

Một số kết quả thực nghiệm của hệ thống định vị GPS RTK sử dụng mạng lưới viễn thông di động 3G và internet

- **Trịnh Đình Vũ**
- **Lê Trung Chơn**

Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 21 tháng 04 năm 2015, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 08 tháng 05 năm 2015)

TÓM TẮT

Bài báo này giới thiệu các kết quả thực nghiệm của hệ thống GPS RTK do nhóm tác giả thiết lập với các cự ly khác nhau (từ 2.5km đến 21 km). Với các đường dây 5km, sai số trung phương của lời giải RTK là 2.8cm với nghiệm fix đạt tỷ lệ xấp xỉ 90%. Điều này cho thấy hệ thống RTK GPS này đáp ứng được các yêu cầu về độ chính xác đo vẽ bản đồ địa hình, địa chính tỷ lệ lớn, công tác thủy đạc, nhất là công

tác bố trí công trình và định vị RTK chính xác cao trong các hệ thống giao thông thông minh ITS (Intelligent Transportation Systems). Thiết bị sử dụng trong hệ thống này có chi phí thấp, có sẵn trên thị trường, gọn nhẹ, có khả năng đo RTK liên tục trong một ngày và cho phép sử dụng nhiều máy Rover đồng thời.

Từ khóa: RTK GPS, mạng viễn thông 3G, thủy đạc, hệ thống giao thông thông minh ITS.

