**Коляденко Юлія Юріївна. Просторово-часові методи забезпечення електромагнітної сумісності в угрупуваннях радіоелектронних засобів систем рухомого зв'язку : Дис... д-ра наук: 05.12.02 – 2007**

|  |  |
| --- | --- |
|

|  |
| --- |
| **Коляденко Ю.Ю. Просторово-часові методи забезпечення електромагнітної сумісності угрупувань радіоелектронних засобів систем рухомого зв'язку**. – Рукопис. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі. Харківський національний університет радіоелектроніки. Харків 2007.Дисертаційна робота присвячена вирішенню проблеми розвитку теорії завадозахисності СРЗ з використанням просторово-часової обробки сигналів (ПЧОС) при дії динамічних множинних електромагнітних взаємодій і розробці методик і методів забезпечення ЕМС угрупувань РЕЗ СРЗ.Сформульовані теоретичні і практичні положення, на базі яких розроблені методи, що дають можливість в складній ЕМО надавати послуги зв'язку на рівні вимог часу, при успішному рішенні все більш гострої проблеми ЕМС і дефіциту частот, що виділяються. Показано, що вирішення проблеми ЕМС СРЗ лежить в розробці нових рішень щодо доступу, а саме просторово-часового доступу . |

 |
|

|  |
| --- |
| В процесі вирішення поставленої наукової проблеми розвинена теорія завадозахищеності систем рухомого зв'язку з використанням просторово-часової обробки сигналів при впливі динамічних множинних електромагнітних взаємодій, розроблено методики і методи забезпечення електромагнітної сумісності угрупувань радіоелектронних засобів СРЗ. При цьому отримані наступні результати:1. Показано, що значне зростання числа абонентів стільникового, транкінгового, пейджингового зв'язку, освоєння технологій Wi-Fi, Wi-Max, подальший розвиток радіорелейного, супутникового зв'язку привели до загострення проблеми ЕМС в цих системах. Успішна реалізація концепції FMS – фиксовано-мобильного зв'язку можлива лише при забезпеченні умов ЕМС у виділеному діапазоні частот. Аналіз сучасного стану систем рухомого зв'язку і проблеми ЕМС, в конвергованих мережах наступного покоління (NGN) показав, що вирішення проблеми ЕМС СРЗ лежить в розробці нових рішень щодо доступу, а саме ПЧД, який забезпечить значне заощадження смуги частот, що виділяється для СРЗ. Сформульовано теоретичні і практичні положення, на базі яких розроблені методи, що дають можливість в складній ЕМО надавати послуги зв'язку на рівні вимог часу, при успішному рішенні все більш гострої проблеми ЕМС і дефіциту виділених частот. Важливою перевагою розробленого просторово-часового методу доступу є те, що він добре узгоджується з іншими методами: частотними, часовими, кодовими.
2. Показано, що СРЗ мають свої визначні характеристики, що вимагають нового підходу до проведення аналізу і організації управління параметрами, що впливають на ЕМС: СРЗ є динамічними об'єктами, як по структурі, так і по режимах, по особливостях функціонування; ЕМО в СРЗ може різко змінюватися і загострюватися, особливо в ЧНН, в місцях масового зосередження абонентів; СРЗ мають значну нерівномірність щільності розміщення устаткування на одиницю площі, особливо в містах, де ЕМО і без цього найменше сприятлива з-за великого числа різних небажаних випромінювань; має місце різке зростання числа випромінювань СРЗ. Так в межах основного каналу прийому в зосередженому угрупуванні абонентів може діяти від 10 до 100 різних завад лінійної і нелінійної природи.

3. Показано, що для вирішення проблем завадостійкості СРЗ необхідне створення методики забезпечення ЕМС угрупування РЕЗ, що дозволяє враховувати множинність і випадковий характер взаємодій. Така методика повинна базуватися на можливості проведення в реальному масштабі часу аналізу ЕМО, як для кожного конкретного РЕЗ для вирішення завдань ЕМС індивідуальними засобами і ресурсами при децентралізованому управлінні, так і в угрупуванні в цілому для можливості централізованого рішення задач ЕМС відповідно до ЕМО, що створилася, в локальних угрупуваннях і в регіоні в цілому. Враховуючи конфліктний і неантагоністичний характер проблеми ЕМС, природно спробувати вирішити цю проблему в рамках теорії ігор. При цьому найбільш прийнятні кооперативні стратегії слід знаходити в рамках централізованих рішень, стратегія ж байдужості (гра з природою), є менш ефективними, хоча приводять до простіших в реалізації децентралізованих рішень. В рамках рішення централізованих задач запропоновані оптимізаційні методи забезпечення ЕМС в угрупуваннях динамічних структур РЕЗ СРЗ, що реалізують стратегію централізованого управління станом системи в цілому. Отримані результати аналізу ефективності даних методів і представлені рекомендації щодо їх практичного застосування в умовах динаміки множинних взаємодій.4. Розроблено узагальнену математичну модель електромагнітних взаємодій угрупувань РЕЗ СРЗ, яка враховує множинність взаємодій, динаміку цих взаємодій, випадковий характер розміщення випромінюючих елементів мереж, нелінійність взаємодій. В якості моделі розміщення РЕЗ СРЗ запропоновано використовувати нормальний, рівномірний закони розподілу, або комбінації розподілів.5. Розроблено методику аналізу ЕМС стосовно угрупувань РЕЗ СРЗ, що дозволяє враховувати групові взаємодії і випадкові розташування РЕЗ в просторі. Показано, що центральним питанням при розробці методики аналізу ЕМС для СРЗ є вибір критерію, якому повинні відповідати рішення по створенню задовільної СЗО для забезпечення ЕМС. Показано, що в умовах наявності групових впливів різних передавальних засобів, що заважають прийому сигналів в СРЗ і невизначеності аналітичної залежності рівня спектральної густини потужності цих впливів, що заважають, допустимо використовувати критерій у вигляді показника допустимого значення ВСЗШ. Критерій ВСЗШ менш критичний в порівнянні з розглянутими в роботі (захисне відношення, поріг деградації, згортка спектрів і т.д.). Проте, прирівнюючи потужність сигналу, що заважає, до потужності білого гаусового шуму в смузі прийому при груповій заваді від багатьох джерел помилка буде мінімальною.6. Згідно з розробленою методикою аналізу ЕМС угрупування РЕЗ СРЗ, на підставі обраних і розроблених моделей взаємодії випромінюючих елементів проведено комплексний аналіз електромагнітної обстановки в угрупуваннях систем рухомого зв'язку в умовах випадкового характеру розміщення випромінюючих елементів, їх множинності взаємодії і динаміки функціонування, що дозволило сформулювати висновки і представити рекомендації по урахуванню завад при дослідженні продуктів інтермодуляції, використанню діапазонів частот, вибору місць розміщення базових станцій, їх радіусів обслуговування. Проаналізовано умови ЕМС в угрупуваннях САРД з урахуванням типових структур і множинних взаємодій абонентських терміналів і точок доступу, що дозволяють дати рекомендації по вибору місць розміщення устаткування в приміщеннях, де планується використання САРД. Отримані результати аналізу нерівноважних станів в угрупуваннях СРЗ, що дозволяють довести можливість наявності рівноважних станів і визначити межі стійкості функціонування динамічних взаємодіючих угрупувань мереж СРЗ при тих або інших значеннях інтенсивностей взаємодії в даних угрупуваннях.7. Для розширення простору використання фізичних параметрів запропоновано використання просторово-часових методів обробки сигналів з використанням ААР, АКЗ, ПЧД, алгоритмів оцінки просторового спектру, технології MIМO. Використання MIМO-технології в системах рухомого зв'язку на етапі 4G припускає наявність БПА, що забезпечують ПЧД. Проаналізовано варіанти виконання БПА. Показано, що вона повинна складатися з антенних решіток достатньо великої розмірності: 10 і більше елементів, що дозволяє достатньо ефективно економити частотний ресурс при швидкостях 100 Мбіт/с. Так показано, що при вісімдесяти РЕЗ в угрупуванні і при кількості антенних елементів 10 необхідними виявилися 5 смуг частот, при 50 – 2 смуги частот, а при 100 достатньою виявилося 1 смуга частот. Стосовно рішення задач MIМO-технології розроблені ефективні методи підвищення завадозахищеності за допомогою адаптивної обробки сигналів, що приймаються, і рекурсивної процедури оцінки просторового спектру. Розроблено багатоканальний АКЗ, що забезпечує подавлення завад, що потрапляють в смугу прийому базових станцій. Він є більш загальним в порівнянні з відомими рішення і є багатоканальним як по входу, так і по виходу і дозволяє забезпечувати подавлення завад на 20...30 дБ і більше. Він також рекомендується для використання в багатоканальних лініях сигналізації телекомунікаційних систем, де діють завади по цих каналах. Синтезована рекурсивна процедура оцінки просторового спектру. На відміну від відомих рішень ESPRIT, MUSIC та ін., заснованих на додатковій оцінці коваріаційної матриці, запропоноване рішення будується на рекурсивній оцінці вектора вагових коефіцієнтів, що безпосередньо формують спектр просторових частот. Таким чином, запропонований алгоритм не схильний до того ступеня критичності до об'єму вибірки, як це властиво відомим рішенням. Крім того, при використанні даного алгоритму не спостерігається значних помилкових викидів. Проведено аналіз ефективності даної процедури при нестаціонарній СЗО. Показано, що дана процедура дозволить в реальному масштабі часу проводити оцінку просторового спектру СРЗ. Як і слід було чекати, точність оцінки просторових частот зростає із збільшенням апертури і зростанням відношення рівнів оцінюваних сигналів на фоні шумів. Проаналізована можливість використання ААР. Проведено зпівставлення різних алгоритмів, синтезованих за критеріями МСКВ, МВСЗ, МВП. Як показали дослідження, при нестаціонарній СЗО алгоритми, синтезовані за критеріями МСКВ, МВСЗ, МВП мають приблизно однакову швидкість збіжності і ефективність подавлення завад. Синтезований алгоритм для нестаціонарної СЗО, що визначає стан ВВК в динаміці.1. Розроблено методику моніторингу і контролю параметрів мережних елементів і сигналів зв'язку в системах рухомого зв'язку та виділено основні параметри вимірювань. Показано, що інформація про стан мережних елементів і сигналів, що визначає СЗО передається по каналах сигналізації і є вибіркою з випадкового процесу. Обробка даних може здійснюватися методами вибіркової статистики. Проте така оцінка не дозволяє оперативно реагувати на поточні зміни. В роботі запропоновано застосування рекурсивних процедур обробки. Отримувані при цьому оцінки рекомендується використовувати безпосередньо для задач управління параметрами мережних елементів і сигналів. Відповідно до теореми про розділення слід зазначити, що вибіркові значення, що отримуються за допомогою хеллоу-пакетів можуть виявитися слабо корельованими між собою, що призведе до значних помилок прогнозу. В роботі запропоновано для підвищення точності прогнозу використовувати апроксимацію кубічними і ермітовими сплайнами. Показано, що навіть при стандартній процедурі Калмана-Бьюсі сплайн апроксимація дозволяє знизити дисперсію оцінки на 10-15% при кроці дискретизації в 10 разів менше інтервалу кореляції і на 40-50% при кроці дискретизації в 2 рази менше інтервалу кореляції.

