

УДК 004.424.4

Д.А. КОЧКАРЬ, А.В. ПОРУБЯНСКИЙ, А.А.ОРЕХОВ

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ НАЗЕМНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Разработана информационная технология проектирования и реинжиниринга инфраструктуры систем наземного мониторинга для прогнозирования и раннего обнаружения лесных пожаров на основе беспроводных сетевых технологий видеонаблюдения и сенсорных сетей. Технология базируется на методах покрытия двух- и трехмерных многоцветных геометрических объектов с учетом точек размещения и зон видеонаблюдения, датчиков и сетевой инфраструктуры в целом. Предлагаются эвристические процедуры пространственного покрытия многоцветных плоских фигур для различных конфигураций. Разработаны инструментальные средства проектирования и реинжиниринга наземных систем мониторинга.

Ключевые слова: мониторинг, лесные пожары, видео, сенсорные сети, покрытие, проектирование.

Введение

Ежегодно количество лесных пожаров приближается к 200 тысячам, что приводит к потерям сотен тысяч гектаров леса.

В Украине ежегодно возникает около 4000 лесных пожаров на площади свыше 3000 га. Наиболее пожароопасными являются Луганская, Херсонская, Донецкая, Днепропетровская, Николаевская области и АР Крым, на которые приходится более 50% случаев и более 70% площади лесных пожаров.

Из приведенных цифр можно сделать вывод, что задача мониторинга лесных ресурсов для предотвращения лесных пожаров является на сегодняшний день весьма актуальной. Своевременное обнаружение возгорания на начальных стадиях горения является наиболее эффективным методом предотвращения лесных пожаров и может быть обеспечено с помощью наземных систем видеомониторинга (НСВМ) или сенсорных сетей.

Проектирование современных НСВМ лесных пожаров является сложной задачей и требует создания инструментальных средств поддержки.

Анализ работ в данной области [1 – 18]. Мониторинг лесов – это система наблюдений, оценки и прогноза состояния лесных ресурсов в целях предотвращения лесных пожаров, охраны и защиты лесного фонда. Автоматизированный сбор данных подразумевает наличие определенной сети датчиков, передающих информацию в центр обработки данных.

На данный момент существуют системы видеомониторинга лесных ресурсов [6 – 9]. Простейшая система [6] позволяет на основе цветного изображения повысить оперативность, и качественное

выявление очагов пожаров в лесных массивах.

Система мониторинга [7] основана на сетевом принципе. Видеокамеры передают информацию по радиоканалу на единый диспетчерский пункт.

В Псковской области опробована система [8], основанная на мониторинге лесного фонда с помощью видеоаппаратуры.

Немецкая компания предлагает разработанную ими систему FireWatch с использованием оборудования компании IQ wireless [9].

Цели и задачи работы. Задачи проектирования и реинжиниринга НСВМ для обнаружения лесных пожаров были сформулированы в [4]. Эти задачи сводятся к выбору и/или размещению пожарных вышек, а также выбору необходимого оборудования (видеокамер, датчиков, средств передачи данных и т.д.), чтобы обеспечить требуемую полноту контроля и минимальную стоимость системы мониторинга. При этом необходимо учитывать наличие зон повышенной пожарной опасности и зон ограниченного контроля. Задача оптимального размещения вышек и оборудования может быть сформулирована как задача покрытия. Покрытие кругами одного радиуса было впервые рассмотрено в [12]. В наше время оно нашло применение в сенсорных сетях [13]. Возможны комбинации кругов нескольких радиусов. Один из подходов к решению данной задачи, как задачи раскроя и упаковки, приведен в [12].

Целью данной работы является разработка рентабельной информационной технологии для проектирования и реинжиниринга НСВМ с учетом существующей инфраструктуры оборудования, особенностей лесных областей, естественных ограничений и т.д.

1. Технология видеомониторинга и сенсорных сетей

В целях обеспечения своевременного обнаружения лесных пожаров НСВМ используют наблюдательные вышки. Строительство и размещение вышек ведется с учетом рельефа местности и с таким расчетом, чтобы их инфраструктура позволяла обеспечить максимальный обзор охраняемой территории, своевременно обнаруживать возникающие пожары и определять места возгорания с 2-3 вышек. В настоящее время широкое развитие получили системы беспроводного видео мониторинга (БСВМ) [9,18]. В лесах устанавливаются видеоканалы, от которых информация по радиоканалу передается на единый диспетчерский пункт (с возможностью дистанционного управления видеоканалами). После определения координат источника возгорания, вся видеоинформация сохраняется на сервере с целью дальнейшего анализа и принятия решения о проведении противопожарных мероприятий.

Последние достижения в области беспроводных сенсорных сетей свидетельствуют о том, что они являются перспективной технологией для размещения НСВМ [19-21]. Современные датчики могут обнаружить и контролировать разнообразные статические и динамические параметры, включая температуру, относительную влажность воздуха, дым, направление и скорость ветра. Сенсорные системы могут быть полезными не только для обнаружения пожара, но и для принятия решения по его ликвидации. Если узлы сенсорной сети интегриро-

вать с GPS, то можно не только оперативно узнать о начале пожара, но и с высокой точностью определить, где находится очаг возгорания. Существующие протоколы сделали узлы с датчиками способными организовать сеть самостоятельно без настройки.

2. Инфраструктура интегрированных систем наземного мониторинга

Перспективным решением для наземных систем мониторинга (НСМ) является сетевая инфраструктура, объединяющая НСВМ и беспроводную сенсорную сеть (БСС). Архитектура такой системы показана на рисунке 1.