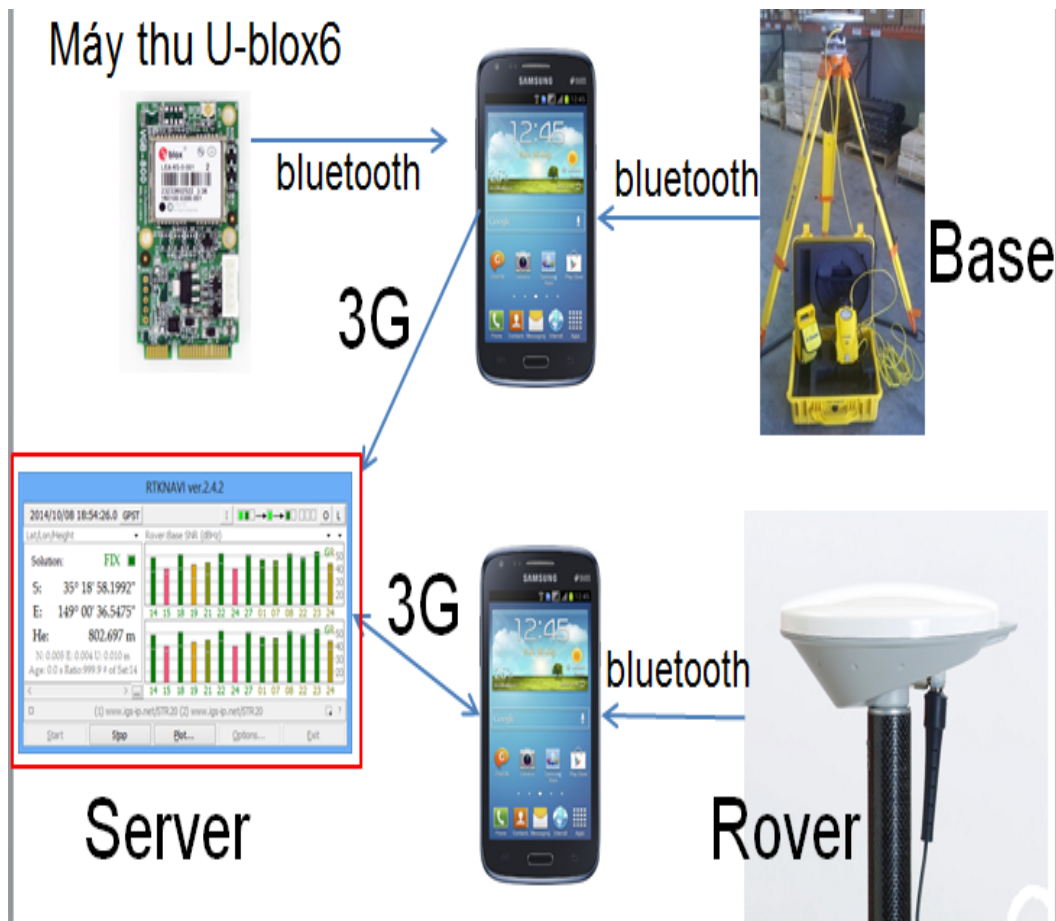
1. GIỚI THIỆU

Bài báo [1] đã giới thiệu hệ thống RTK truyền dữ liệu qua Internet 3G. Trong quá trình thử nghiệm, chúng tôi đã có một số thay đổi nhỏ giúp hệ thống linh động và dễ sử dụng hơn. Để thu dữ liệu bản lịch vệ tinh từ máy thu U-blox 6T, nhóm tác giả thay thế laptop bằng thiết bị chuyển UART sang bluetooth và nâng cấp chương trình BluetoothInternet.apk thành ManyBluetoothInternet.apk. Điểm khác biệt của ManyBluetoothInternet.apk so với phiên bản cũ là có thể đồng thời nhận dữ liệu từ nhiều thiết bị bluetooth cùng lúc rồi truyền về máy chủ server qua Internet

3G. Nhằm khắc phục nhược điểm IP động không cố định (thường sẽ bị thay đổi vài tuần một lần), chúng tôi đăng kí tên miền www.rtk.noip.me trên www.noip.com kết hợp phần mềm DUC phiên bản 4.0.2 thay vì phải nhập địa chỉ IP động trước khi đo, giúp hệ thống dễ sử dụng hơn. Bên cạnh đó chúng tôi cài đặt tọa độ rover xuất ra ở dạng hệ tọa độ địa diện $\Delta E, \Delta N, \Delta U$ thay vì cài đặt xuất tọa độ rover ở dạng tọa độ trắc địa B, L, H hoặc tọa độ vuông góc không gian X, Y, Z. Ưu điểm sự thay đổi này là chỉ cần tọa độ gần đúng trạm base (có được nhờ xử lý định vị

tuyệt đối dữ liệu trạm base gửi về). Dựa vào tọa độ gần đúng này, phần mềm RTKLIB xử lý và cung cấp số giả tọa độ chính xác trong hệ tọa độ địa diện ΔE , ΔN , ΔU . Điều này đòi hỏi điện thoại trạm rover cần cài đặt phần mềm hiển thị tọa độ trạm rover. Phần mềm hiển thị được xây dựng cho phép lựa chọn 2 phương án: lưu tọa độ địa diện ΔE , ΔN , ΔU nếu chưa biết tọa độ chính xác trạm base hoặc kết hợp tọa độ trạm base để tính ra tọa độ rover trong các hệ tọa độ khác (tùy theo cài đặt trong phần mềm sẽ quyết định định dạng tọa độ rover). Mục đích bài báo này là do thực nghiệm kiểm tra độ chính xác hệ thống RTK tự

thiết lập, nên phần mềm chuyển đổi tọa độ rover không đề cập trong bài báo này. Sơ đồ kết nối hệ thống đo RTK truyền dữ liệu qua Internet 3G sau khi được tính giản được thể hiện ở hình 1. Ưu điểm của sơ đồ này là thiết bị gọn nhẹ, chi phí thấp và ít tiêu tốn năng lượng do đó có khả năng đo RTK liên tục trong 12 giờ (điều này là không thể đối với một hệ thống RTK sử dụng radio-link UHF) đáp ứng nhu cầu đo vẽ bản đồ tỉ lệ lớn, bố trí công trình cũng như các giải pháp định vị theo thời gian thực chính xác cao trong các hệ thống giao thông thông minh ITS (Intelligent Transportation Systems).



Hình 1. Sơ đồ kết nối hệ thống RTK truyền dữ liệu qua Internet 3G kết hợp máy thu U-blox 6T và phần mềm RTKLIB phiên bản 2.4.2

Bảng 1. Danh mục thiết bị, phần mềm cho các ca đo thực nghiệm

TT	Tên thiết bị / phần mềm	Chức năng
1	2 máy thu hai tần số Trimble R7	Trị đo pha và mã 2 tần số L1, L2
2	1 máy thu một tần số U-blox 6 + 1 bộ chuyển UART sang bluetooth	Cung cấp dữ liệu quỹ đạo vệ tinh
3	2 điện thoại hệ điều hành Android	Cài phần mềm ManyBluetoothInternet.apk (tự biên soạn), trao đổi dữ liệu từ máy thu đến server qua công bluetooth, hiển thị tọa độ điểm đo.
4	1 laptop cài đặt làm server trung tâm	Cài phần mềm InternetCOM.exe (tự biên soạn), phần mềm RTKLIB 2.4.2; phần mềm DUC 4.0.2
5	RTKLIB phiên bản 2.4.2	Xử lý RTK động thời gian thực
6	ManyBluetoothInternet.apk(HĐH Android)	Truyền dữ liệu từ bluetooth ra Internet qua SIM 3G
7	InternetCOM.exe (HĐH Windows)	Nhận dữ liệu từ Internet cho RTKLIB xử lý
8	Virtual Serial Port Driver 6.9	Quản lý COM ảo
9	DUK 4.0.2	Đăng kí tên miền www.rtk.noip.me cho server

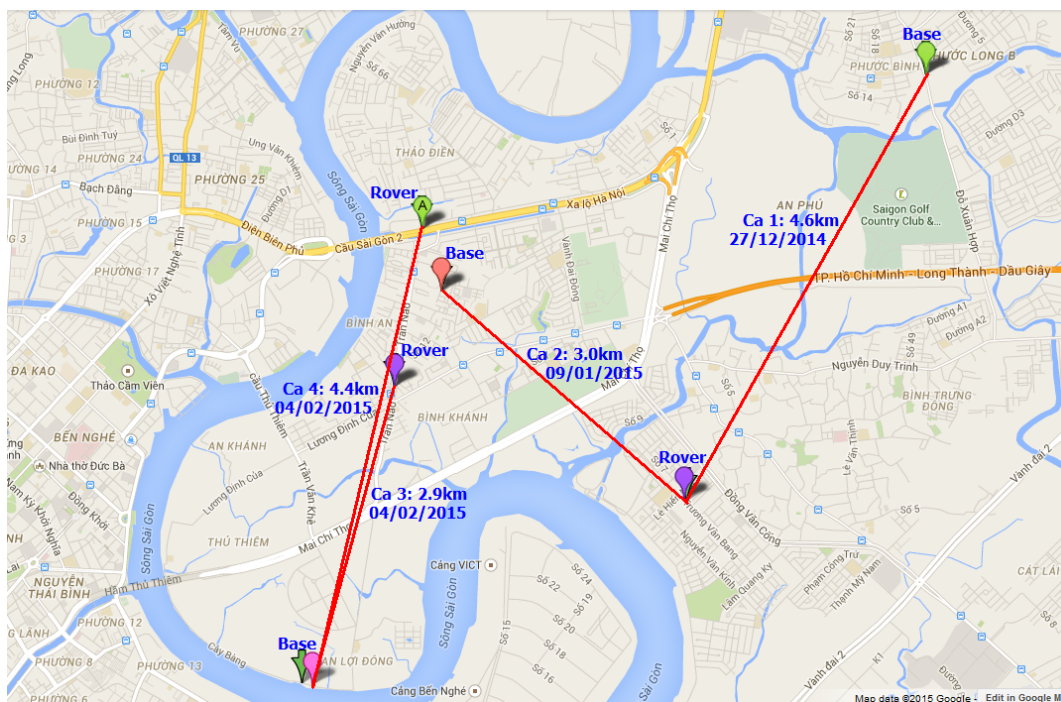
2. THỰC NGHIỆM VÀ BÀN LUẬN KẾT QUẢ

2.1 Đo đạc thực nghiệm: 06 ca đo thực nghiệm được tiến hành với chiều dài các đường chạy từ 2.9 km đến 23 km với phương vị khác nhau. Các điểm mốc được bố trí đảm bảo thông thoáng để tín hiệu từ vệ tinh đến máy thu là tốt nhất. Thời gian đo của mỗi ca đo là xấp xỉ 60 phút. Chi tiết các ca đo

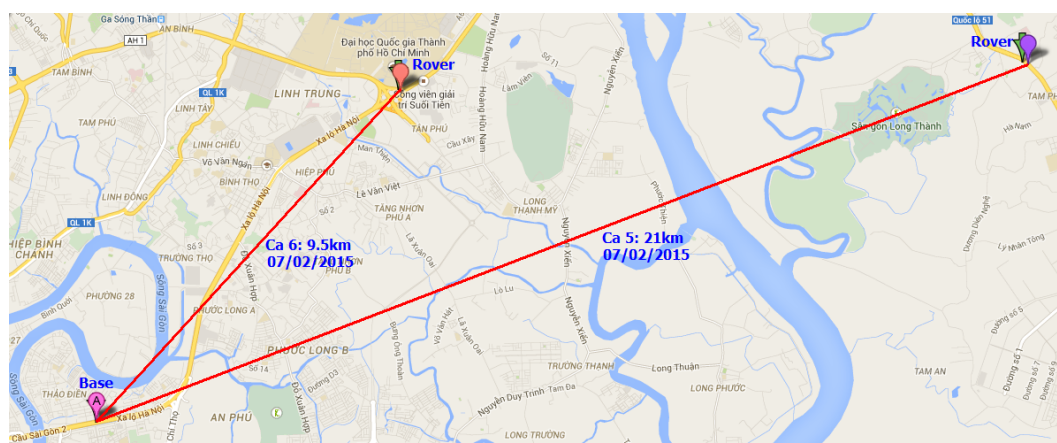
được thể hiện ở bảng 2. Việc sử dụng kỹ thuật truyền dữ liệu từ trạm base đến trạm rover bằng radio-link thông qua băng tần UHF là không thể thực hiện được do địa hình, địa vật rất phức tạp, khá nhiều nhà cao tầng và khoảng cách giữa các mốc là khá xa.

Bảng 2. Các đường chạy thực nghiệm

Ca đo	Ngày đo	Khoảng cách (km)	Thời gian đo	Vị trí trạm base	Vị trí trạm rover
1	27/12/2014	4.6	17:07 – 18:00	Đường Đỗ Xuân Hợp, Quận 9 (có tọa độ)	Đường Trương Văn Bang, Quận 2 (không tọa độ)
2	09/01/2015	3.0	11:50 – 13:03	Cty Long Phúc Kiên Quận 2 (không tọa độ)	Đường Trương Văn Bang, Quận 2 (không tọa độ)
3	04/02/2015	2.9	07:23 – 08:25	Bờ sông Sài Gòn, Quận 2 (có độ cao)	Đường Trần Nãi, Quận 2 (có độ cao)
4		4.4	09:00 – 10:22	Bờ sông Sài Gòn Quận 2 (có độ cao)	Cầu Sài Gòn, Quận 2 (có độ cao)
5	07/02/2015	21	09:38 – 11:01	Xa lộ Hà Nội, Quận 2	Quốc lộ 51, Tam Phước, Biên Hòa
6		9.5	13:00 – 14:32	Xa lộ Hà Nội, Quận 2	Cầu vượt trạm 2, Quận Thủ Đức



