

МЕТОД ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ПЕРЕДАЧІ БЕЗПРОВІДНОГО СИГНАЛУ НА ЗБІЛЬШЕНУ ВІДСТАНЬ

Михайловський В.В., Педан С.І.

Навчально-науковий інститут телекомунікаційних систем

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

E-mail: vladyslav.mykhailovskyi@gmail.com, stas.pedan@gmail.com

METHOD FOR IMPROVING THE QUALITY OF WIRELESS SIGNAL TRANSMISSION OVER LONGER DISTANCE

A method to enhance the quality of wireless signal transmission through the stabilization of a transmitting device's position, based on the optical flow calculation of video frames with the underlying surface, is proposed. This method can be applied in various scenarios, such as establishing connections with unmanned aerial vehicles, controlling autonomous vehicles, and operating industrial IoT systems. By ensuring high-quality signal transmission over long distances, even in conditions of complex surface relief and the presence of radio interference, the proposed method proves to be highly effective.

Зі зростанням попиту на високошвидкісний бездротовий зв'язок збільшується кількість викликів, пов'язаних із передачею даних на значні відстані. Мобільні мережі, Wi-Fi-з'єднання, супутниковий інтернет та IoT-пристрої працюють у середовищах, де стабільність сигналу може значно змінюватися в залежності від фізичних перешкод, рівня електромагнітного шуму, погодних умов та інших чинників. Однією з основних проблем є згасання сигналу, викликане як природним зменшенням потужності через велику відстань, так і ефектами багатопроменевого поширення, коли сигнал відбивається від різних поверхонь і досягає приймача із затримкою.

Традиційні методи підвищення якості безпроводного зв'язку включають збільшення потужності передавача, зміну частотного діапазону, використання кодів корекції помилок, адаптивне налаштування параметрів передачі сигналу та використання фазованих антенних решіток для формування вузькоспрямованих пучків сигналу. Однак ці методи не завжди забезпечують стабільне з'єднання в умовах мобільності передавачів і приймачів. У випадку мобільних пристроїв, безпілотних літальних апаратів (БПЛА) або систем із плаваючими платформами зміщення антен може спричиняти значні коливання рівня сигналу, що ускладнює підтримання якісного зв'язку.

Одним із перспективних підходів до вирішення цієї проблеми є використання аналізу оптичного потоку відеосигналу для автоматичної стабілізації положення передавачів та приймачів. Оптичний потік є методом обчислення зміщення об'єктів у просторі на основі аналізу послідовності відеокадрів. Оптичний потік визначає схему видимого руху об'єктів, поверхонь і граней у зоровій сцені, спричинюваного відносним рухом спостерігача та сцени, а також розподіл видимих швидкостей руху візерунку яскравості в зображенні [1]. Цей метод широко застосовується у сферах робототехніки, автономного транспорту, систем керування БПЛА та комп'ютерного зору.

Використання оптичного потоку для стабілізації безпроводного зв'язку дозволяє коригувати положення антен у реальному часі, компенсуючи рух пристрою та покращуючи якість сигналу.

На рис. 1 представлена схема пристроїв, що приймають участь в передачі сигналу на збільшену відстань. Оригінальний сигнал Відправника приймається Ретранслятором, який підсилює його та передає Отримувачу. Для забезпечення якості сигналу, що ретранслюється, положення Ретранслятору повинно бути стабільним у просторі. Ретранслятор використовує відеокамеру, що знімає поверхню під ним. Послідовність відео кадрів використовується для розрахунку оптичного потоку. Ці результати використовуються для компенсації небажаних рухів Ретранслятору у просторі.

