

Využití low-cost GNSS ublox F9P v Geodézii

Jméno : Ing. David Zahradník

Kontakt: david.zahradnik@fsv.cvut.cz, 730 995 355

Adresa pracoviště : Thákurova 2077/7, 166 29 Praha 6

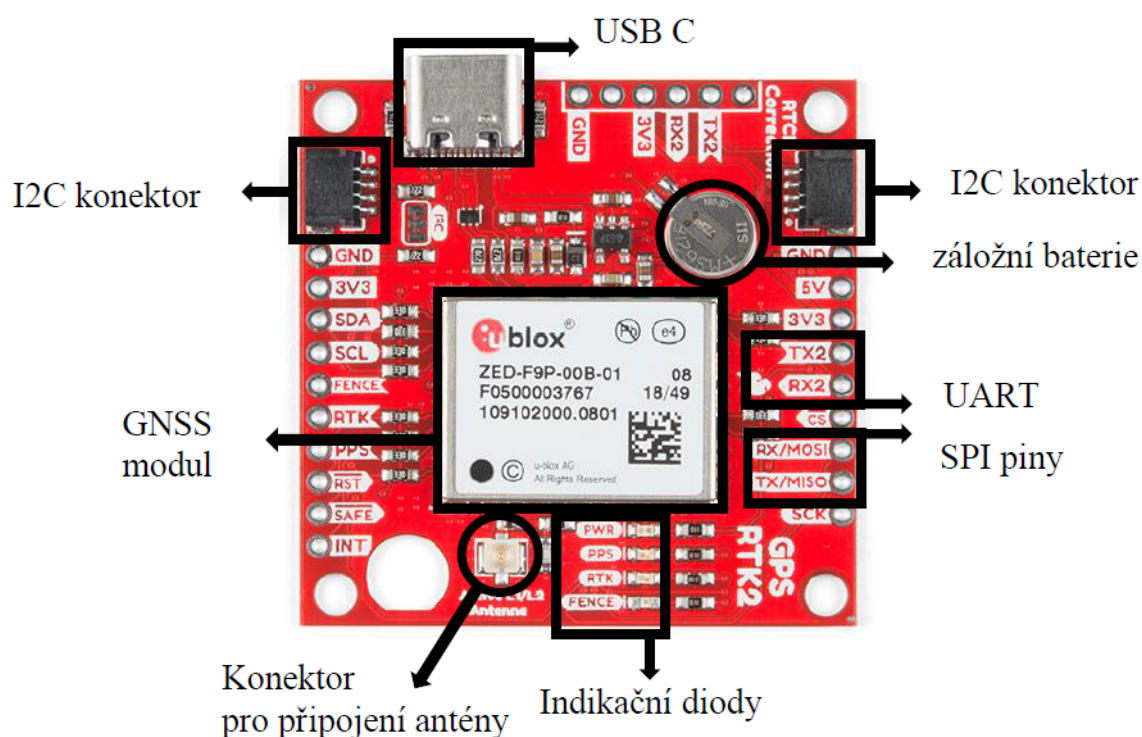
Úvod

Technologie GNSS se vyvíjí každým dnem, jak v kosmickém segmentu, kde v tuto chvíli je na oběžné dráze 95 družic sloužících pro GNSS. Mezi používané družicové systémy patří GPS, Glonass, Galileo a Beidou. Zároveň vývoj probíhá i v uživatelském segmentu, v chytrém zemědělství a chytrých stavebních strojích. Právě nově vyvíjené GNSS přijímače jsou pomocným nástrojem pro řízení jednotlivých strojů, a nejen pracovních strojů, ale i osobních automobilů. Jedná se o masivní nárůst uživatelů s potřebou GNSS technologií s vysokou přesností. Pro řízení strojů nelze použít kódový přijímač, jako v mobilních telefonech, je potřeba přesnost v řádech centimetrů. Pokud se už uvažuje centimetrová přesnost, jsou možné i jiná aplikace těchto přijímačů. Například určení sklonu lžice bagru při skrývce za použití dvou GNSS přijímačů, nebo použít několik přijímačů pro záložní systém řízení dronu kromě IMU jednotky. Samozřejmě by se muselo jednat o větší dron, aby základna mezi přijímači umožňovala dodržet přesnost určení náklonu.

Největšími požadavky na přijímače s výše zmíněným využitím je dostatečná přesnost, kompaktnost celého zařízení a jeho cena. Pokud se chystáme osadit stavební stroj nebo automobil GNSS technologií, tak by celý systém neměl být nákladný, jako je to u přijímačů pro geodety, kde se jejich cena pohybuje v řádu statisíců. Geodeti jsou na své přijímače opatrní, ale pokud je takový přijímač osazen na automobilu, kde hrozí poškození nebo dokonce zničení, není ideální použít drahou technologii. Zároveň jsou geodetické přijímače poměrně rozměrné.

Požadavky, které jsou výše uvedené, splňuje GNSS modul ublox F9P s anténou ANN-MB. Modul je velice kompaktní, rozměry modulu jsou 44 x 44 x 5 mm a anténa má rozměry 60 x 82 x 22 mm. Zároveň je tento modul první z levných modulů, který dokáže zaznamenávat a zpracovat měření na L1 i L2 vlně. Dokáže zachytit frekvenční rozsah 1559-1606 MHz pro L1 vlnu a 1197-1249 MHz pro L2 vlnu. Vzhledem k tomu, že přijímač dokáže zaznamenávat měření na obě vlny pro všechny dostupné systémy, může se vyrovnat profesionálním geodetickým přijímačům.

V tomto příspěvku bych chtěl představit GNSS modul ublox F9P skrze jeho testování, zda obstojí s profesionálními přijímači a jestli opravdu měřením získáme přesnost v řádu centimetrů, jak uvádí výrobce.



Obr 1 Schéma modulu ublox F9P

Cíle

Jeden z cílů je otestovat GNSS modul ublox F9P různými způsoby tak, aby mohlo být potvrzeno, že se jedná o přijímač s přesností v řádu centimetrů.

Byl proveden test porovnání s přijímačem TopCon Hiper++. Měřeno bylo na stejném bodě, na pilíři na střeše stavební fakulty univerzity ČVUT metodou RTK s observací 20 minut pro oba přijímače.

V druhém testu byla testována metoda RTK pouze pro samotný přijímač. Byl zjišťován průměrný čas nalezení fixního řešení a střední polohová chyba mezi měřeními.

Posledním testem bylo zjišťováno, zda fázové centrum antény je v hmotném středu antény. Pokud by tvrzení neplatilo, na výsledcích se objeví systematický posunu fázového centra (kružnice).

Pokud se potvrdí, že modul ublox F9P dosahuje centimetrové přesnosti, lze jej použít i při geodetických pracích. První z projektů, na který se dá modul použít, je dron s GNSS s měřením metodou RTK. Tento systém je už vidět u firem, jako je například DJI nebo SenseFly. Základem jsou dva přijímače, jeden slouží jako základna a druhý je umístěn na dronu a slouží jako přijímač. Možná zde vyvstává otázka, zda má vůbec cenu vyvíjet něco, co už funguje. První protiargument je, že výrobci nasadili cenovou politiku těchto produktů hodně vysoko. Druhý protiargument je, že dron se dá použít pouze na aplikace, které výrobce propaguje. Směřuji k myšlence, že dron nemusí být pouze nosičem zařízení pro sběr dat, ale může pomoci při různých geodetických pracích, u vytyčování anebo při určení souřadnic stanoviště, ale to je na jiný článek.

Dalším možným využitím je při měření posunů a sesuvů svahu, kde je potřeba tyto jevy měřit kontinuálně GNSS technologií. V některých lokalitách měření nelze zaručit ochranu GNSS přijímače, proto je důležité, aby přijímač byl co nejmenší a co nejméně nápadný. Tím se zabrání jeho poškození a případná krádež. Proto se hodí modul ublox F9P, protože POKUD dojde k poškození nebo ke krádeži, nevznikne velká peněžní ztráta oproti profesionálnímu přijímači.

Výsledky

Při prvního testu porovnání s profesionálním GNSS přijímačem TopCon Hiper++, kdy bylo měřeno metodou RTK s 20minutovou observací, byl modul ublox nastaven pouze pro příjem systému GPS a Glonass, protože přijímač TopCon Hiper++ nedisponuje měřením na systémy Galileo a Beidou. Observace obou přijímačů byla provedena přibližně ve stejnou dobu a s připojením na stejnou službu CZEPOS. Výsledek je polohový rozdíl 8 mm a výškový rozdíl 13 mm.

