

3. Bpas Journals. IoT Based Smart Solar PV Remote Monitoring System Using Grafana Platform. 2023. <https://bpasjournals.com/library-science/index.php/journal/article/view/3623>

4. Vleeckf F. Energy Monitoring with Telegraf, Modbus, InfluxDB and Grafana. 2023. <https://vleeckf.medium.com/weekend-project-energy-monitoring-with-telegraf-modbus-influxdb-flux-and-grafana-770480136410>

УДК 621.396.96

Руденко Віталій Віталійович

Здобувач освіти третього(освітньо-наукового) рівня вищої освіти
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія
Кондратюка»

ВИМІРЮВАННЯ ВІДСТАНИ НА БАЗІ ПРОТОКОЛУ LORA

Метод TDoA передбачає обмін повідомленнями між ведучим (master) та підлеглим (slave). Під час обміну майстер активує таймер, який фіксує час отримання відповіді від підлеглого. З цього часу відстань між об'єктами розраховується за такою формулою:

$$d = \frac{T_f - T_r}{2} * c$$

де d – відстань між об'єктами; T_f – час отримання відповіді; T_r – час, який витрачає підлеглий на обробку, формування та відправлення відповіді, оскільки сигнал долає подвійну відстань; c – швидкість світла.

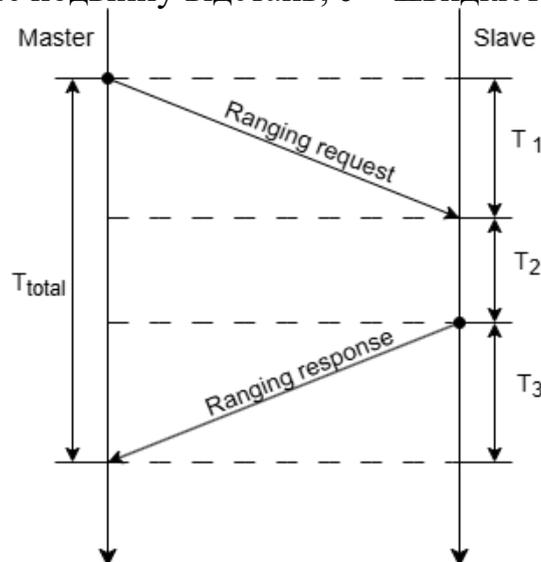


Рис. 1. Часова діаграма TDoA

Цей метод реалізовано на радіомодулях, таких як SX1280 від Semtech, де він працює на основі LoRa модуляції на частоті 2,4 ГГц. Модуль SX1280 виконує вимірювання відстані за допомогою свого вбудованого Ranging Engine [1].

Тут TDoA реалізовано як Round Trip Time of Flight (RTToF). Це проста форма TDoA, де сеанс вимірювання складається з одного циклу обміну радіопакетами для визначення дальності (ranging packet exchange). Кожен обмін є повною операцією вимірювання. Однак для точних вимірювань рекомендується провести кілька обмінів для отримання більш точного результату.

У RTToF чітко визначені ролі: ведучий (master) і підлеглий (slave) [2]. Перед фактичним вимірюванням ролі мають бути явно призначені між радіомодулями. Також вимірювання відстані є спрямованою операцією. Підлеглий отримує логічну адресу. Майстер виконує вимірювання з конкретним підлеглим у зоні його покриття, вбудовуючи адресу підлеглому пакет визначення дальності.

Ключовими параметрами вимірювання дальності є Ширина смуги (BW) і Коефіцієнт поширення (SF). Вища точність може бути досягнута шляхом збільшення кількості вимірювань або збільшення SF та BW. Менший час перебування в ефірі може бути досягнутий шляхом зменшення SF та збільшення BW. Більша дальність можлива шляхом зменшення BW та збільшення SF[3].

