

Keywords: discrete wavelet transformation, fuzzy logic, induction motor, vector control, reliability

DOI: 10.18469/ikt.2016.14.3.10

Chervyakov Nikolay Ivanovich, North-Caucasus Federal University, 1 Pushkina str., Stavropol, 355029, Russian Federation; the Head of Department of Applied Mathematics and Mathematical Modeling, Doctor of Technical Science, Professor. Tel.: +78652354861. E-mail: k-fmf-primath@stavsu.ru.

Koldaev Alexander Igorevich, Nevinnomyssk Institute of Technology, North-Caucasus Federal University, 1 Gagarin Street, Nevinnomyssk, 357100, Russian Federation; Assistant Professor of the Department of Information Systems, Electric Drive and Automatics. Tel. +79288161527. E-mail: ventilator83@yandex.ru.

References

1. Vinogradov A.B. *Vektornoe upravlenie e'lektroprivodami peremennogo toka* [Vector control of AC electric drive]. Ivanovo, IGE'U im. V.I. Lenina Publ., 2008. 298 p.
2. Wai R.J., Chang J.M. Wavelet neural network control for induction motor drive using sliding mode design technique. *IEEE Trans. Ind. Electron.*, 2003, vol. 50, no. 4, pp. 733-748. doi: 10.1109/TIE.2003.814867
3. Koldaev A.I. Nechetkaya logika v zadache vektornogo upravleniya asinxronny'm e'lektroprivodom [Fuzzy logic in the problem of vector control of asynchronous electric drive]. *Matematicheskie metody'v tekhnike i tekhnologiyax (MMTT-23). Sb. trudov XXIII MNK*, Saratov, SGTU, 2010. – S. 30-33.
4. Wai R.J., Chang J.M. Intelligent control of induction servo motor drive via wavelet neural network. *Electr. Power Syst. Research*. 2002, vol. 61, no. 1, pp. 67-76. doi: 10.1016/S0378-7796(01)00190-0.
5. Yousef H.A., Elkhatib M.E., Sebakhy O.A. Wavelet network-based motion control of DC motors. *Expert Systems with Applicat.: An Int. Jour.*, 2010, vol. 37, no. 2, pp. 1522-1527. doi: 10.1016/j.eswa.2009.06.069
6. Vorob'ev V.I., Gribunin V.G. *Teoriya i praktika vejvlet-preobrazovaniya* [Theory and practice of wavelet transform]. St. Petersburg, VUS Publ., 1999. 204 p.
7. Bose B.K. *Modern power Electronics and AC Drives*, Pearson Education, 2002. 711 p.
8. Masiala M., Vafakhah B., Salmon J., Andrew M.K. Fuzzy self-tuning speed control of an indirect field-oriented control induction motor drive. *IEEE Trans. Ind. Appl.*, 2008, vol. 44, no. 4, pp. 1732-1740. doi: 10.1109/TIA.2008.2006342

Received 08.07.2016

ТЕХНОЛОГИИ РАДИОСВЯЗИ, РАДИОВЕЩАНИЯ И ТЕЛЕВИДЕНИЯ

УДК 621.397.2.037.372

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ РЕГИОНАЛЬНОЙ СЕТИ SFN ТЕЛЕРАДИОВЕЩАНИЯ

Карякин В.Л.¹, Карякин Д.В.², Морозова Л.А.¹

¹Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, РФ

²Российское представительство Juniper Networks, Москва, РФ

E-mail: vl@karyakin.ru

В статье рассматриваются возможные варианты обеспечения работоспособности региональной сети SFN телерадиовещания. Анализируются преимущества и недостатки шведской программы «План PROGIRA®», основанной на дополнительной коррекции задержек излучения в передатчиках.

Ключевые слова: региональные сети SFN, телерадиовещание, время задержки излучения, работоспособность, интерференция, напряженность электрического поля, T2-MI поток, защитный интервал, BER, запас устойчивости

Введение

Работоспособность одночастотных сетей цифрового телерадиовещания SFN (Single Frequency Network) при наличии синхронизации передатчиков зависит от запаса устойчивости, определяе-

мого допустимым отклонением коэффициента битовых ошибок BER (Bit Error Rate) от порогового значения.