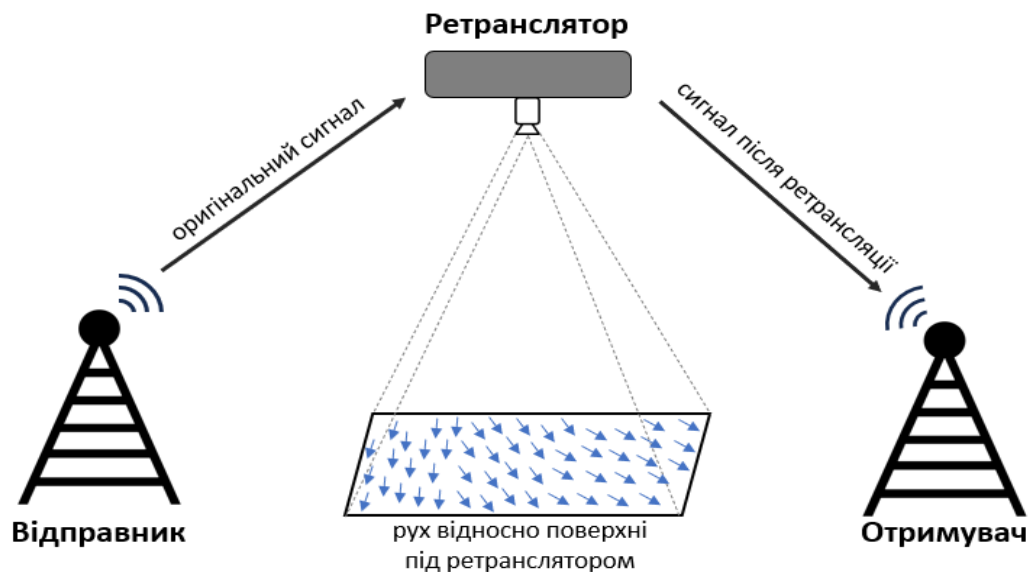


Рис. 1. Схема пристроїв, що забезпечують передачу сигналу на збільшену відстань.

Метод стабілізації просторового положення пристрою ретранслятора для підвищення якості передачі сигналу складається з наступних кроків (рис. 2):

1. Сигнал з відеокамери ретранслятора, що направлена на поверхню під ним, перетворюється на послідовність відео кадрів.

2. Використовуючи часову послідовність кадрів, пристрій розраховує вектори оптичного потоку по осям x , y , z . Для розрахунку оптичного потоку можуть бути використані класичні методи, такі як диференціальний метод Лукаса-Канада [2], так і методи, які базуються на моделях машинного навчання, таких як FlowNet [3] або архітектури Трансформер [4].

3. Розрахунок корекції положення ретранслятору відбувається на основі даних оптичного потоку, а також даних про поточне положення пристрою. Оцінка змін якості сигналу в результаті попередніх корекцій положення пристрою є сигналом зворотного зв'язку і може використовуватися для підвищення точності подальших розрахунків корекції положення.

4. Завершальним кроком є корекція положення пристрою ретрансляції у 3D просторі на основі розрахунків, проведених на кроці 3.



Рис. 2. Метод корекції положення у просторі пристрою, що ретранслює сигнал.

Практичне застосування запропонованого методу може бути корисним у різних сферах, зокрема у мобільних бездротових мережах (стабілізація антен базових станцій у випадках нестабільного положення), безпілотних літальних апаратах (коригування положення передавача на БПЛА для підтримки стабільного сигналу з наземною станцією), автономних транспортних засобах (забезпечення якісного зв'язку між транспортними одиницями у складних умовах міського середовища), промислових IoT-системах (покращення стабільності зв'язку між мобільними сенсорами у виробничих приміщеннях або на відкритих майданчиках).

Запропонований підхід є особливо ефективним у системах, де необхідно підтримувати стабільний рівень сигналу в умовах змінного середовища та обмежених ресурсів каналу зв'язку. Використання аналізу оптичного потоку у поєднанні з традиційними методами покращення стабільності сигналу дозволяє значно підвищити ефективність бездротових мереж та зменшити втрати даних.

Таким чином, аналіз оптичного потоку відеосигналу є перспективним напрямком для підвищення якості безпроводного зв'язку. Подальші дослідження у цьому напрямку можуть бути зосереджені на оптимізації алгоритмів обробки відеосигналу, інтеграції методу з нейронними мережами для автоматичної адаптації параметрів зв'язку та розширеному тестуванні у реальних умовах експлуатації.

Література

1. Horn, Berthold K.P.; Schunck, Brian G. (August 1981). Determining optical flow (PDF). *Artificial Intelligence* (англ.). 17 (1–3): 185—203. doi:10.1016/0004-3702(81)90024-2.
2. B. D. Lucas and T. Kanade (1981), An iterative image registration technique with an application to stereo vision. *Proceedings of Imaging Understanding Workshop*, pages 121—130.
3. Dosovitskiy, Alexey; Fischer, Philipp; Ilg, Eddy; Hausser, Philip; Hazirbas, Caner; Golkov, Vladimir; Smagt, Patrick van der; Cremers, Daniel; Brox, Thomas (2015). *FlowNet: Learning Optical Flow with Convolutional Networks*. 2015 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV). IEEE. pp. 2758–2766.
4. Alfarano, Andrea; Maiano, Luca; Papa, Lorenzo; Amerini, Irene (2024). "Estimating optical flow: A comprehensive review of the state of the art". *Computer Vision and Image Understanding*. 249: 104160. doi:10.1016/j.cviu.2024.104160.