Hình 2a. Vị trí các điểm mốc của 4 ca đo với các khoảng cách từ 2.9km đến 4.6km

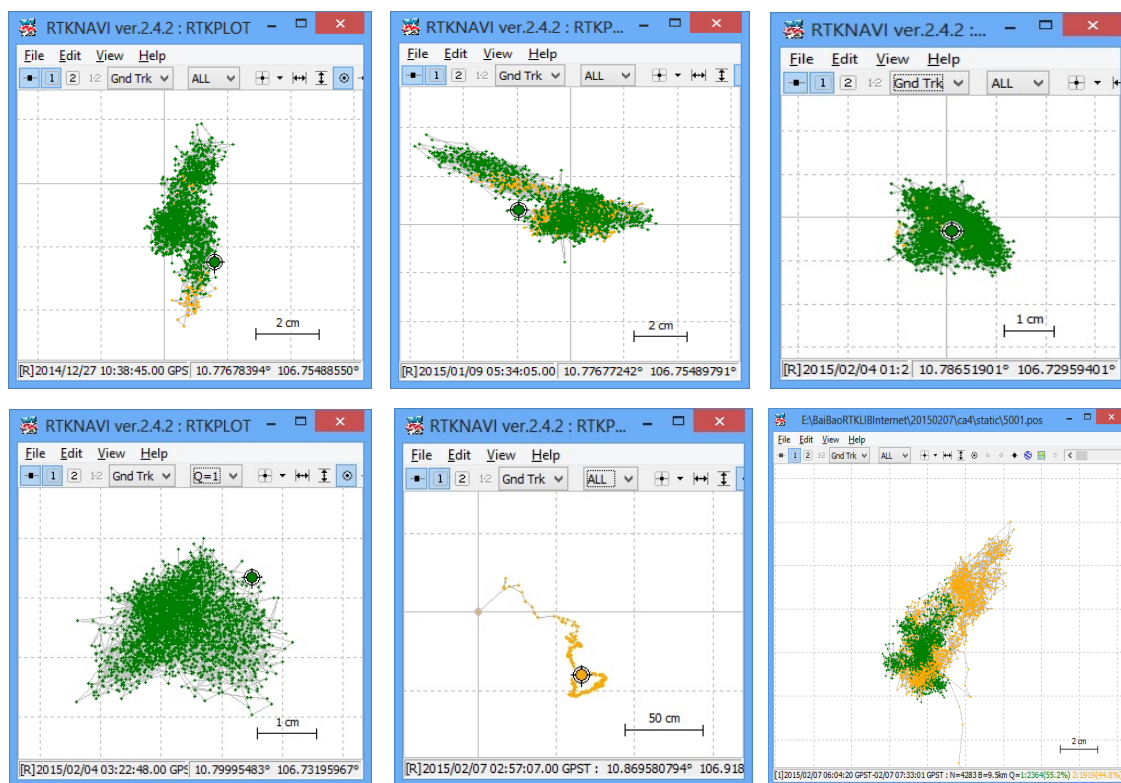


Hình 2b. Vị trí các điểm mốc của 2 ca đo với các khoảng cách 9.5km và 21km

2.2 Xử lý kết quả

Các đường đáy được xử lý theo chế độ tĩnh bằng phần mềm Topcon Tools 8.2.3 và tất cả đều đạt nghiệm fix. Kết quả xử lý tĩnh này được xem là

kết quả chính xác để so sánh với các kết quả xử lý động thời gian thực RTK bằng phần mềm RTKLIB.



Hình 3. Trạng thái nghiệm fix và float của các ca đo thực nghiệm

Kết quả xử lý từng đường đáy của các ca đo giữa kết quả xử lý bằng theo thời gian thực (bảng được thể hiện ở các bảng thống kê kết quả dưới RTKLIB) so với hậu xử lý (bằng Topcon Tool) đáy (bảng 3, bảng 4). Trong đó độ lệch Δ là hiệu

