figure that the performance of the integrated system is reached to the same level of GPS alone system.

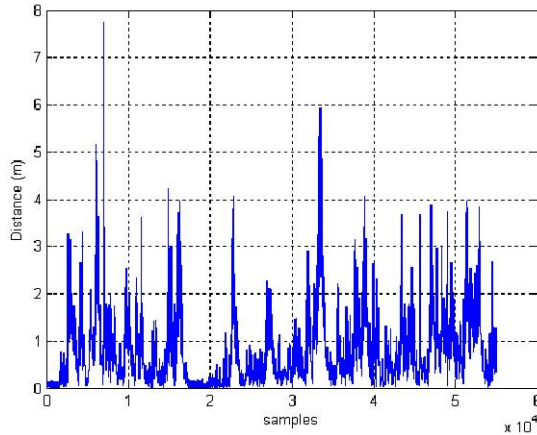


H. 6 The trajectory obtained from GPS



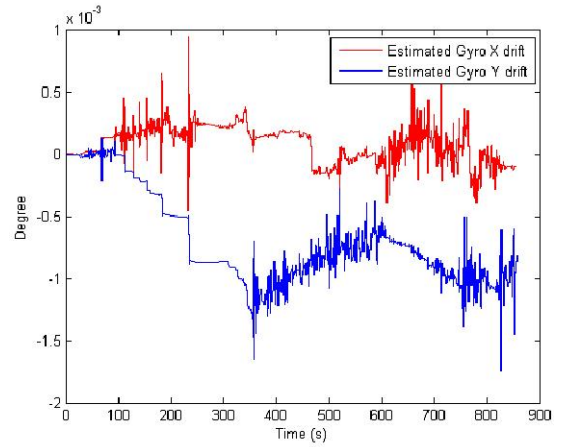
H. 7 The trajectory obtained from the INS/GPS system

For the accuracy evaluation, figure H.8 show the distance deviation of two systems, with the maximum value is 7,74m and the average of 1.11m.

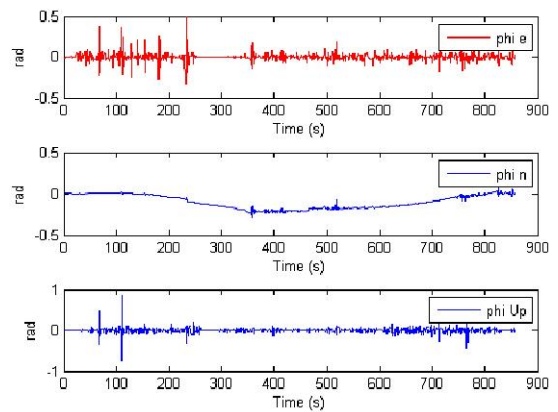


H. 8 The distance difference between GPS and INS/GPS

Figure H.9 shows the estimations of the gyroscopes in X and Y directions. Three parameters Φ_F , Φ_N , and Φ_{UP} are shown in Fig. H. 10.

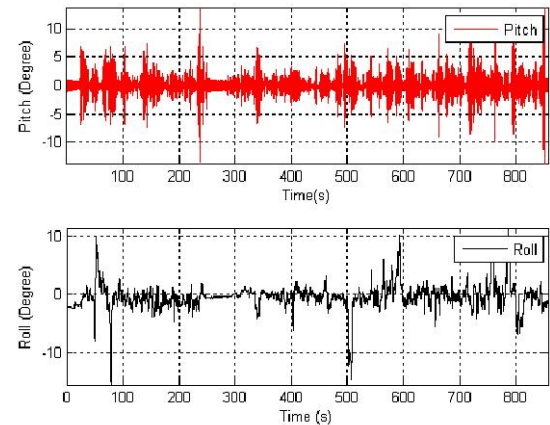


H. 9 Estimation of the drift of gyroscopes X and Y



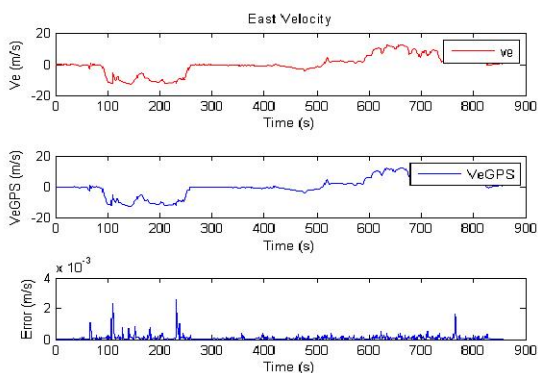
H. 10 Estimation of Φ_F , Φ_N , and Φ_{UP}

Figure H.11 shows pitch and roll obtained by using Kalman filters of the proposed system. These results are acceptable for the car while running in the street.

