

DETEKCIA EFEKTU MULTIPATH V MERANIACH GNSS

Ing. Peter Špánik, Ing. Ľubomíra Gerháťová, PhD.¹

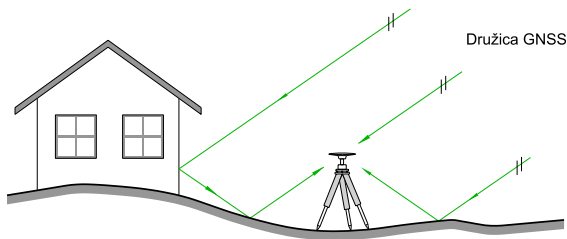
¹Katedra geodetických základov, Stavebná fakulta,
Slovenská technická univerzita v Bratislave,
email: peter.spanik@stuba.sk, lubomira.gerhatova@stuba.sk

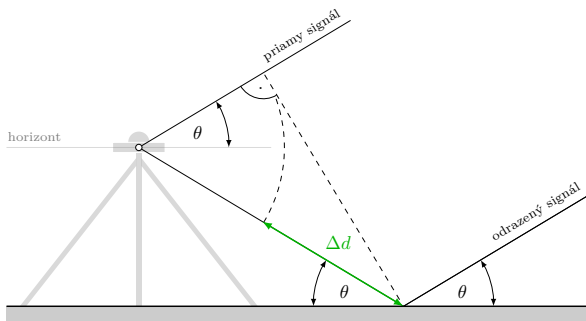
Družicové metódy v geodezii a katastru
Fakulta stavební VUT v Brně, 4. 2. 2016

- Popis *multipath*, teoretické východiská príspevku,
- Veličina *MP* a popis aplikácie MultipathAnalysis,
- Experimentálne meranie, konfigurácia stanoviska a výstupy merania,
- Postup simulácie odrazených signálov pomocou 3D modelu blízkeho okolia prijímača,
- Ukážka výsledkov simulácie a ich interpretácia,
- Záver, námety na vylepšenie, diskusia.

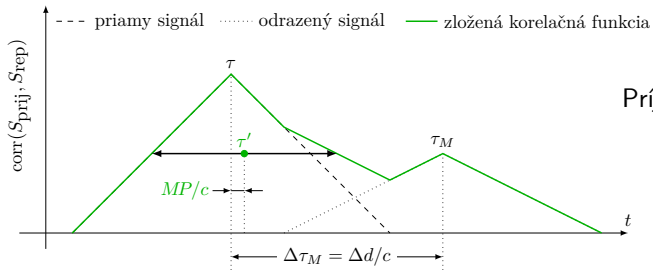
Multipath – pojem označujúci viaccestné šírenie družicového signálu

- jeden z najväčších rušivých faktorov meraní GNSS,
- vzniká v dôsledku odrazu družicového signálu od okolitých objektov (steny, strechy, stromy, autá, zem, povrch pod prijímačom, ...),
- skreslenie kódových (1 – 5 m) aj fázových meraní (max. $\lambda/4$),
- potrebné rozlišovať medzi *path delay* (predĺženie dráhy signálu) a *multipath* (geometrický model vs. spracovanie prijímačom).





Znázornenie predĺženia dráhy signálu Δd (path delay)



Príjem odrazeného signálu z pohľadu prijímača (multipath)

Veličinu MP (*multipath observable*) je možné vypočítať, ak sú dostupné merania na dvoch a viac frekvenciách (v rovnici i, j, k):

$$MP_{jk}^i + B = R_i - \Phi_j + \frac{\lambda_i^2 + \lambda_j^2}{\lambda_j^2 - \lambda_k^2} (\Phi_j - \Phi_k)$$

Vlastnosti MP :

- hodnota B je konštantná, pokiaľ nedôjde k sklzu v počítaní cyklov (*cycle slip*), kedy sa zmenia ambiguita nosných vln
- kvôli zaťaženiu ambiguitami nie je MP kvantifikátor multipathu, posudzovaná je variabilita hodnôt $MP - E(MP)$

Vzhľad GUI aplikácie MultipathAnalysis

The screenshot shows the MultipathAnalysis tool interface with the following panels and labels:

- Panel INPUT files:** Located at the top, it contains options for input file formats (ASCII or MATLAB), buttons for 'Browse' and 'Load file' for both observation and ephemeris files, and a 'Run' button.
- Panel GNSS selection:** Located on the left side, it includes a dropdown for 'Available GNSS from observations' and a field for 'Selected GNSS constellation'.
- Panel Satellites selection:** Located on the right side, it includes a dropdown for 'Available satellites from constellation' and a text input for 'Manual satellites selection'.
- Panel code multipath computation options:** Located on the left side, it includes dropdowns for 'Select code measurement for MP', 'Phase measurements', and 'Cycle-slip detector' (with radio buttons for 'Geometry free' and 'MW').
- Panel Code multipath outputs:** Located on the right side, it includes dropdowns for 'Satellite(s) availability outputs' and 'Code multipath (MP) outputs', and an 'Export code MP' button.
- Panel SNR options:** Located on the left side, it includes a dropdown for 'Select satellite SNR measurements' and a 'Select fly-by:' field.
- Panel SNR outputs:** Located on the right side, it includes a dropdown for 'SNR values graphical outputs' and an 'Export SNR' button.

Additional labels on the left side point to the 'GNSS selection', 'code multipath computation options', and 'SNR options' panels. A status bar at the bottom displays: GNSS: --- || Satellite(s): --- || MP code: --- || MP phases: --- , --- ||

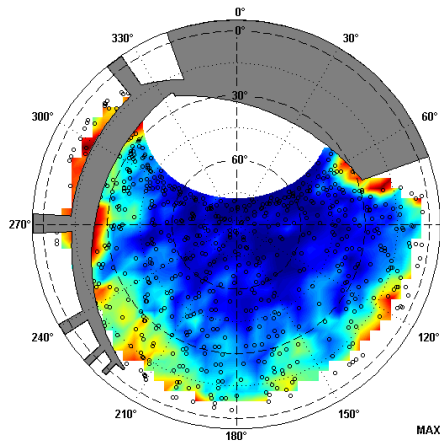
Cieľ: posúdiť vplyv materiálu odrazovej plochy a vzdialenosti prijímača od hlavnej odrazovej plochy na hodnoty veličiny MP .

Postup: vykonanie meraní v dvoch etapách vo vzdialenosti 3 a 10 m od steny, v druhej etape stena pokrytá Al fóliou.

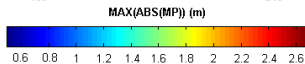
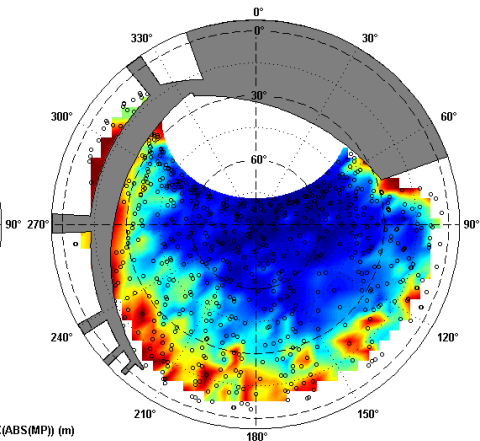


Výsledky spracovania aplikáciou MultipathAnalysis ($d = 3$ m)

a) čistá stena

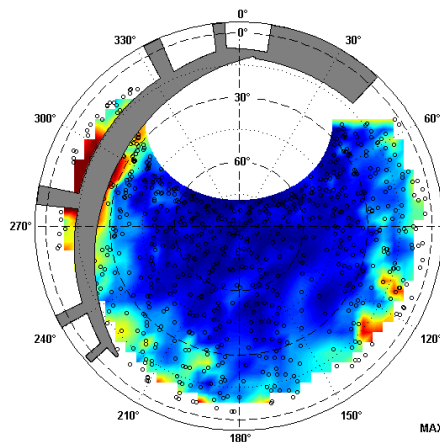


b) stena pokrytá Al fóliou

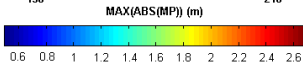
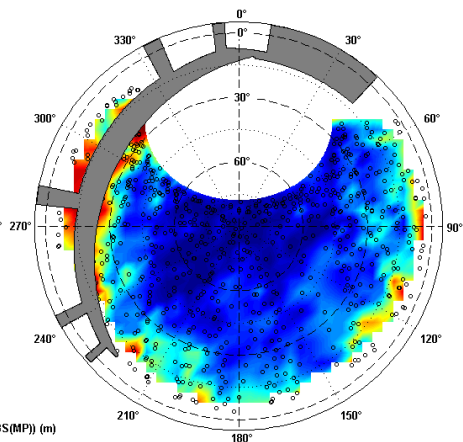


Výsledky spracovania aplikáciou MultipathAnalysis ($d = 10$ m)

a) čistá stena



b) stena pokrytá Al fóliou



Simulované hodnoty predĺženia dráhy signálu Δd je možné využiť na korekciu meraných pseudovzdialeností pri určovaní polohy z kódových meraní (využitelnosť pre jednofrekvenčné prijímače, navigáciu).

Vstupom na simuláciu hodnôt Δd je:

- georeferencovaný 3D model okolia prijímača v lokálnom systéme (množina vrcholov trojuholníkov $A, B, C \rightarrow$ výpočet vektora vonkajšej normály $\mathbf{n} = (C - B) \times (A - B)$),
- simulované/skutočné polohy družíc D definované jednotkovým smerovým vektorom $\hat{\mathbf{d}}$ v lokálnom systéme (rovnorné rozloženie polôh \rightarrow použitie Reuterovho gridu),
- približná poloha prijímača P (relatívna vzhľadom na objekty okolo).

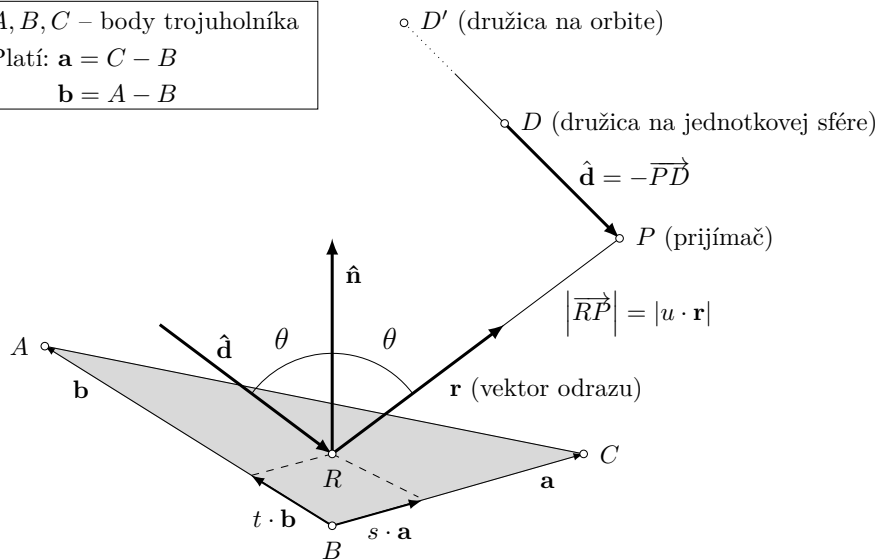
Simulácia na základe len jednoduchého zrkadlového odrazu (neuvážený viacnásobný odraz, vplyv ohybu, rozptylu signálu).

Geometria zrkadlového odrazu od trojuholníka A, B, C

A, B, C – body trojuholníka

Platí: $\mathbf{a} = C - B$

$\mathbf{b} = A - B$



Postup výpočtu predĺženia dráhy signálu Δd

1. Výpočet vektora odrazu \mathbf{r} od Δ s normálovým vektorom $\hat{\mathbf{n}}$

$$\mathbf{r} = \hat{\mathbf{d}} + 2(\hat{\mathbf{d}} \cdot (-\hat{\mathbf{n}})) \hat{\mathbf{n}}$$

2. Výpočet parametrov s, t, u z maticovej rovnice:

$$\begin{bmatrix} A_n - B_n & C_n - B_w & r_n \\ A_w - B_w & C_w - B_w & r_w \\ A_v - B_v & C_v - B_v & r_v \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s \\ t \\ u \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} B_n \\ B_w \\ B_v \end{bmatrix}$$

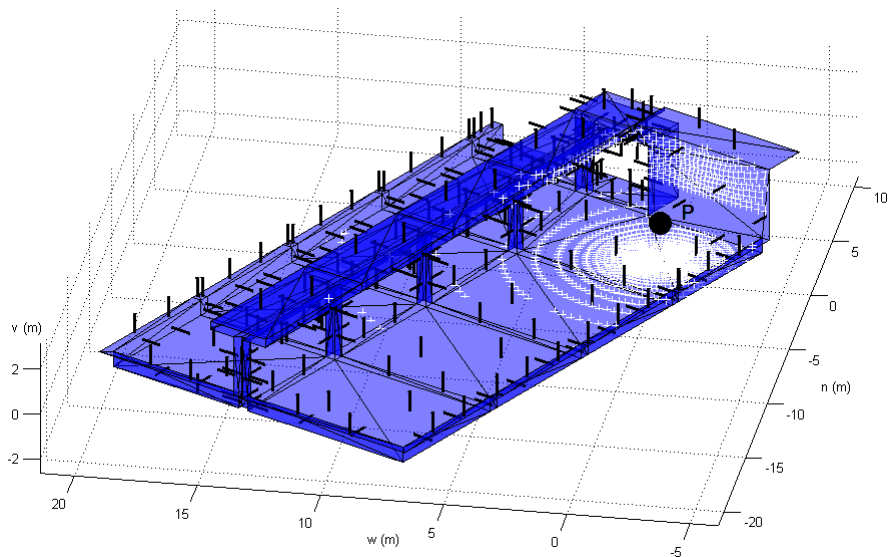
3. Určenie polohy odrazového bodu \mathbf{R}

$$\mathbf{R} = \mathbf{B} + s \cdot \mathbf{a} + t \cdot \mathbf{b} \quad \text{alebo} \quad \mathbf{R} = \mathbf{P} - u \cdot \mathbf{r}$$

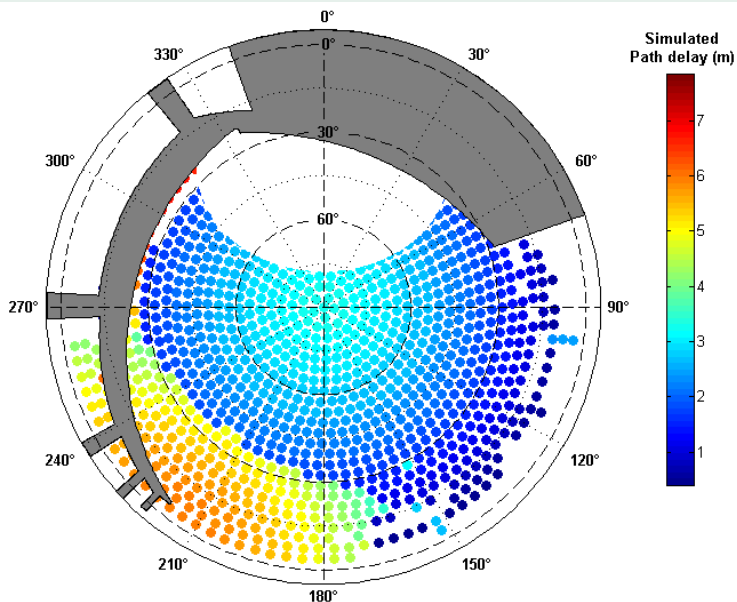
4. Výpočet hodnoty Δd pre konkrétny Δ a simulovaný vektor $\hat{\mathbf{d}}$

$$\Delta d = (|D'R| + |RP|) - |D'P|$$

3D model s normálami a odrazovými bodmi v lokálnom systéme n, w, v



Skyplot so simulovanými hodnotami Δd pre $d = 3$ m



Záver:

- multipath závisí hlavne od vzdialenosti prijímača od odrazovej plochy (pre $d = 10$ m nie je znateľný takmer žiadny vplyv),
- pre malé d je výrazný aj vplyv povrchu odrazovej plochy (v našom experimente nastal nárast hodnôt veličiny MP pri použití hliníkovej fólie pre $d = 3$ m až o 60%).

Námety na zlepšenie:

- rozšíriť model odrazu na viacnásobný odraz, započítať ohybové javy, použiť koeficienty odrazivosti jednotlivých materiálov,
- využiť pri simulácii aj parametre prijímača (hlavne šírka korelátora), a tým simulovať hodnoty multipathu, nie hodnoty Δd (umožní to pre jednu simulovanú polohu družice \hat{d} zohľadniť aj odraz od viacerých plôch – vernejšie modelovanie reality).