Брак в работе сети SFN и ее технические останки возникают при значениях коэффициента

BER близких к пороговым значениям. В этой связи количественной оценкой работоспособности сети SFN является запас устойчивости по коэффициенту BER, который зависит от выбранных параметров вещания в зоне обслуживания.

В статье [1] отмечалось, что недостатком применяемых в РФ технических решений по реализации задачи доставки региональной версии Первого мультиплекса является необходимость вещания потоков T2-MI в различных регионах с едиными параметрами, устанавливаемыми в Федеральном Центре формирования мультиплексов (ФЦФМ).

Единые параметры, устанавливаемые в ФЦФМ, приводят к ряду проблем, связанных с различными условиями вещания по территориальному расположению передатчиков, по виду и интенсивности воздействия помех, а также благодаря различным климатическим и географическим условиям вещания на территории РФ. Стандарт вещания DVB-T2 [2-3] позволяет обеспечить широкий выбор параметров создаваемых сетей SFN для их адаптации к условиям работы. Необходим выбор защитного интервала под конкретную топологию размещения передатчиков. Для обеспечения синхронной работы передатчиков одночастотной сети устанавливается метка времени исходя из результирующих временных задержек информационного сигнала. От вида и интенсивности помех, географических условий вещания зависит выбор шаблона распределенных в кадре несущих, вид модуляции, скорость кодирования.

Целью статьи является анализ методов обеспечения работоспособности региональных SFN сетей телерадиовещания.

Алгоритмы настройки сети SFN

Работоспособность сети SFN прежде всего зависит от наличия или отсутствия синхронизации передатчиков. В [4] предлагается алгоритм настройки сети SFN, который включает измерение и калибровку задержек информационного сигнала от Центра мультиплексирования до антенн передатчиков.

В случае, когда выполнена указанная калибровка, синхронизм осуществляется на первой или на второй секунде. На первой секунде синхронизм осуществляется, если метка времени соответствует задержкам информационного сигнала. Когда задержки превышают значение установленной метки времени, синхронизм осуществляется на второй секунде в момент прихода очередной метки времени.

В противном случае, когда калибровка задержек информационного сигнала не выполнена, при определенных условиях может быть синхронизм. Условия работы заключаются в том, что задержки информационного сигнала должны быть меньше одной секунды, а метка времени больше максимального значения результирующих задержек в канале передачи данных и в модуляторе. Однако в этом случае возможна потеря синхронизации, например, если время задержки информационного сигнала по одному из каналов передачи данных превышает одну секунду или задержка сигнала в одном из передатчиков превышает значение метки времени. Кроме того, потеря синхронизации возможна при изменении параметров метки времени в потоке T2-MI, формируемом в настоящее время в ФЦФМ.

Выбор защитного интервала

В алгоритме настройки сети SFN, предложенном в [4], указывается, что калибровка задержек информационного сигнала является необходимым, но недостаточным условием работоспособности одночастотной сети SFN. Важно также обеспечить соответствие защитного интервала топологии сети. В [5] рассмотрена методика экспериментальной оценки качества работы цифрового телерадиовещания по эхо-диаграмме при условии предварительной калибровки передатчиков по задержкам информационного сигнала. Оценка качества работы цифрового телерадиовещания включает проверку соответствия установленного защитного интервала задержкам эхо-сигналов в зоне обслуживания.

С помощью эхо-диаграммы (см. рис. 1) можно дать оценку качества работы одночастотной сети при воздействии эхо-сигналов от передатчиков 2-5 в зоне обслуживания первого передатчика, а также отраженных от соседних зданий эхо-сигналов 6-8.

За нулевой уровень принят уровень сигнала первого передатчика. Нижняя граница защитного интервала соответствует нулевой задержке. Установленная верхняя граница защитного интервала в данном случае равна 84 мкс.

Задержки эхо-сигналов от второго, третьего и четвертого передатчиков равны, соответственно, 10, 40 и 66 мкс, то есть находятся в пределах установленного защитного интервала. Задержка эхо-сигнала от пятого передатчика составляет 94 мкс, что превышает верхнюю границу защитного интервала. Задержки, отраженных от соседних зданий эхо-сигналов 6-8, не превышают 5 мкс.

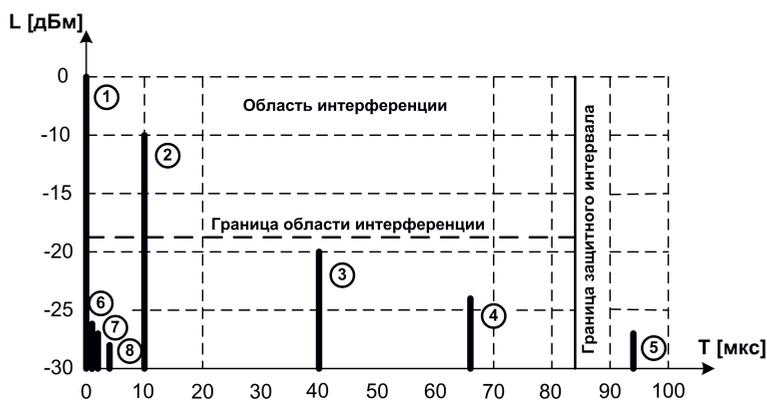


Рис. 1. Эхо-диаграмма сигналов в зоне обслуживания первого передатчика в режиме предварительной проверки качества работы SFN

Из анализа задержек эхо-сигналов в зоне обслуживания первого передатчика следует увеличить защитный интервал. Защитный интервал G выбирается из условия $G > 3,3 L$, где L – максимальное расстояние между передатчиками в зоне вещания, измеряемое в км, $3,3$ мкс/км – параметр, учитывающий скорость распространения сигнала.

Расширение защитного интервала до 99 мкс (см. рис. 2) позволило обеспечить ее работоспособность, поскольку эхо-сигналы от передатчиков SFN сети (2-5) не выходят за его границу. Однако следует отметить, что коррекция параметров сети возможна только в случае формирования потока T2-MI в Региональном Центре мультиплексиро-

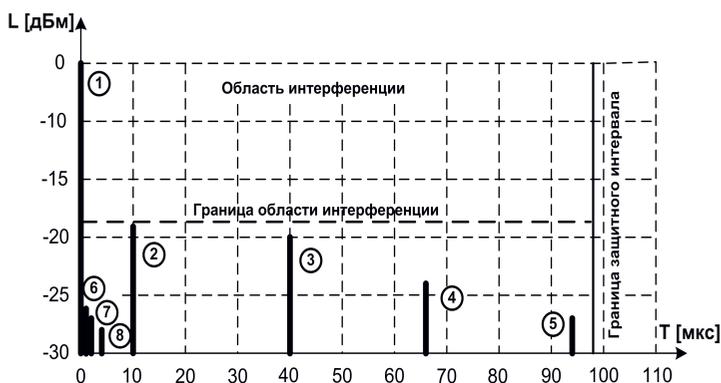


Рис. 2. Эхо-диаграмма сигналов в зоне обслуживания первого передатчика в режиме проверки качества работы SFN после коррекции ее параметров

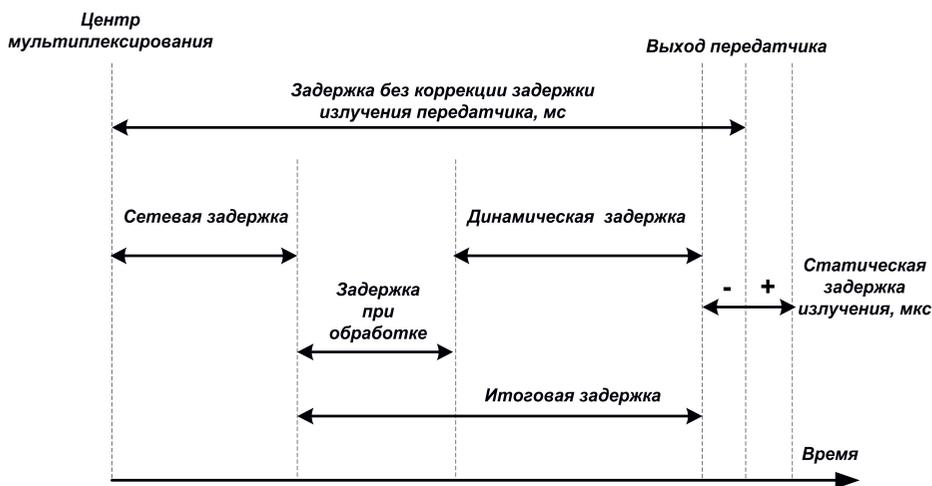


Рис. 3. Диаграммы временных задержек в сети SFN

вания. Если поток T2-MI формируется в ФЦФМ, то коррекция параметров одночастотной сети путем изменения защитного интервала в регионах в настоящее время невозможна. В этой связи возникают проблемы работоспособности сети SFN в регионах.

В частности, с такими проблемами столкнулись специалисты филиалов РТПС в Самарской и Оренбургской областях.

3 Коррекция задержек времени излучения передатчиков

Работоспособность сети SFN может быть обеспечена коррекцией времени излучения передатчиков путем изменения статических задержек излучения передатчиков как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения (рис.3).

Благодаря коррекции времени излучения в удаленных передатчиках зоны обслуживания все эхо-сигналы должны находиться в пределах защитного интервала. В частности, если в пятом передатчике (см. рис.1) ввести статическую задержку равную -50 мкс, то эхо-сигнал от этого передатчика окажется внутри защитного интервала и будет равен 44 мкс. Очевидно, что при коррекции времени излучения возможно появление новых областей интерференции в зоне вещания.

Удобным инструментом предварительного планирования сетей SFN, в которых защитный интервал не соответствует топологии размещения передатчиков в зоне вещания, является программа «План PROGIRA®» компании PROGIRA Radio Communication AB, находящейся в Швеции.

Планирование сетей SFN с применением программы «План PROGIRA®»

Программа «План PROGIRA®» создана на платформе пакета геоинформационных программных продуктов [6-7] ArcGIS американской компании ESRI. Основой оптимизации программы «План PROGIRA®» [8-9] является алгоритм обеспечения работоспособности сети SFN при несоответствии величины защитного интервала фактической топологии расположения передатчиков, то есть при некорректном выборе защитного интервала сети SFN.

Некорректный выбор защитного интервала сети SFN приводит к проблемам приема телерадиовещания в пределах зоны обслуживания. Это объясняется временными задержками эхо-сигналов от удаленных передатчиков, превышающими величину защитного интервала.

Такая постановка оптимизационной задачи справедлива для сетей стандарта DVB-T, а также в случае задания защитного интервала в потоке T2-MI, формируемом в ФЦФМ, едином для всех регионов независимо от топологии размещения передатчиков в зонах вещания.

В сетях SFN первого поколения стандарта DVB-T максимальный защитный интервал составлял 224 мкс, что соответствует максимальному расстоянию между передатчиками в зоне вещания $67,9$ км. Здесь следует подчеркнуть, что максимальная длительность защитного интервала в стандарте DVB-T2 превышает 500 мкс. Следовательно, параметры защитного интервала во втором поколении позволяют проектировать крупные региональные одночастотные сети, размер которых превышает 150 км.

Недостатком оптимизации с применением программы «План PROGIRA®», основанной на дополнительной коррекции задержек излучения в передатчиках, является увеличение числа интерференционных областей. Кроме того, зоны обслуживания и области интерференции оцениваются по напряженности электрического поля, что не позволяет количественно оценить работоспособность сети SFN по коэффициенту BER.

Методы борьбы с интерференционными искажениями

В первом поколении SFN стандарта DVB-T борьба с интерференционными искажениями решалась путем смещения проблемных областей от мест проживания населения с помощью дополнительного подбора задержек в передатчиках, изменением мощности передатчиков и направленных свойств передающих антенн. Эти методы используются в программе «План PROGIRA®».

Решение проблем борьбы с интерференционными искажениями во втором поколении стандарта DVB-T2 является более технологичным [2-3; 10], не требующим значительных компьютерных ресурсов. В [5] рассмотрена методика выявления проблемных областей вещания, в которых интерференционные искажения приводят к потере работоспособности сети SFN.

На эхо-диаграмме, представленной на рис.1 и рис.2, выделена область интерференции, граница которой определяется экспериментально по допустимым искажениям информационного сигнала. Интегральная оценка интерференционных искажений в области пересечения зон обслуживания первого и второго передатчиков осуществляется с помощью коэффициента битовых ошибок BER.

Из анализа рис.1 следует, что в зоне интерференции находится второй передатчик.

В [5] предлагаются методы уменьшения влияния интерференции на работу одночастотных сетей в соответствии с рекомендациями [2-3] стандарта DVB-T2. Коррекция параметров одночастотной сети позволяет обеспечить ее работоспособность, понизить уровень интерференционных искажений (см. рис. 2) в области пересечения зон обслуживания передатчиков.

Заключение

1. Работоспособность одночастотных сетей цифрового телерадиовещания SFN при наличии синхронизации передатчиков зависит от запаса устойчивости, определяемым допустимым отклонением коэффициента битовых ошибок BER от порогового значения [10].

2. Анализ алгоритмов настройки сети SFN показывает, что вероятность потери синхронизации передатчиков, приводящей к техническим остановкам сетей SFN, значительно возрастает при отсутствии калибровки временных задержек информационного сигнала в сетях передачи данных и модуляторов передатчиков.

3. Несоответствие защитного интервала топологии расположения передатчиков является в настоящее время определяющим фактором отсутствия работоспособности одночастотных сетей в регионах РФ, поскольку этот параметр установлен единым для всех регионов в ФЦФМ.

4. Работоспособность сети SFN при несоответствии защитного интервала топологии расположения передатчиков может быть обеспечена коррекцией задержек по времени излучения передатчиков. Благодаря коррекции времени излучения в удаленных передатчиках зоны обслуживания все эхо-сигналы должны находиться в пределах установленного защитного интервала.

5. Программа «План PROGIRA®» предназначена для обеспечения работоспособности сети SFN путем подбора задержек по времени излучения передатчиков в том случае, когда защитный интервал не соответствует топологии размещения передатчиков в зоне обслуживания.

6. Параметры защитного интервала сетей SFN стандарта DVB-T2 позволяют проектировать крупные региональные одночастотные сети, размер которых превышает 150 км, что дает возможность установить защитный интервал, соответствующий топологии сети SFN, во всех регионах РФ. В этом случае работоспособность сетей SFN обеспечивается методом (см. рис. 2), не требующим значительных компьютерных ресурсов.

7. Существенным недостатком программы «План PROGIRA®», основанной на дополнительной коррекции задержек излучения в передатчиках, является увеличение числа областей с интерференционными искажениями, борьба с которыми ведется методом смещения проблемных областей от мест проживания населения, применяемым в сетях первого поколения стандарта DVB-T, с помощью дополнительного подбора задержек в передатчиках. Важно подчеркнуть, что программа «План PROGIRA®» не позволяет количественно оценить работоспособность сети SFN по коэффициенту BER, поскольку оценка границ областей вещания осуществляется по напряженности электрического поля.

8. Корректный выбор защитного интервала (см. рис.2) значительно уменьшает количество проблемных областей, кроме того, решение проблем борьбы с интерференционными искажениями во втором поколении стандарта DVB-T2 является более технологичным [2; 10] по сравнению с методами, применяемыми в программе «План PROGIRA®» компании PROGIRA Radio Communication AB, находящейся в Швеции.

Литература

1. Карякин В.Л., Карякин Д.В., Морозова Л.А. Проблемы организации вещания в стандарте DVB-T2 со вставкой регионального контента. // ИКТ. Т.14, № 1, 2016. – С. 70-76.
2. ETSI EN 302 755 V1.4.1 (2015-07) Digital Video Broadcasting (DVB). Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2) // Цифровое телевизионное вещание (DVB). Структура кадра канального кодирования и модуляции для второго поколения системы цифрового наземного телевизионного вещания (DVB-T2).
3. ETSI TR 101 290 V1.3.1 (2014-07). Digital Video Broadcasting (DVB). Measurement guidelines for DVB systems // Цифровое телевизионное вещание (DVB). Рекомендации по измерению для систем DVB.
4. Карякин В.Л., Карякин Д.В., Морозова Л.А. Синхронизация информационного сигнала в передатчиках одночастотных сетей цифрового ТВ-вещания // Электросвязь, № 9, 2014. – С. 24-28.
5. Карякин В.Л., Карякин Д.В., Морозова Л.А. Оценка качества работы одночастотной сети цифрового телерадиовещания по эхо-диаграмме // Научные труды SWorld. Вып. №2 (39), Т.4, 2015. – С. 18-23.

6. ArcGIS Platform – Esri // URL: // http: www.esri.com/software/arcgis (д.о.: 12.05.2016).
7. Progira-product-broschure-2016-WEB // URL: // http:www.progira.com/getmedia/7ace7254-6de3-4b61-b71b-835101818fc6/Progira-product-broschure-2016-WEB.pdf (д.о. 12.05.2016).
8. How to reach the full potential of your SFNs? // URL: // http: www.progira.com/en-gb/news/how-to-reach-the-full-potential-of-your-sfns (д.о. 12.05.2016).
9. New release of GiraPlan 4.12.1 // URL: // http: www.progira.com/en-gb/news/new-release-of-giraplan-4-12-1 (д.о. 12.05.2016).
10. Карякин В.Л. Цифровое телевидение: учебное пособие для вузов. М.: Солон-Пресс, 2013. – 448 с.

Получено 15.04.2016

Карякин Владимир Леонидович, д.т.н., профессор Кафедры радиосвязи, радиовещания и телевидения Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ). Тел. +7-927-600-28-94. E-mail: vl@karyakin.ru

Карякин Дмитрий Владимирович, к.т.н., старший системный инженер Российского представительства Juniper Networks (г. Москва). Тел. +7-926-066-08-00. E-mail: dm@karyakin.ru

Морозова Людмила Александровна, к.т.н, доцент Кафедры экономики и организации производства ПГУТИ. Тел. +7-927-608-79-92. E-mail: morozova@rcf.ru

ANALYSIS OF METHODS FOR REGIONAL SFN BROADCASTING SERVICEABILITY ASSURANCE

Karyakin V.L.¹, Karyakin D.V.², Morozova L.A.¹

¹*Povolzhskiy State University of Telecommunication and Informatics, 23 L.Tolstoy str., Samara 443010,*

Russian Federation

²*Juniper Networks, Inc. (Russia), ³ Smolenskaya pl., Moscow 121099, Russian Federation*

E-mail: vl@karyakin.ru

SFN serviceability depends on synchronization availability between transmitters. In this paper we performed analysis of SFN network algorithms, and it shows the probability of loss synchronization between transmitters rises strongly without time delay calibration between network signal and transmitter modulator, that leads to SFN outages. Regional SFN serviceability under transmitter synchronization depends on gain margin defining by BER threshold. Nowadays guard band inconsistency is the main issue limiting effective application of SFN in Russia due to the same setting of this parameter for all regions by Federal Center of Multiplexing Formation. SFN serviceability should be provided by correction of emission time delay in transmitters. Therefore, all echo signals should be set inside of guard band due to emission time delay correction over broadcasting area. This work is concerned with possible options for regional SNF broadcasting serviceability. We analyzed advantages and disadvantages of Sweden program «Plan PROGIRA®», which is based on additional emission time delay correction in transmitters.

Keywords: Single Frequency Network, regional SFNs, broadcasting, emission delay time, serviceability, interference, electrical field intensity, T2-MI stream, guard band, BER, gain margin

DOI: 10.18469/ikt.2016.14.3.11

Karyakin Vladimir Leonidovich, Povolzhsky State University of Telecommunications and Informatics, 23 Lev Tolstoy str., Samara 443010, Russian Federation; Professor of the Department of Radiocommunication, Radiobroadcasting and Television; Doctor of Technical Science, Professor. Тел. +79276002894. E-mail: vl@karyakin.ru

Karyakin Dmitry Vladimirovich, Juniper Networks, Inc. (Russia), 3 Smolenskaya pl., Moscow 121099, Russian Federation; senior systems engineer; PhD in Technical Science. E-mail: dm@karyakin.ru

Morozova Lyudmila Alexandrovna, Povolzhsky State University of Telecommunications and Informatics, 23 Lev Tolstoy str., Samara 443010, Russian Federation; Associate Professor of the Department of Radiocommunication, Radiobroadcasting and Television; PhD in Technical Science, Associate Professor. E-mail: morozova@rcf.ru

References

1. Karjakin V.L., Karjakin D.V., Morozova L.A. Problemy organizacii veshhaniya v standarte DVB-T2 so vstavkoj regional'nogo kontenta [Problems of DVB-T2 standard telecasting with regional content insertion] *Infokommunikacionnye tehnologii*, 2016, vol. 14, no. 1, pp. 70-76.
2. ETSI EN 302 755 V1.4.1 (2015-07) «Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)».
3. ETSI TR 101 290 V1.3.1 (2014-07). Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement guide-lines for DVB systems.
4. Karjakin V.L., Karjakin D.V., Morozova L.A. Sinkhronizatsiya informatsionnogo signala v peredatchikakh odnochastotnykh setey tsifrovogo TV-veshchaniya [Synchronization of information signal in transmitters of single frequency networks of digital TV broadcasting]. *Elektrosvyaz'*, 2014, no. 9, pp. 24-28.
5. Karjakin V.L., Karjakin D.V., Morozova L.A. Ocenka kachestva raboty odnochastotnoj seti cifrovogo teleradioveshhaniya po jehodiagramme [Estimation of the quality of a single frequency network for digital broadcasting by echo chart]. *Nauchnye trudy SWorld*, 2015, no. 2, pp. 18-23.
6. ArcGIS Platform – Esri. Available at: <http://www.esri.com/software/arcgis> (accessed: 12.05.2016).
7. Progira-product-broschure-2016-WEB. Available at: <http://www.progira.com/getmedia/7ace7254-6de3-4b61-b71b-835101818fc6/Progira-product-broschure-2016-WEB.pdf> (accessed: 12.05.2016).
8. How to reach the full potential of your SFNs? Available at: <http://www.progira.com/en-gb/news/how-to-reach-the-full-potential-of-your-sfns> (accessed: 12.05.2016).
9. New release of GiraPlan 4.12.1. Available at: <http://www.progira.com/en-gb/news/new-release-of-giraplan-4-12-1> (accessed: 12.05.2016).
10. Karjakin V.L. *Tsifrovoe televidenie* [Digital television]. Moscow, Solon-Press Publ., 2013. 448 p.

Received 15.04.2016

УДК 621.371; 621.391.64

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФРАГМЕНТА КОРПОРАТИВНОЙ СЕТИ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ RoF

Нарышкин М.И.

ОАО «Концерн «Автоматика»», Самара, РФ

E-mail: nmi@rambler.ru

В работе предложено оригинальное решение по реализации построения сегмента подвижной радиосвязи внутрикорпоративной сети на основе технологии RoF. Представлены результаты серии экспериментальных исследований разработанного макета, которые предполагали использование участка диапазона подвижной радиосвязи 300 МГц. В качестве антенн базовой станции (БС) и абонентского комплекта (АК) использовались антенны типа Уда-Яги («волновой канал») с коэффициентом усиления 11 дБм. Экспериментальные исследования проводились на специально выбранном участке территории города с типичной городской застройкой. Центральная станция (ЦС) и БС располагались в производственном здании, а АК – в офисном здании на удалении 400 м от БС. Высоты подвеса антенн были выбраны так, что линия прямой видимости экранировалась близлежащими зданиями. В непосредственной близости от БС размещалось действующее производственное оборудование, создающее существенные помехи в радиочастотном диапазоне. Дополнительным источником помех являлись контактные сети электротранспорта вблизи места размещения АК. В работе представлены результаты экспериментальных измерений, включающие в себя оценку качества связи с помощью двух телефонных аппаратов, подключенных к ЦС и АК, измерение отношения «сигнал/шум» в принимаемом сигнале в текущий момент времени при организации модемного соединения с помощью стандартной утилиты Nupur Terminal, измерение времени задержки и потерь пакетов путем организации удаленного соединения по методике RFC-2544.

Ключевые слова: Radio-over-Fiber, беспроводная сеть, сети радиосвязи, корпоративная сеть, волоконно-эфирная структура, передача радиосигналов по оптическим волокнам