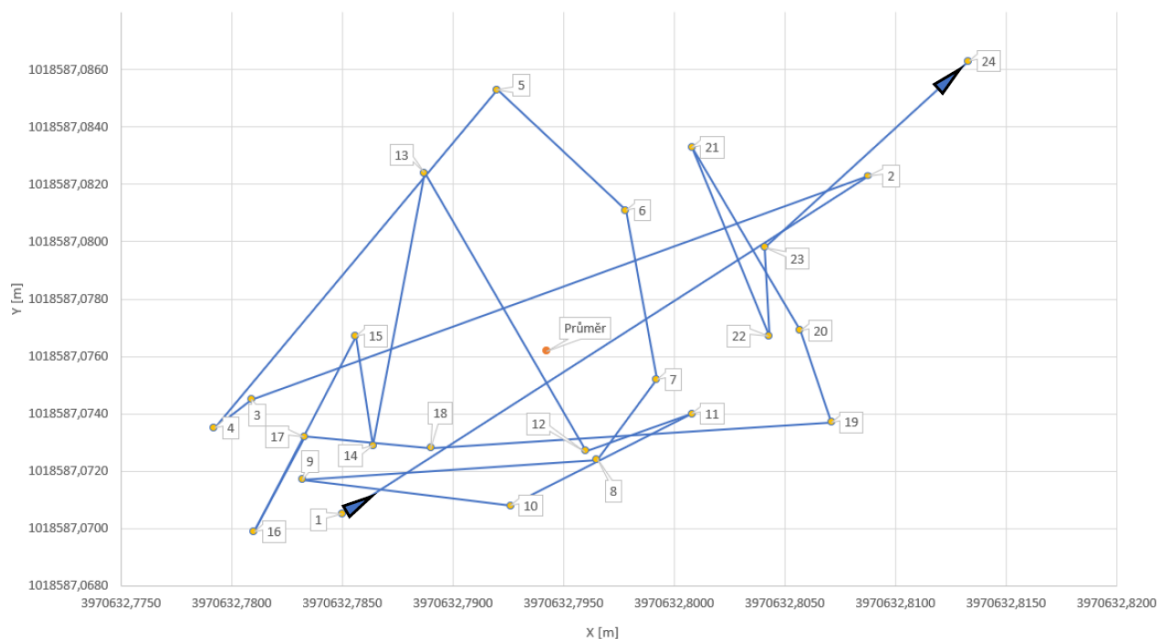
V druhém testu byla zjišťována průměrná doba nalezení fixního řešení a střední polohová chyba všech po sobě jdoucích měření. Bylo provedeno 50 měření s desetivteřinovou observací, u kterých byl zaznamenán čas nalezení fixního řešení a souřadnice antény. Mezi jednotlivými měřeními byla anténa zakryta hliníkovou folií, aby byl zabráněn vstup všem signálům mířícím do antény, tím bylo znemožněno určení fixního řešení. Po odkrytí antény byl měřen čas nalezení fixního řešení. Výsledkem je průměrná doba nalezení fixního řešení 5 vteřin a střední polohová chyba mezi měřeními 5mm.

Posledním testem byla ověřována poloha fázového centra antény. Test spočíval ve sledování změny polohy souřadnic antény při otáčení okolo své svislé osy. Pro otáčení bylo zkonstruováno zařízení, které umožní automaticky otáčet s anténou v nastavený čas. Zařízení se skládalo z krokového motoru a jeho řídicí jednotky, motor byl ovládán mikrokontrolerem Arduino Nano a to s daty modulu reálného času. Samotný test trval 24 hodin, měření bylo rozděleno na 24 etap po hodinové observaci. Po každé hodině, kterou určil modul reálného času, byl přes mikrokontroler Arduino Nano poslán příkaz motoru, aby se otočil o 15 stupňů. Tedy za 24 hodin se motor vrátil do své původní pozice. Měření probíhalo na střeše stavební fakulty ČVUT v Praze.

