

# LOCALIZATION IN LORAWAN TECHNOLOGY

Jan Pospíšil

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xpospi90@vutbr.cz

Supervised by: Radek Fujdiak

E-mail: fujdiak@feec.vutbr.cz

**Abstract:** The article deals with the topic of localization in LoRaWAN<sup>TM</sup> network with the selection of suitable position estimation method which is TDoA. There are also described the hardware requirements for applying that method. The second part focuses on how to implement the TDoA algorithm with subsequent simulation of position estimation error.

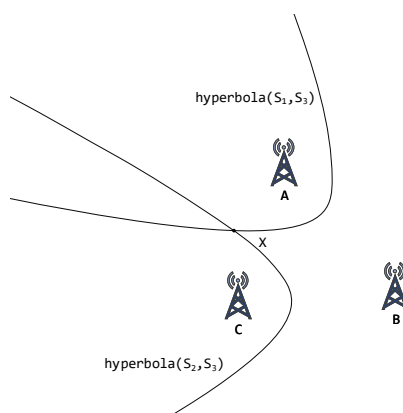
**Keywords:** TDoA, estimation, algorithm, LoRaWAN<sup>TM</sup>, LoRa<sup>®</sup>

## 1 ÚVOD

LoRaWAN<sup>TM</sup> standard definuje komunikační protokol a architekturu sítě, který je postavený nad fyzickou vrstvou proprietární LoRa<sup>®</sup> modulace, která se využívá pro vytvoření bezdrátového komunikačního spojení na velkou vzdálenost (až 40 km) při nízké datové rychlosti (max. 5,5 kb/s) a malém výkonu (14 dBm) [1]. Tato technologie je právě vhodná pro poskytnutí konektivity bateriově poháněných chytrých zařízení. Jednou možných z přidávaných hodnot LPWAN technologií, do kterých spadá i LoRaWAN<sup>TM</sup>, je poskytnutí služeb určení polohy bezdrátového senzoru. Přestože GPS systém nabízí přesné lokalizační a navigační služby, tyto služby nelze provádět v podzemí, vnitřních a hustých městských prostředích kvůli propagaci signálu, nehodí se tedy pro samotné senzory, avšak toto omezení nebrání využití GPS pro časovou synchronizaci LoRaWAN<sup>TM</sup> přijímačů.

## 2 UMOŽNĚNÍ LOKALIZACE V LORAWAN<sup>TM</sup> SÍTI

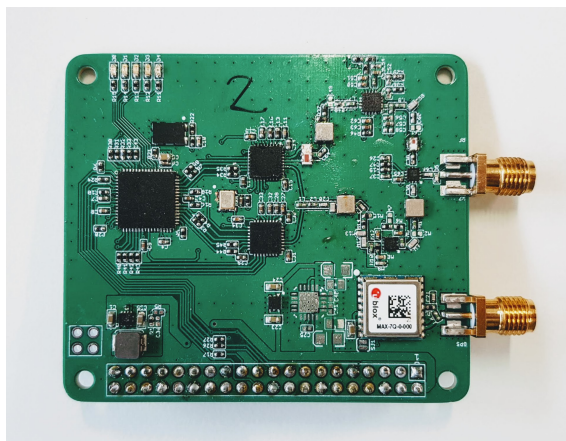
Z podstaty fungování LoRaWAN<sup>TM</sup> byly vybrány nejvhodnější metody pro lokalizaci pomocí TDoA a RSSI. Tento článek se zabývá určováním polohy pomocí Time Difference of Arrival (z důvodu vyšší efektivity), neboli měření časových rozdílů příchodu signálu z lokalizovaného zařízení do přijímačů.



**Obrázek 1:** Příklad lokalizace pomocí TDOA trilaterace.

## 2.1 HARDWARE

V případě využití lokalizace pomocí TDoA, není vyžadována žádná úprava na straně vysílače. Avšak je zapotřebí přijímačů (brán) s časovou synchronizací, pro přidělení přesných časových značek příchozím rámcům, toho lze docílit GPS přijímačem. Aktuálně (2018) se na trhu pohybuje několik výrobců LoRaWAN™ brán. Přičemž ceny kompletních řešení navržených podle referenčního designu V1 se zabudovaným GPS přijímačem startují od 1000 \$ (Kerlink, Gemtech, Link Labs). Tyto brány poskytují rozlišení časových značek příchodu rámce s přesností 1  $\mu$ s. Již existují brány nové generace, které umožňují ještě vyšší přesnost časových značek (stovky nanosekund), avšak referenční design není veřejně dostupný a ceny těchto zařízení startují od 2000 \$ (Kerlink iBTS a Cisco IXM-LPWA-800-16-K9).



Obrázek 2: Osazení vlastní brány.

Z důvodu vysokých finančních nároku na pořízení brány bylo přistoupeno k vytvoření vlastní testovací LoRaWAN™ sítě. Návrh plošného spoje pro LoRaWAN™ bránu (tzv. koncentrátor) byl převzat z open-source projektu od Willa Whanga. Plošný spoj disponuje čipem Semtech SX1301 (baseband chip) a dvěma čipy Semtech SX1257 (Tx/Rx front-end). Dále je osazen GPS modul uBlox Max-7Q, který sloužit pro časovou synchronizaci. Samotný koncentrátor zastává pouze funkce vysílání a příjmu LoRaWAN™ rámců, proto musí být připojen k řídicímu prvku např. v podobě jednodeskového počítače Raspberry Pi.