Точність вимірювання відстані, проведені на відстані від 10 м до 200 м, показали, що SX1280 може досягти точності, порівнянної з лазерними далекомірами, при усередненні 2000 вимірювань RTToF на каналах з перескоком частоти. Точність покращується зі збільшенням BW: вимірювання на 1600 кГц показали значно щільніше групування навколо справжнього значення порівняно з конфігураціями 400 кГц [3].

Критичним висновком є взаємозв'язок між кількістю вимірювань і точністю. Аналіз при SF 9 з BW 1600 кГц показав, що 80 обмінів вимірювання дальності з перескоком частоти достатньо для досягнення абсолютної точності приблизно 1 м на відстані 170 м. Додаткові обміни за межами цієї точки дають зменшувану віддачу [3].

Порівняльні дослідження між SX1280 та когерентними багатоканальними реалізаціями вимірювання дальності показують, що для стаціонарних сценаріїв прямої видимості SX1280 досягає середньої похибки дальності 75 м зі стандартним відхиленням 69 м на відстанях до 500 м [4].

Для відстаней, що перевищують 1 км, польові вимірювання у сільській місцевості демонструють середні похибки відстані 46,4 м зі стандартним відхиленням 83,6 м на тестовому маршруті 8,2 км. Середня похибка зростає з відстанню, досягаючи максимальної відносної похибки 9,6% на 950 м [4]. На екстремальних відстанях 2 км в умовах прямої видимості SX1280 підтримував точність дальності $\pm 2/-5$ м при використанні SF10 на 1600 кГц [5].

Результати польових вимірювань показують, що за допомогою цього комплексного підходу до корекції можна досягти точності визначення відстані приблизно 1 метр в контрольованих умовах прямої видимості. Крім

того, практичні зовнішні застосування демонструють середні похибки менше 10 метрів навіть на відстанях, що перевищують 1 км.

Список використаних джерел

1. Semtech. "SX1280 Datasheet." URL: https://semtech.my.salesforce.com/sfc/p/#E0000000JelG/a/3n00000019OZ/Kw7ZeYZuAZW3Q4A3R_IUjhYCQEJxkuLrUgl_GNNhuUo.
2. Semtech. An Introduction to Ranging with the SX1280 Transceiver, App. Note [AN1200.29]. URL: https://semtech.my.salesforce.com/sfc/p/#E0000000JelG/a/44000000MDiH/OF02Lve2RzM6pUw9gNgSjXbDNaQJ_NtQ555rLzY3UvY.
3. Semtech. How to Perform Ranging Tests with the SX1280 Development Kit, App. Note [AN1200.31]. URL: <https://semtech.my.salesforce.com/sfc/p/#E0000000JelG/a/44000000MDcY/ZsmAVCVenZkc0lUrr3RuxWSfdFxY2Tjmsk4N9DAhBo>
4. Outdoor Ranging and Positioning based on LoRa Modulation / P. Muller et al. 2021 International Conference on Localization and GNSS (ICL-GNSS), Tampere, Finland, 1–3 June 2021. 2021. URL: <https://doi.org/10.1109/icl-gnss51451.2021.9452277>
5. Robinson S. Semtech SX1280 2.4ghz LoRa Ranging Transceivers. GitHub. URL: https://github.com/StuartsProjects/SX1280_Testing

УДК330.4:216.2

Сердюк Вадим Олександрович

аспірант

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

МОДЕРНІЗАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СЕПАРУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

В будівництві чи на різних виробництвах є проблема у великій кількості матеріала, який потрібно сортувати або калібрувати. Ці технологічні показники дуже важливі, так як від них залежить якісні показники сировини або кінцевого продукту. Принцип роботи переважної більшості сепараторів, які використовуються, заснований на поєднанні різних способів сепарування, що в свою чергу передбачають урахування фізико-механічних властивостей, таких як розмір, маса, форма, текстура, фрикційні властивості.

Якісний аналіз руху сипучого матеріалу при обертанні під невеликим кутом до горизонту барабану, з частково наповненим матеріалом, дозволяє нам спостерігати за такими рухами як: