

Дослідження адаптивних методів підвищення ефективності систем широкосмугового радіодоступу

Исследование адаптивных методов повышения эффективности систем широкополосного радиодоступа

Research of adaptive methods of increase of efficiency of broadband radioaccess systems

1. Номер державної реєстрації теми - 0112U000946, НТУУ «КПІ» - 2505-Ф.

2. Науковий керівник - д.т.н., академік НАН України Ільченко М.Ю., Ільченко М.Е., М.Е. Pchenko.

3. Суть розробки, основні результати.

(укр.)

Розроблено новий метод каналної адаптації, який базується на багатокритеріальних оцінках стану каналу з використанням математичного апарату нечітких множин. Розроблено відповідні алгоритми каналної адаптації з використанням оригінального модернізованого алгоритму нечіткого висновку на основі енергетичних оцінок стану каналу та багатокритеріальних оцінок (енергетичні, імовірнісні, статистичні). Визначено правила побудови функцій належності профілів передачі, які будуються прямими методами на основі отриманих в процесі імітаційного моделювання, або лабораторних вимірювань характеристик завадостійкості для стаціонарного каналу. Визначено правила побудови функцій належності оцінок стану каналу і функцій належності оцінок передбачення з використанням оцінок щільності розподілу імовірності.

В результаті досліджень визначено оптимальні методи оцінок стану каналу (енергетичних, імовірнісних та статистичних), оптимальні види модуляції та завадостійкого кодування для ефективної каналної адаптації в системах широкосмугового радіодоступу. Розроблено новий метод отримання імовірнісних оцінок стану каналу за прийнятим рішенням в системах з завадостійким кодуванням з прямою корекцією помилок.

Розроблено принципи реалізації окремих блоків (модулятори, демодулятори, кодери та декодери з прямою корекцією помилок) в системах з адаптивною модуляцією та кодуванням. Розроблено рекомендації щодо застосування адаптивних методів для підвищення ефективності систем широкосмугового радіодоступу з OFDM модуляцією та модуляцією з однією несучою.

Результати досліджень ефективності застосування розроблених алгоритмів з використанням імітаційного моделювання для стаціонарних та нестаціонарних каналів показали, що застосування розроблених методів та алгоритмів каналної адаптації дозволить істотно підвищити спектральну ефективність та завадостійкість систем зв'язку, зокрема систем широкосмугового радіодоступу при їх роботі в умовах нестаціонарних завад, що викликані повільними та швидкими завмираннями і багатопроблемністю розповсюдження радіохвиль.

(рос.)

Разработан новый метод канальной адаптации, базирующийся на многокритериальных оценках состояния канала с использованием математического аппарата нечетких множеств. Разработаны соответствующие алгоритмы канальной адаптации с использованием оригинального модернизированного алгоритма нечеткого вывода на основе энергетических оценок состояния канала и многокритериальных оценок (энергетические, вероятностные, статистические). Определены правила построения функций принадлежности профилей передачи, которые строятся прямыми методами на основе полученных в процессе имитационного моделирования, или лабораторных измерений, характеристик помехоустойчивости для стационарного канала. Определены правила построения функций

принадлежности оценок состояния канала, функций принадлежности оценок предсказания с использованием оценок плотности распределения вероятностей.

В результате исследований определены оптимальные методы оценок состояния канала (энергетических, вероятностных, статистических), оптимальные виды модуляции и помехоустойчивого кодирования для эффективной канальной адаптации в системах широкополосного радиодоступа. Разработан новый метод получения вероятностных оценок состояния канала по принятому решению для систем с помехоустойчивым кодированием с прямой коррекцией ошибок.

Разработаны принципы реализации отдельных блоков (модуляторы, демодуляторы, кодеры и декодеры с прямой коррекцией ошибок) в системах с адаптивной модуляцией и кодированием. Разработаны рекомендации по применению адаптивных методов для повышения эффективности систем широкополосного радиодоступа с OFDM модуляцией и модуляцией с одной несущей.

Результаты исследования эффективности применения разработанных алгоритмов с использованием имитационного моделирования для стационарных и нестационарных каналов показали, что применение разработанных методов и алгоритмов канальной адаптации позволит существенно повысить спектральную эффективность и помехоустойчивость систем связи. В частности систем широкополосного радиодоступа при работе в условиях нестационарных помех, вызванных медленными и быстрыми замираниями и многолучевостью распространения радиоволн.

(англ.)

The new link adaptation method was created based on multicriteria channel state estimates with fuzzy logic mathematical apparatus. Matching link adaptation algorithms were created with usage of unusual improved fuzzy inference algorithm based on both link state energy estimations and multicriteria estimations (energetical, probabilistical, and statistical). The rules of membership function construction were determined. They are constructed by direct methods based on simulation results or laboratory measurements of stationary channel immunity. Creation rules of link state estimates membership function and assessment prediction membership function were determined with usage of estimates of the probability density function.

As a result of the research optimal methods of link state estimates (energetical, probabilistical, and statistical), optimal types of modulation, and noiseless coding for efficient link adaptation in wide broadband access systems were determined. A new method for probability estimates of link state was created based on accepted decisions in noiseless systems with FEC.

Separate block implementation principles (modulators, demodulators, FEC encoders, and decoders) were developed. Recommendations for adaptive methods usage to increase efficiency of wide broadband wireless access in both OFDM and single carrier modulation systems were developed.

Efficiency testing of developed algorithms obtained by simulation for both steady and unsteady links showed that application of those algorithms and link adaptation techniques would lead to significant spectral efficiency and communicational system immunity increase. This, in particular, will affect widebroadband access systems while working with non-stationary noise, caused by both flat fading and frequency-selective fading.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.

- Ільченко М.Ю., Ліпатов А.О., Мазниченко Ю.А. та ін. Завадозахищена супутникова система зв'язку. Патент України на корисну модель №73395, дата публікації 25.09.2012р., Бюл.18, з пріоритетом від 22.02.2012.
- Захаров О.В., Ільченко М.Ю., Карнаух В.Я., Пінчук Л.С. Багаторезонаторний перестроюваний смуговий фільтр. Патент на корисну модель №70072 від 25.05.2012р.

- Патент на корисну модель № 78441, (Україна). Фазовий радіопеленгатор / Ільченко М.Ю., Авдєєнко Г. Л., Василенко-Шереметьєв Г.М., Матяш О.Ю., Якорнов Є.А. – опубл. 25 березня 2013р. Бюл.№6.
- Згуровський М.З., Ільченко М. Ю., Дідковський Р. М., Кравчук С. О., Наритник Т. М. Телекомунікаційна система багатоканальної передачі цифрової інформації шумовими сигналами. Патент України на корисну модель № 88917 дата публікації 10.04.2014

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Науково технічний рівень виконаної роботи відповідає світовому рівню, а ряд розроблених методів, математичних моделей та алгоритмів, які дозволяють підвищити пропускну спроможність та спектральну ефективність систем ширококутового доступу, не мають аналогів у світі і тому перевищують світовий рівень. Застосування розроблених у роботі методів каналної адаптації з використанням багатокритеріальних оцінок стану каналу дозволить істотно підвищити пропускну спроможність систем ширококутового радіодоступу в умовах нестаціонарних каналів. Результати імітаційного моделювання показали високу ефективність запропонованих методів та розроблених алгоритмів у порівнянні з існуючими методами при роботі в каналах з частотно-селективними завмираннями.

6. Економічна привабливість для просування на ринок

Робота носила фундаментальний характер тому для впровадження отриманих положень необхідне проведення прикладної НДР. Результати роботи будуть використовуватись при розробці нових систем ширококутового радіодоступу, радіорелейних та тропосферних систем зв'язку. Окремі положення, зокрема розроблені алгоритми каналної адаптації з використанням багатокритеріальних оцінок стану каналу, методи отримання оцінок стану каналу, можуть бути застосовані в процесі розробки обладнання малогабаритних тропосферних станцій з підвищеною заводостійкістю, оскільки робота ефективна в умовах сильних частотно-селективних завмирань для таких станцій є надзвичайно актуальною задачею. При цьому використання розроблених алгоритмів дозволить досягти швидкості передачі в тропосферному каналі зв'язку до 100 Мбіт/с, що більш ніж в двічі перевищує цей показник для кращих закордонних аналогів та більш ніж в 10 разів - для кращих вітчизняних аналогів.

Орієнтовний обсяг реалізації обладнання тропосферних станцій за оцінками виробників обладнання, в якому будуть використані результати роботи, тільки для потреб України складатиме не менш 300 млн. грн.

7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, підприємства, організації).

Міністерство освіти і науки, міністерство оборони України.

Підприємства, науково-дослідні та проектно-конструкторські організації при створенні нових систем ширококутового радіодоступу, комплексів та засобів зв'язку, зокрема ВАТ «Меридіан», ПАТ «НВП «Сатурн», ПАТ «Елміс», закордонні виробники телекомунікаційного обладнання та обладнання зв'язку.

8. Стан готовності розробки (лабораторний або промисловий зразок, технічна документація, бізнес-план, готова до впровадження).

Робота носила фундаментальний характер, рішення та ідеї запропоновані в роботі пройшли апробацію на імітаційній моделі каналу, яка відтворює реальний наземний безпроводовий канал зв'язку із завмираннями реальної системи на базі стандарту IEEE 802.16-2009.

9. Існуючі результати впровадження.

На даний час робота не впроваджена

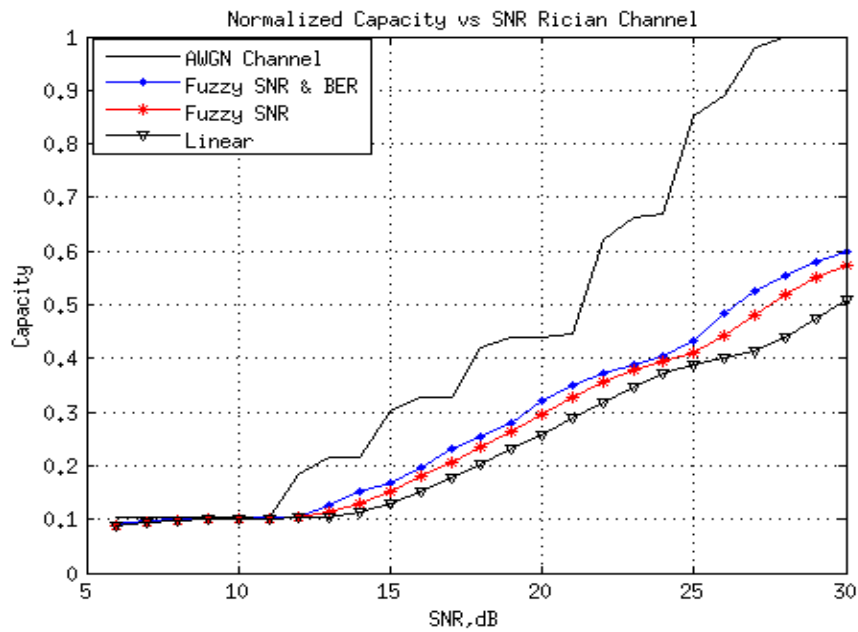
10. Назва підрозділу, телефон, e-mail.

НТУУ «КПІ», Науково-дослідний інститут телекомунікацій, 044-236-62-13, 044-454-98-04, ilch@kpi.ua, kkk610@ukr.net

11. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання

1. Технологічні, організаційні та регуляторні засади побудови телекомунікаційних мереж сучасних та наступних поколінь: монографія /В.А. Каптур, Є.В. Васіліу, В.М. Гранатуров, К.Д. Гуляєв, І.В. Дейнека, Ю.В. Івлєв, М.М. Кайденко, А.Г. Ложковський, В.І. Тіхонов. - К.:Кафедра. 2014. - 288 с. ISBN 978-996-2705-86-7
2. Ільченко М.Ю., Кравчук С.О. Конвергенція фіксованих і мобільних інформаційно-телекомунікаційних платформ та мереж // Наукові вісті НТУУ "КПІ". – 2013. - № 5. – С. 7-13.
3. Multilevel Intellectual Approach to HTTP-Requests Legitimacy Validation / V.M. Kononenko, Kravchuk S.O., Ivlev Y.V., Kononenko L.A. // Telecommunication Sciences. – 2013. – Vol. 4, N 1. – P. 27-32.
4. Кайденко Н.Н. “Адаптивная модуляция и кодирование в системах широкополосного беспроводного доступа” //23-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо’2013). Севастополь, 8—13 сентября 2013 г. : материалы конф. в 2 т. Том 1. — Севастополь : Вебер, 2013 с. 275-276 — ISBN 978-966-335-399-9
5. Войтенко А.Г., Кайденко Н.Н., Кравчук С.А., Нарытник Т.Н. “Проектирование модема современных тропосферных радиорелейных станций” //23-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо’2013). Севастополь, 8—13 сентября 2013 г. : материалы конф. в 2 т. Том 1. — Севастополь : Вебер, 2013 с. 326-327 — ISBN 978-966-335-399-9
6. Кайденко Н.Н. “Особенности выбора параметров модуляции и помехоустойчивого кодирования для оптимальной адаптивной модуляции с системах беспроводного широкополосного доступа с OFDM” // Научно-технічна конференція «Проблеми телекомунікацій»: Збірник тез. К.: НТУУ «КПІ», 2014р. – С. 141-143.
7. Минович Д. А., Кравчук С. А. Анализ использования технологии MIMO в системах спутниковой связи // Матер. 22-й Международной Крымской конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо’2012). Севастополь, 10–14 сентября 2012 г. – Севастополь: Вебер, 2012. – С. 296–297.
8. Івлєв Ю.В., Кравчук С.А., Кононенко В.М. Особенности реализации алгоритма распознавания интеллектуальных агентов по результатам выполнения кода на языке Javascript // Матер. 23-й Международной Крымской конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо’2013). Севастополь, 8–13 сентября 2013 г. – Севастополь: Вебер, 2013. – С. 438–439

12. Результати імітаційного моделювання ефективної пропускної здатності для частотно-селективних каналів (слайд).



Нормалізована ефективна пропускна здатність каналу з використанням різних алгоритмів адаптації.

AWGN Channel – канал з адитивним гаусівським шумом (ідеальні умови роботи)

Fuzzy SNR & BER, Fuzzy SNR – результати роботи розроблених алгоритмів каналної адаптації для частотно-селективного каналу

Linear - – результати роботи традиційного лінійного алгоритмів каналної адаптації для частотно-селективного каналу