## 2.2 ALGORITMUS

Analytické lineární řešení hledající průsečíky hyperbol vyjádřené pomocí soustav rovnic zapsané v maticovém tvaru. Hyperboly jsou tvořeny mezi páry přijímačů vyjadřující rozdíly časů příchodu viz obr. 2. Pro 2D lokalizaci jsou vyžadovány minimálně 3 brány. Pro výpočet musí být jedna z brán vybrána a označena jako 0. brána, ta je pak logicky umístěna to středobodu souřadnic, všechny výpočty jsou dále vztaženy k této bráně. Pro vyřešení rovnic se jako reference pro linearizaci použije 1. brána. Avšak nezáleží na tom, která brána je pro linearizaci zvolena. Algoritmus pro výpočet polohy vysílače byl převzat ze zdroje [2].

Soustava lineárních rovnic může být zapsána do maticového tvaru následovně ( $i = 1, 2, 3 \dots N-1$ ):

$$\begin{bmatrix} x_0 - x_1 & y_0 - y_1 & d_{01} \\ x_0 - x_2 & y_0 - y_2 & d_{02} \\ \dots & \dots & \dots \\ x_0 - x_n & y_0 - y_n & d_{0n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ d_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{2}(x_0^2 - x_1^2 + y_0^2 - y_1^2 + d_{01}^2) \\ \frac{1}{2}(x_0^2 - x_2^2 + y_0^2 - y_2^2 + d_{02}^2) \\ \dots \\ \frac{1}{2}(x_0^2 - x_n^2 + y_0^2 - y_n^2 + d_{0n}^2) \end{bmatrix}, \quad (1)$$

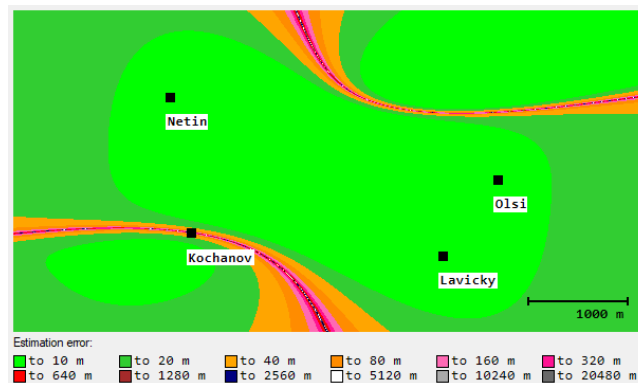
kde  $x_i, y_i$  jsou souřadnice brány ( $i = 0, 1, \dots, N-1$ ),  $x$  a  $y$  jsou souřadnice lokalizovaného senzoru a  $d_{0i}$  je vzdálenost mezi 0. bránou a  $i$ . bránou. Tímto vznikla obyčejná rovnice  $A\vec{x} = \vec{b}$ . Matice  $A$  a vektor  $\vec{b}$  jsou známi. Problém vyžaduje učení  $\vec{x}$  při kterém  $A\vec{x} \approx \vec{b}$  minimalizuje reziduální sumu čtverců. Tento proces se nazývá regrese metodou nejmenších čtverců, vektor  $\vec{x}$  lze následně vyjádřit takto:

$$\vec{x} = (A^T A)^{-1} A^T \vec{b}. \quad (2)$$

Ve většině případů je toto řešení, tedy hodnoty vektoru  $\vec{x}$ , bráno jako počáteční pro pokročilejší komplexní postupy.

### 2.3 SIMULACE PŘESNOSTI VÝPOČETNÍHO ALGORITMU

Nedílnou součástí je simulace samotné přesnosti výpočtu průsečíku hyperbol, která proběhla na základě vytvoření testovacího vysílacího bodu, pro který byla bez použití informace o poloze, pouze z časových vzdáleností vypočtena poloha, která byla následně porovnána s původní polohou. Podle přesnosti odhadu jsou pak bodům přiřazeny určité barvy, viz obr. 3. Rozložení brán bylo vybráno z důvodu plánování reálného nasazení. V simulaci nejsou vzaty v potaz parametry z reálného prostředí jako jsou odrazy signálu, nepřesná časová synchronizace přijímačů a terén.



**Obrázek 3:** Simulace přesnosti výpočtu polohy senzoru.

## 3 ZÁVĚR

Byl popsán způsob zprovoznění lokalizace bezdrátových senzorů v LoRaWAN<sup>TM</sup> síti. V první části je demonstrována možnost vytvoření vlastních LoRaWAN brán (tedy přijímačů). Dále byla zvolena lokalizační metoda založená na technice TDoA, která byla vhodně popsána pro možnost implementace. V poslední části je provedena simulace přesnosti lokalizačního algoritmu, kde je znázorněno, v jakých místech přispívá k celkové chybě odhadu samotný výpočet.

## REFERENCE

- [1] *LoRaWAN What is it?: A technical overview of LoRa and LoRaWAN* [online]. In: Semtech Corporation. 2400 Camino Ramon, San Ramon, CA 94583, listopad 2015, s. 20 [cit. 2018-10-11]. Dostupné z URL: <<https://lora-alliance.org/sites/default/files/201804/whatislorawan.pdf>>.
- [2] ZHOU, Zilong, Yichao RUI, Jing ZHOU, Longjun DONG, Lianjun CHEN, Xin CAI a Ruishan CHENG. *A New Closed-Form Solution for Acoustic Emission Source Location in the Presence of Outliers* [online]. 8.6.2018, , 21 [cit. 2018-12-06]. Dostupné z: <<https://www.mdpi.com/2076-3417/8/6/949/pdf>>.