9. Розроблено структурну схему програмно-апаратного комплексу забезпечення електромагнітної сумісності систем рухомого зв'язку 4-го покоління. Згідно даній схемі в реальному масштабі часу ТРВК проводять вимірювання і оцінку просторового спектру і інших параметрів, необхідних для проведення аналізу ЕМС. Потім здійснюється просторово-часовий доступ мобільних абонентів до базової станції. Після виділення просторового вікна проводиться вимірювання параметрів якості. Вимірювання параметрів якості здійснюється із залученням технології АРМ. При порушенні ЕМС угрупування РЕЗ СРЗ проводиться оптимізація розподілу частотного ресурсу і управління потужностями мобільних станцій.10. Розробленио алгоритм і схему організації просторово-часового доступу. Показано, що організація зв'язку з ПЧД може бути здійснена в три етапи. Першим етапом ПЧД є організація заявки на зв'язок абонентською станцією. Другим етапом ПЧД є визначення напрямку приходу сигналу абонента. Третім етапом ПЧД є надання зв'язку абонентові по вузькому променю, що формується відповідно до заявки багатопроменевої антени. Показано, що для організації ПЧД в якості алгоритмів формування пучка вузьких променів можуть бути використані програмні методи і алгоритми ААР, які синтезовані для нестаціонарної СЗО. Для оцінки ефективності застосування ПЧД проведено машинний експеримент для систем зв'язку 4G. Показано, що організація ПЧД дає можливість значно скоротити необхідний частотний ресурс, підвищити пропускну спроможність, а також зменшити потужності передавачів мобільних станцій.11. Подальшою перспективою розвитку задач поліпшення ЕМО і вирішення проблеми ЕМС в СРЗ є детальніша розробка централізованих методів управління всіма ресурсами без закріплення їх до тих або інших об'єктів в реальному масштабі часу, що забезпечить значну ефективність використання цих ресурсів. Вирішення цієї проблеми потребує принципової зміни технології, методів функціонування і надання послуг СРЗ. При цьому дуже важливо оцінити ступінь задіювання ресурсу для створення всієї інфраструктури і управління. |

 |