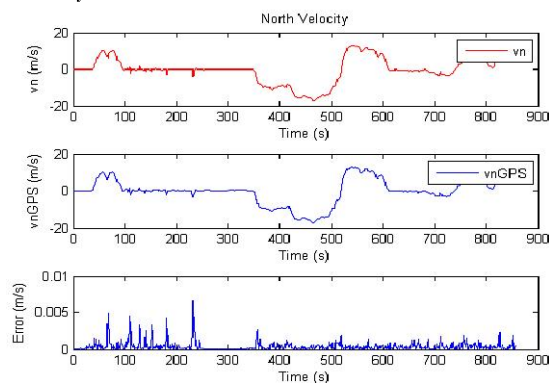


H. 11 Estimation of pitch and roll

Figures H.12 and H.13 are the velocities and the difference between the single GPS and the integration INS/GPS system.



H. 12 East velocities obtain by INS/GPS and GPS system, the difference between the two systems has also been shown.



H. 13 North velocities obtain by INS/GPS and GPS system, the difference between the two systems has also been shown.

4. Conclusion

This paper has succeeded in proposing an effective scheme for an INS/GPS integration system. It can meet the requirements of the real-time condition that works in references [2-5] could not due to their complexity. This system not only offers the filtered navigation parameters of the position and velocity of the land vehicle but also the estimated attitude by using Kalman filters. Moreover, the information of the drifts caused by the inertial sensors and the navigation errors Φ_E , Φ_N , and Φ_{UP} have also been predicted. These parameters would be very useful for improving the system's performance in our future research works.

Acknowledgment

This work is supported by the VNU program QG-B-11.31.

References

[1] Hofmann-Wellenhof B. Lichtenegger H. and Collins J., GPS Theory and Practice, 2001.
 [2] Aboelmagd Noureldina, Ahmed El-Shafieb, Mohamed Bayoumic, *GPS/INS integration utilizing dynamic neuralnetworks for vehicular navigation*, Information Fusion, Vol. 12(1), pp. 48-57, 2011.

[3] El-Sheimy N., A-H. Walid and G. Lachapelle, *An adaptive neuro-fuzzy model for bridging GPS outages in MEMS-IMU/GPS land vehicle navigation*, Proceedings of ION GNSS 2004, 21-24 September, Long Beach, CA, USA, pp. 1088-1095, 2004.

[4] Wang J-H., *The aiding of a low-cost MEMS INS for land vehicle navigation using fuzzy logic expert system*, Proceedings of ION GNSS, California, USA, pp. 718-728, 2004.

[5] Seong Yun Cho, Byung Doo Kim, *Adaptive IIR/FIR fusion filter and its application to the INS/GPS integrated system*, Automatica, Vol. 44(8), pp. 2040-2047, 2008.

[6] Salychev O., *Inertial Systems in Navigation and Geophysics*. Bauman MSTU Press, 1998.

[7] T. D. Tan, L. M. Ha, N. T. Long, N. D. Duc, N. P. Thuy, *Integration of Inertial Navigation System and Global Positioning System: Performance analysis and measurements*, International Conference on Intelligence and Advance Systems, Kuala Lumpur, Malaysia, pp.1047-1050, 2007.



Vu Van Ninh was born in 1984. He received his B.Sc. degrees in 2007 at the University of Science (HUS), Vietnam National University Hanoi, Vietnam (VNUH). He is currently completing his M.sc thesis at University of

Engineering and Technology, VNUH



Tran Duc Tan was born in 1980. He received his B.Sc., M.Sc., and Ph.D. degrees respectively in 2002, 2005, and 2010 at the University of Engineering and Technology (UET), Vietnam National University Hanoi, Vietnam

(VNUH), where he has been a lecturer since 2006. He is the author and coauthor of several papers on MEMS based sensors and their application. His present research interest is in DSP applications.



Nguyen Duc Anh was born in 1989. He received his B.Sc. degrees in 2010 at the University of Engineering and Technology (UET), Vietnam National University Hanoi, Vietnam (VNUH). He is currently continuing his M.sc bachelor at

Pôle Universitaire Français (PuF) in Hanoi.

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

Địa chỉ: 16 Hàng Chuối, Quận Hai Bà Trưng, Hà Nội

Điện thoại: (04) 39714899

Fax: (04) 39714899

Email: nxbdhqghn@yahoo.com.vn

Website: <http://publisher.vnu.edu.vn>

Chịu trách nhiệm xuất bản:

Giám đốc: Phạm Thị Trâm

Tổng biên tập: Phạm Thị Trâm

Biên tập kỹ thuật: Phan Thị Cẩm Ly

Trình bày bìa: Phan Thị Cẩm Ly

**TUYỂN TẬP CÔNG TRÌNH KHOA HỌC
HỘI NGHỊ CƠ ĐIỆN TỬ TOÀN QUỐC LẦN THỨ 6 (VCM2012)**

ISBN: 978-604-62-0753-5

Số lượng in: 400 CD (bốn trăm đĩa CD).

Đối tác liên kết xuất bản: Trường ĐHCN - ĐHQGHN

Cơ sở in: Xí nghiệp in II, Nhà in Khoa học và Công nghệ.

Số đăng ký KHXB: 1357 - 2012/CXB/01 - 223/ĐHQGHN.

Giấy xác nhận đăng ký KHXB số 333 LK-TN/ QĐ-NXB ĐHQGHN

In xong và nộp lưu chiểu tháng 12 năm 2012