Bảng 3. Kết quả xử lý các đường đáy bằng kỹ thuật hậu xử lý (tĩnh) và RTK động

Loại xử lý	ΔN (m)	ΔE (m)	ΔU (m)	SSTP mặt bằng (mm)	SSTP độ cao (mm)
Ca 1 ngày 27/12/2014 (4.6km)					
Hậu xử lý	-4015.7979	-2267.3022	-3.8214	3	7
RTK (trị trung bình)	-4015.8101	-2267.3034	-3.8433	28	51
Độ lệch Δ (mm)	-12.2	-1.2	-21.9		
Ca 2 ngày 09/01/2015 (3.0km)					
Hậu xử lý	-1980.8658	2315.7664	-10.1096	1.2	2.5
RTK (trị trung bình)	-1980.8621	2315.7574	-10.0798	19	63
Độ lệch Δ (mm)	+4	-9	+30		
Ca 3 ngày 04/02/2015 (2.9km)					
Hậu xử lý	2791.4157	867.3984	0.1340	1.2	2.1
RTK (trị trung bình)	2791.4157	867.3955	0.1253	7	14

Độ lệch Δ (mm)	0.0	-2.9	-8.7		
Ca 4 ngày 04/02/2015 (4.4km)					
Hậu xử lý	4277.6936	1126.6289	-1.0852	1.7	3.0
RTK (trị trung bình)	4277.6937	1126.6315	-1.0700	10	21
Độ lệch Δ (mm)	0.1	2.6	15.2		
Ca 5 ngày 07/02/2015 (21km)					
Hậu xử lý	7591.4810	19674.7655	-4.2515	7	16
RTK (trị trung bình)	7587.6226	19664.4630	-4.0051	218	474
Độ lệch Δ (mm)	-3.8584	-10.3025	0.2464		
Ca 6 ngày 07/02/2015 (9.5km)					
Hậu xử lý	7007.8968	6420.2121	12.2887	43	91
RTK (trị trung bình)	7007.8787	6420.1913	12.2785	30	17
Độ lệch Δ (mm)	-18.1mm	-20.8mm	-10.2mm		

Bảng 4. Tỷ lệ nghiệm fix và float của các đường đáy được xử lý bằng kỹ thuật RTK

Lời giải	Số trị đo	SSTP hướng bắc N (mm)	SSTP hướng đông E (mm)	SSTP độ cao U (mm)	Tỷ lệ
Ca 1 . Thu được 5 đến 7 vệ tinh chung					
Fix	2562	27	7	51	88.87%
Max		+29	+22	+29	
Min		-93	-20	-187	
Float DGPS	324	927	156	1818	11.13%
Ca 2 . Thu được 4 đến 8 vệ tinh chung					
Fix	3911	8	17	63	94.26%
Max		+30	+35	+235	
Min		-12	-53	-118	
Float DGPS	238	7	16	65	5.74%
Ca 3. Thu được 4 đến 8 vệ tinh chung					
Fix	3699	4	5	14	99.65%
Max		+11	+10	+ 97	
Min		-23	-27	-34	
Float DGPS	13	3	7	14	0.35%
Ca 4. Thu được 4 đến 8 vệ tinh chung					
Fix	3488	6	8	21	87.57%
Max		+21	+21	+80	

<i>Min</i>		-79	-92	-102	
Float DGPS	495	29	29	128	12.43%
Ca 5. Thu được 4 đến 8 vệ tinh chung					
Fix	0	--	--	--	0%
Float DGPS	1915	165	142	474	100%
<i>Max</i>		3310	1380	1889	
<i>Min</i>		-498	-160	-10469	
Ca 6. Thu được 5 đến 8 vệ tinh chung					
Fix	104	22	20	17	2.29%
<i>Max</i>		2	16	36	
<i>Min</i>		-34	-25	-35	
Float DGPS	4434	133	107	177	97.71%