Data byla zpracována v softwaru Leica Infinity a k tomu byla použita data z nejbližší permanentní stanice CZEPOS CPRG. Výsledkem bylo 24 souřadnic, jejíž vykreslení je vidět na obrázku č.3. je viditelné, že zde není žádný trend posunu fázového centra. Lze usuzovat, že fázové centrum je ve hmotném středu antény. Výsledná střední polohová chyba byla 14 mm.



Obr 2 Testování fázového centra antény

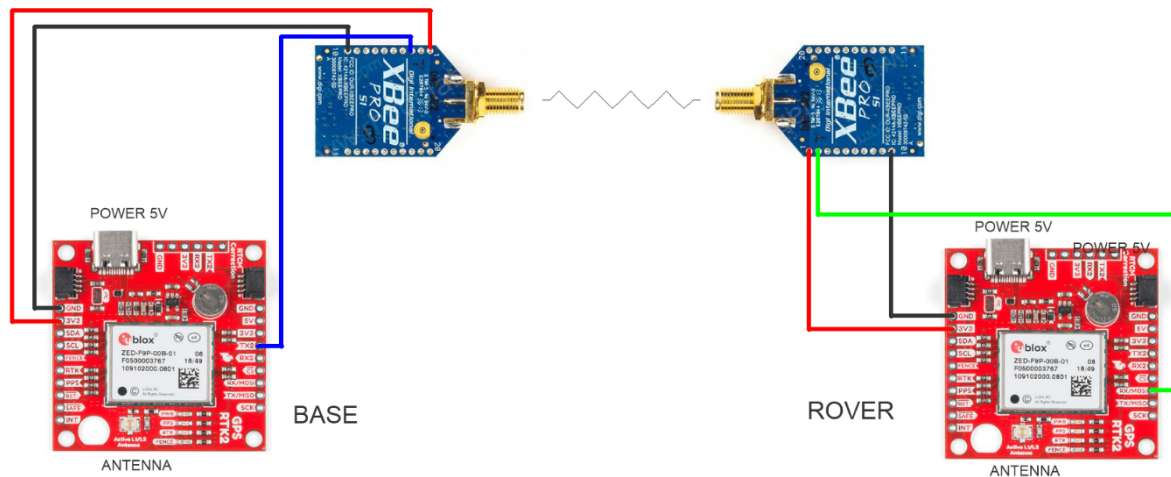


Obr 3 Graf výsledných souřadnic z testování fázového centra

Dle provedených testů byla ověřena přesnost GNSS modulu ublox F9P uváděná výrobcem. Modul lze použít pro projekty uvedené v úvodu. Je nutné rozdělit sestavení a konfiguraci modulů dle jejich využití. Proto byly sestaveny dva rozdílné systémy. Jeden systém pro měření metodou RTK, který bude použit v projektu pro dron s GNSS technologií podporující metodu RTK. Druhý systém bude sloužit pro sledování sesuvů a posunů statickou metodou.

U metody RTK je uvažováno využití dvojice modulů. První z modulů je nakonfigurován pro funkci základny a druhý je nastaven na funkci přijímače. Komunikace mezi moduly je zprovozněna rádiovými moduly Xbee Pro SS, které dokážou komunikovat na vzdálenost několika kilometrů. Konfigurace modulů ublox F9P se provádí s připojením k počítači přes program U-center. Data, která

jsou posílána mezi moduly ublox, jsou ve formátu RTCM3. Radiové moduly XBee Pro se konfigurují přes program XCTU.

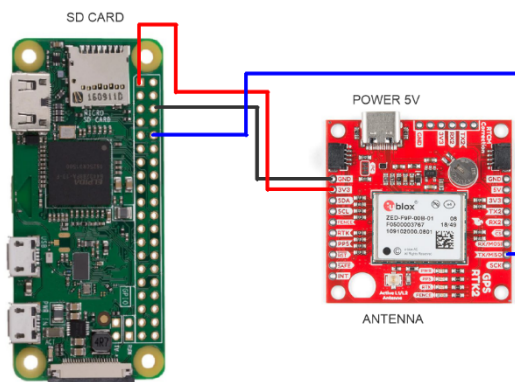


Obr 4 Schéma zapojení modulů ublox pro metodu RTK

U statické metody byl použit pouze jeden modul ublox F9P, k němu je připojen mikropočítač Raspberry Pi Zero. Na mikropočítači je nainstalována knihovna RTKLIB, díky které lze zaznamenávat data z ubloxu. Pro záznam je použit podprogram STR2STR knihovny RTKLIB, který přes zadaný UART port zapisuje přijatá data do souboru. Na ubloxu je použit port UART1 a port je nakonfigurován tak, aby posílal data ve třech formátech UBX, NMEA a RTCM3. Port UART1 na ubloxu je propojen s Raspberry Pi přes spojení RX -> TX, jak je vidět na obrázku. Ublox je ještě s Raspberry Pi propojen přes napájecí a zemnicí vodič.

Příkazem `str2str -in serial://ttyS0:38400#ubx -out rover.ubx -c //cesta` je zahájeno čtení dat z ubloxu a jejich ukládání na SD kartu samotného RaspberryPi. Tím se získán nativní formát modulu ublox a to je *.ubx, který je nutný pro další zpracování převést na RINEX.

Převod na RINEX je prováděn podprogramem CONVBIN knihovny RTKLIB přímo v RaspberryPi. Příkaz zní `convbin -od -os -oi -ot -f 2 -ts 2015/12/14 17:25:00 -te 2015/12/14 18:25:00 -o ofile -n nfile testdata.ubx`. Popis příkazu je uveden v manuálu pro knihovnu RTKLIB.



Obr 5 Schéma zapojení ubloxu pro statickou metodu

Závěr

Po testování lze říct, že modul ublox F9P, opravdu měří se stejnou přesností, jak uvádí výrobce. Modul lze použít pro měření s požadovanou přesností v řádech centimetrů. Po testování byly sestaveny dva systémy, jeden pro měření metodou RTK a druhý pro statickou metodu.

Do budoucna je v plánu při měření metodou RTK používat pouze jeden modul. K modulu bude připojen a nakonfigurován GSM modul, přes který bude probíhat komunikace mezi modulem a sítí CZEPOS.

Před použitím sestavy pro měření statickou metodu, bude ještě celá sestava otestována z hlediska výdrže.

Použitá literatura (reference)

Hamza, V.; Stopar, B.; Ambrožič, T.; Turk, G.; Sterle, O. Testing Multi-Frequency Low-Cost GNSS Receivers for Geodetic Monitoring Purposes. *Sensors* **2020**, *20*, 4375.

Lu, L.; Ma, L.; Wu, T.; Chen, X. Performance Analysis of Positioning Solution Using Low-Cost Single-Frequency U-Blox Receiver Based on Baseline Length Constraint. *Sensors* **2019**, *19*, 4352.

Ublox-C099_F9P-uCS [online]. [cit. 2020-12-04]. Dostupné z: https://github.com/u-blox/ublox-C099_F9P-uCS/tree/master/zed-f9p

Ublox F9P: Datasheet. *ZED-F9P* [online]. [cit. 2020-12-03]. Dostupné z: https://www.u-blox.com/sites/default/files/ZED-F9P_DataSheet_%28UBX-17051259%29.pdf

ANN-MB: Datasheet [online]. [cit. 2020-12-03]. Dostupné z: https://www.u-blox.com/sites/default/files/ANN-MB_DataSheet_%28UBX-18049862%29.pdf

XBee: Datasheet [online]. [cit. 2020-12-03]. Dostupné z: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Wireless/Zigbee/XBee-Datasheet.pdf>

Raspberry Pi [online]. [cit. 2020-12-03]. Dostupné z: <https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/raspberrypi/>

RTKLIB [online]. [cit. 2020-12-03]. Dostupné z: <http://www.rtklib.com/>

TouchRTKStation [online]. [cit. 2020-12-03]. Dostupné z:
<https://github.com/taroz/TouchRTKStation>

ŠIKOLA, Jan. *TESTOVÁNÍ GNSS MODULU UBLOX 9.GENERACE* [online]. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2020 [cit. 2020-12-03]. Dostupné z:
<https://dspace.cvut.cz/handle/10467/88561>

HODÍK, Štěpán. *VÝVOJ NÍZKONÁKLADOVÉHO GNSS ZAŘÍZENÍ* [online]. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2019 [cit. 2020-12-03]. Dostupné z:
<https://dspace.cvut.cz/handle/10467/83537>