**Колтиков Олександр Вікторович. Методи підвищення якості передачі інформації у відкритих оптичних системах зв'язку : Дис... канд. наук: 05.12.02 – 2009**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Колтиков О. В. **Методи підвищення якості передачі інформації у відкритих оптичних системах зв’язку.** – Рукопис.  Дисертаційна робота на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі – Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, 2009.  У роботі сформульоване та вирішене актуальне наукове завдання підвищення інформаційної надійності відкритих оптичних систем зв’язку шляхом використання методів вейвлет-перетворення для обробки сигналів на фоні завад, лазерної антенної решітки для поліпшення енергетики лінії, пошуку й супроводу кореспондента та просторово-часового доступу для забезпечення багатостанційного доступу. Значення результатів дисертаційної роботи для науки й практики полягає в тому, що вони визначають шляхи підвищення якості передачі інформації в ВОСЗ в специфічних для цих ліній умовах функціонування. Показано, що існуючі питання фільтрації сигналів і впливу сторонніх оптичних завад у відкритих оптичних системах зв'язку вивчені недостатньо. Запропоновано методи використання вейвлет-перетворень для обробки сигналів у відкритих оптичних системах зв'язку на фоні завад. Це дозволило зменшити ймовірність помилки з 10-6 до 10-8 імовірності помилки. Запропоновано побудову лазерних решіток з випромінюючими апертурами у вигляді світловодних джгутів з метою забезпечення поліпшення енергетики лінії за рахунок звуження сумарної діаграми спрямованості лазерної системи при достатньо низькому рівні бічних випромінювань при зменшених відстанях між елементами решітки. Запропоновано застосування просторово-часового доступу у відкритих оптичних системах зв'язку, що дозволяє забезпечувати багатостанційний доступ з багатьма кореспондентами. Проведено експериментальні дослідження підвищення якості у відкритих оптичних систем з блоком вейвлет-фільтрації, які підтверджують ефективність розроблених методів. | |
| |  | | --- | | У роботі сформульоване та вирішене актуальне наукове завдання підвищення інформаційної надійності відкритих оптичних систем зв’язку шляхом використання методів вейвлет-перетворення для обробки сигналів на фоні завад, лазерної антенної решітки для поліпшення енергетики лінії, пошуку й супроводу кореспондента та просторово-часового доступу для забезпечення багатостанційного доступу. Значення результатів дисертаційної роботи для науки й практики полягає в тому, що вони визначають шляхи підвищення якості передачі інформації в ВОСЗ в специфічних для цих ліній умовах функціонування.  Висновки та рекомендації з наукового й практичного використання отриманих результатів такі:  1. Для ВОСЗ, які набувають все більшої популярності, в роботі запропоновано ряд заходів, що підвищують надійність та завадозахищеність цих ліній і систем зв’язку. Для специфічних умов прийому запропоновано застосовувати цифрову обробку сигналів за допомогою вейвлет-фільтрації. Для обробки цифрових сигналів в якості базиса вейвлет-перетворення варто рекомендувати базис Хаара, що забезпечує ефективне зниження дії шумів, підвищення якості прийому сигналів і зменшення ймовірністі помилки на 2…3 порядки порівняно з традиційно використовуваним методом Фур’є-фільтрації.  2. Показано, що ефективність обробки корисних сигналів на тлі шумових завад залежить від порядку вейвлет-декомпозиції. Найбільш інформативними є перші 5...6 порядків вейвлет-розкладання. Подальшій розклад додає до ефективності обробки все менше. Основна специфіка обробки полягає у виборі алгоритму визначення порога та типу порогової обробки. Найкращий показник по співвідношенню сигнал/шум досягається при використанні евристичного алгоритму Штейна по визначенню порога з м'якою пороговою обробкою, який порівняно з фіксованими алгоритмами та жорсткою пороговою обробкою виграє від 2 до 6 дБ.  3. Аналіз показує, що за допомогою вейвлет-фільтрації вдається значно поліпшити сигнально-завадову обстановку не тільки при наявності шумових завад, але і при пофарбованих, зосереджених завадах. При чому цього поліпшення можливо досягти як у випадку, коли завада менше рівня сигналу, так і при перевищенні рівня завади над сигналом. Вибір алгоритму обробки залежить від структури завади і співвідношення сигнал/завада. Для ВОСЗ основні джерела зовнішнього впливу – це лампи накалювання, що створюють завади у формі синусоїди, лампи денного світла с завадами пилкоподібного типу та інші подібні ВОСЗ з завадами у вигляді послідовностей прямокутних імпульсів.  4. У випадку перевищення завади над рівнем сигналу для завад у вигляді синусоїди, пилки або меандра доцільно застосувати вейвлет-фільтр із алгоритмом minimaxi і sqtwolog з м'яким типом порогової обробки, з використанням третього рівня розкладання сигналу.  5. У випадку, коли завада має рівень нижче корисного сигналу:  а) для завади у вигляді синусоїди від ламп накалювання запропоновано використовувати жорсткий тип порогової обробки для всіх алгоритмів вибору порога. При цьому ефективність вейвлет-фільтрації зростає з ростом частоти завади. На першому рівні вейвлет-розкладання всі відомі алгоритми мають однакову ефективність. З ростом порядку вейвлет-розкладання ефективність алгоритмів Штейна (heursure, rigrsure) над іншими монотонно збільшується. Максимум ефективності цього алгоритму проявляється при 6-7 рівні декомпозиції. Використання алгоритмів з фіксованим порогом (sqtwolog, minimaxi) і подальша декомпозиція може приводити навіть до погіршення вейвлет-фільтрації;  б) для завади у вигляді пилкоподібного сигналу від ламп денного світла необхідно застосовувати або алгоритм sqtwolog із жорстким типом порогової обробки або minimaxi з м'яким типом порогової обробки. Ефективність інших алгоритмів підвищується по відношенню сигнал/завада тільки в області високих частот завади. З ростом порядку вейвлет-розкладання вище третього ефективність вейвлет-фільтрації змінюється мало. Загальним для всіх алгоритмів вибору порога, є зростання ефективності вейвлет-фільтрації на тлі пилкоподібних завад з ростом частоти завади;  в) для завади зі структурою у вигляді меандру, що може діяти від інших ВОСЗ, рекомендовано використовувати фіксований алгоритм вибору порога, що забезпечує істотне підвищення відношення сигнал/завада, у порівнянні з іншими методами вибору порога. Кращий результат виявляється на третьому рівні вейвлет-розкладання. Подальша декомпозиція може приводити до деякого зниження ефективності вейвлет-фільтрації.  6. Запропоновано метод аналізу вейвлет-спектрограм, що надає можливість визначення якісного складу суми сигналу, завади та шуму. Наявність суцільних темних областей на вейвлет-спектрограмах сигналу вказує на відсутність шуму та завад. Шумові складові мають вигляд періодично повторюваних світлих плям зосереджених в темних областях вейвлет-спектрограм сигналу. Чим більше яскравість плями, тим більше рівень шуму. Аналогічний вигляд мають і завади, що описуються періодичними функціями.  7. Для підвищення завадостійкості ВОСЗ запропоновано застосування випромінюючих апертур у вигляді торців світловодних джгутів, що підключаються до лазерних джерел. Таке рішення дає можливість звузити сумарну діаграму спрямованості лазерної системи при достатньо низькому, прийнятному для практичного використання, рівні бокового випромінювання за рахунок зменшення відстані між елементами решітки з лазерних випромінювачів, що, як правило, мають значні порівняно з довжиною оптичної хвилі поперечні розміри.  8. Запропоновано систему стабілізації лазерного променя, що використовує пілотні сигнали зі зворотного оптичного каналу для адаптації луча до зміни положення лазерного випромінювача під дією вітру. Запропоновано для управління лазерним променем розбити оптичний сигнал, промодульований корисним сигналом, на N складових за допомогою оптичного дільника потужності, виходи якого з’єднані світловодами з електронно-керованими оптичними фазообертачами, які у свою чергу живлять випромінюючу апертуру оптичної антенної решітки у вигляді світловодного джгута. Пілотні сигнали зі зворотного каналу від приймача обробляються в пристрої управління, який формує управляючі сигнали на фазообертачі для зміни просторової орієнтації фазового фронту в апертурі оптичної антенної решітки і відповідного повороту лазерного променя, що забезпечує максимум випромінювання в напрямку приймача.  9. Розроблено метод і схему організації доступу користувачів у відкритій оптичній системі зв'язку. Пропонується організація зв'язку із просторово-часовим доступом, що реалізується у три етапи. На першому етапі обробляється заявка на зв'язок з абонентською станцією. На другому етапі визначається напрямок приходу сигналу абонента, а на третьому етапі формується оптичний промінь відповідно до заявки користувача для надання зв'язку абонентові.  10. Наведені експериментальні дослідження ймовірності помилки в ВОСЗ з використанням вейвлет-перетворень; вони мають досить гарний збіг з теоретичними даними. Розбіжність між експериментальними й теоретичними результатами в досліджуваному діапазоні довжин ліній зв'язку склало не більше 5%.  11. Застосування вейвлет-перетворення у відкритих оптичних системах зв'язку, у порівнянні із традиційно використовуваними Фур'є методами, дозволяє або збільшити довжину лінії зв'язку в 1,5-2 рази або підвищити завадозахист лінії зі значень Рпох=10-5 до Рпох=10-7…10-8, що є важливим показником ефективності вейвлет-обробки.  12. Подальший розвиток результатів досліджень пов'язаний з розробкою нових базисів й класу вейвлет-функцій для обробки сигналів в ВОСЗ, а також пошук інших засобів для підвищення якості передачі інформації в таких системах | |