2.3 Phân tích kết quả

Kết quả xử lý của 4 ca đo đầu tiên với hai cạnh đáy cự ly xấp xỉ 3.0 km và hai cạnh đáy cự ly xấp xỉ 5.0 km đạt tỉ lệ nghiệm fix rất cao (hình **Error! Reference source not found.**a, b, c, d). Cụ thể với các ca đo có cự ly xấp xỉ 5.0 km tỷ lệ nghiệm fix đạt trên 88.5% ; với cự ly xấp xỉ 3.0 km tỷ lệ nghiệm fix đạt trên 91.44% . Kết quả các bảng cho thấy độ lệch giữa ba thành phần hệ tọa độ địa diện được xử lý tính bằng phần mềm Topcon Tools và giá trị trung bình của xử lý đo động bởi hệ thống RTK tự thiết lập dưới 1cm về mặt bằng (ΔN , ΔE) và dưới 2.5cm về độ cao (ΔU). Điều đó chứng tỏ hệ thống RTK do nhóm tác giả đề xuất hoàn toàn đủ khả năng đáp ứng độ chính xác công tác đo vẽ bản đồ tỉ lệ lớn, bố trí công trình và định vị RTK chính xác cao.

Riêng với 2 ca đo có cự ly trên 10.0km, tỷ lệ nghiệm fix khá thấp, thậm chí bằng 0% đối với cự ly 21km vì đối với cự ly này tác động của tầng điện

ly đến xử lý trị đo phase là khá lớn. Có 3 phương pháp để giảm ảnh hưởng của tầng điện ly:

+ Tính số hiệu chỉnh từ các hệ số α và β có trong bản lịch vệ tinh theo Kobluchar;

+ Dựa vào mô hình sai số tầng điện ly ở khu vực đo (thường thấy trong mô hình VRS – Virtual Reference Station) để tính số hiệu chỉnh;

+ Tổ hợp trị đo pha hai sóng mang L1 và L2 thành trị đo pha L3 để khử sai số tầng điện ly [2]. Phiên bản 2.4.2 của phần mềm RTKLIB có cho lựa chọn Iono-Free LC để hiệu chỉnh ảnh hưởng tầng điện ly, tuy nhiên lựa chọn này thực tế không hoạt động [3]. Do đó, nhóm tác giả tiếp tục xử lý theo chế độ Kinematic của phần mềm RTKLIB để tìm giải pháp để nâng cao độ chính xác của lời giải cũng như kiểm tra tính khả thi của hệ thống. Kết quả xử lý được thể hiện ở bảng 5 và bảng 6.

Bảng 5. Kết quả xử lý các ca đo 5 và 6 bằng kỹ thuật hậu xử lý (tĩnh) và Kinematic

Loại xử lý	ΔN (m)	ΔE (m)	ΔU (m)	SSTP mặt bằng (mm)	SSTP độ cao (mm)
<i>Ca 5 ngày 07/02/2015 (21km)</i>					
Hậu xử lý	7591.4810	19674.7655	-4.2515	7	16
Kinematic fix	7590.8398	19674.8977	-3.8079	655	541
Độ lệch Δ (mm)	132	-641	444		
Kinematic float	7590.8083	19674.9673	-3.9186	752	824
Độ lệch Δ (mm)	-673	202	333		
<i>Ca 6 ngày 07/02/2015 (9.5km)</i>					
Hậu xử lý	7007.8968	6420.2121	12.2887	43	91
Kinematic fix	7007.8804	6420.1981	12.2982	25	53
Độ lệch Δ (mm)	-16.4	-14.0	9.5		
Kinematic float	7007.8914	6420.2097	12.2585	26	64
Độ lệch Δ (mm)	-5.4	-2.4	-30.2		

Bảng 6. Tỷ lệ nghiệm fix và float của các đường đáy được xử lý bằng kỹ thuật Kinematic

Lời giải	Số trị đo	SSTP hướng bắc N (mm)	SSTP hướng đông E (mm)	SSTP độ cao U (mm)	Tỷ lệ
<i>Ca 5.</i>					
Fix	59	642	133	541	4.4%
Float DGPS	1283	686	304	474	95.6%
<i>Max</i>		<i>3310</i>	<i>1380</i>	<i>1889</i>	
<i>Min</i>		<i>-498</i>	<i>-160</i>	<i>-10469</i>	
<i>Ca 6.</i>					
Fix	2364	19	15	53	55.20%
<i>Max</i>		17	6	90	
<i>Min</i>		-111	-36	-261	
Float DGPS	1919	21	15	64	44.80%
<i>Max</i>		44	33	51	
<i>Min</i>		-159	-33	-384	

Từ kết quả ở bảng 5 và bảng 6, ta nhận thấy rằng với cự ly 21km việc xử lý theo chế độ Kinematic là không hiệu quả, do đó để đảm bảo độ chính xác phạm vi hoạt động của hệ thống này

trong vòng bán kính 10km. Theo quy định, sai số vị trí điểm của bản đồ địa chính tỉ lệ 1:200 so với mốc khống chế đo vẽ gần nhất không vượt quá 5cm [5], sai số vị trí địa vật cố định bản đồ địa hình tỉ lệ 1:500 so với mốc

không chế đo vẽ gần nhất không quá 25cm [6]. Như vậy, hệ thống RTK tự thiết lập có thể đáp ứng yêu cầu về độ chính xác vẽ đo vẽ bản đồ địa chính tỉ lệ 1:200 và bản đồ địa hình tỉ lệ 1:500 với cự ly dưới 10km.

3. KẾT LUẬN

Giải pháp dùng mạng viễn thông 3G để truyền dữ liệu đo trong các hệ thống RTK là khả thi và hiệu quả. Nhóm tác giả đã đề xuất một hệ thống

RTK hoàn chỉnh với chi phí thấp, gọn nhẹ, phạm vi hoạt động lớn, không phụ thuộc vào yếu tố địa hình, địa vật, đặc biệt là hệ thống có khả năng đo RTK liên tục trong 1 ngày (nếu dùng pin 4000mAh) và cho phép sử dụng nhiều máy Rover đồng thời. Đây là ưu điểm hơn hẳn so với hệ thống RTK truyền thống (sử dụng Radio-link với sóng UHF). Độ chính xác của định vị của hệ thống đảm bảo độ chính xác yêu cầu đo vẽ bản đồ tỷ lệ lớn, công tác bố trí công trình cũng như việc giám sát các đối tượng di động yêu cầu độ chính xác cao.

The experimental results of the RTK GPS measurement using 3G mobile network and internet

- **Trinh Đình Vu**
- **Le Trung Chon**

Ho Chi Minh City University of Technology, VNU-HCM

ABSTRACT

This paper presents the experimental results of the RTK GPS established by the authors with different distance measurements. With a 5km baseline, the RMS of RTK solution is 2.8 cm and ratio of fix solution is approximately 90%. With these results, this RTK GPS system meets the requirements of large scale topographic and

cadastral mapping, hydrographics surveying, especially the work of layout works and high accuracy RTK for ITS (Intelligent Transportation Systems). The equipment used in this RTK system available on the market, the system easy to replace, compact, low cost, capable of measuring continuous RTK in one day and especially allows using of many rover receiver simultaneously ..

Key words: RTK GPS, 3G mobile network, Hydrographics surveying, ITS.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Trinh Đình Vu, Nguyen Vinh Hao, Le Trung Chon, *A solution for data transmission via internet to measure RTK*. GIS-IDEAS 2014 International Symposium, pp 157-162, Da Nang, Dec., 2014
- [2]. Tomoji Takasu and Akio Yasuda, *Kalman-Filter-Based Integer Ambiguity Resolution Strategy for Long-Baseline RTK with Ionosphere and Troposphere Estimation*, Tokyo University of Marine Science and Technology, Japan.
- [3]. Tomoji Takasu and support, *RTKLIB ver. 2.4.2 Manual*, Apr. 29, 2013.
- [4]. RTKLIB: An open source program package for GNSS positioning, <http://www.rtklib.com>
- [5]. Thông tư số 24/2014/TT-BTNMT ngày 19/5/2014 của Bộ Tài nguyên và Môi trường Quy định về bản đồ địa chính
- [6]. Cục Đo đạc Bản đồ nhà nước, *Quy phạm đo vẽ bản đồ địa hình tỷ lệ 1/500, 1/1000, 1/2000, 1/500*. Hà Nội, 1990