Когда сенсор обнаруживает пожар, он посылает сигнал тревоги через беспроводную сеть серверу. Программное приложение сервера выбирает ближайшие к сенсору камеры и поворачивает их на сенсор, который поднял тревогу. Видеоканал передает изображение в реальном времени и позволяет подтвердить пожарным о существовании пожара и избежать ложных тревог. БСС может быть подключена к сети Интернет через шлюз.

Таким образом, актуальной проблемой создания наземных систем мониторинга является выбор такой инфраструктуры, которая основана на различных технологиях и объединяет варианты БСВМ и БСС.

Критериями для выбора инфраструктуры НСМ могут быть полнота контроля, оперативность, надежность и экономическая эффективность.

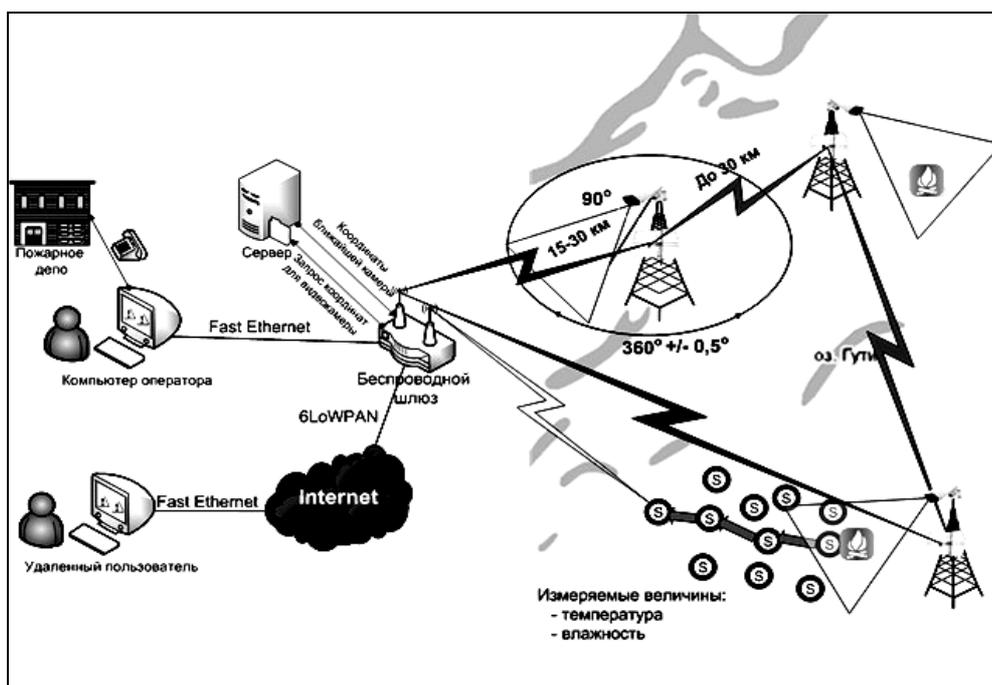


Рис. 1. Инфраструктура системы наземного мониторинга для лесных пожаров

Для поддержки процесса проектирования современных сетевых инфраструктур НСМ требуется разработка специализированных систем автоматизации проектирования (САПР НСМ).

3. Процедура покрытия

Автоматическое размещение оборудования НСМ осуществляется с помощью процедуры покрытия заданного полигона произвольной конфигурации с обходом запретных участков и учетом существующей инфраструктуры [4].

1. Вся анализируемая область S разбивается на квадраты со стороной, соответствующей вписанному в круг с радиусом R .
2. Выбирается ряд, центры масс квадратов в котором принадлежат S .
3. Все остальные ряды через один смещаются относительно первоначального положения на $\frac{1}{2}$ стороны квадрата.
4. Для каждого ряда проверяется принадлежность центра масс крайних квадратов S . При необходимости центры масс перемещаются в область S . Иначе находится центр масс многоугольника пересечения и там устанавливается вышка.
5. Если все крайние квадраты проверены, то переходим к шагу 6, иначе переходим на шаг 4.
6. На данном этапе имеется область S покрытая кругами. На этом шаге проверяется принадлежность центров масс запретным зонам. Если весь квадрат принадлежит запретной зоне, то удалить данный квадрат. Иначе сместить его центр масс в разрешенную область в сторону ближайшей границы.

7. На данном этапе ликвидировано покрытие всех запретных зон. Производится проверка на смещение центров квадратов в приоритетные зоны в случае если расстояние от центра масс до приоритетной зоны $< eps$.

8. Заключительный этап. Если проверены все центры масс, то конец алгоритма. Иначе переход на 6 шаг.

4. Архитектура и функции САПР НСМ

САПР НСМ предоставляет следующие возможности:

- вводить, хранить и работать с картографическим материалом;
- выбирать оборудование для НСМ;
- определять место для размещения оборудования в автоматическом или ручном режимах;
- выводить данные о полноте покрытия и стоимости НСМ.

В состав САПР НСМ входит база данных, которая содержит актуальную информацию о характеристиках оборудования, необходимого для проектирования НСМ: видеокamеры, устройства захвата видеосигнала, устройства сопряжения и коммутации, устройства обработки данных.

Интерфейс САПР НСМ реализован с помощью технологии Silverlight и языка XAML. Данная технология позволяет запускать приложения, содержащие анимацию, векторную графику и аудио-видео информацию. Алгоритмы функционирования САПР НСМ реализованы на языке C# в среде Microsoft Visual Studio 2010. База данных реализована на Microsoft SQL Server 2008.

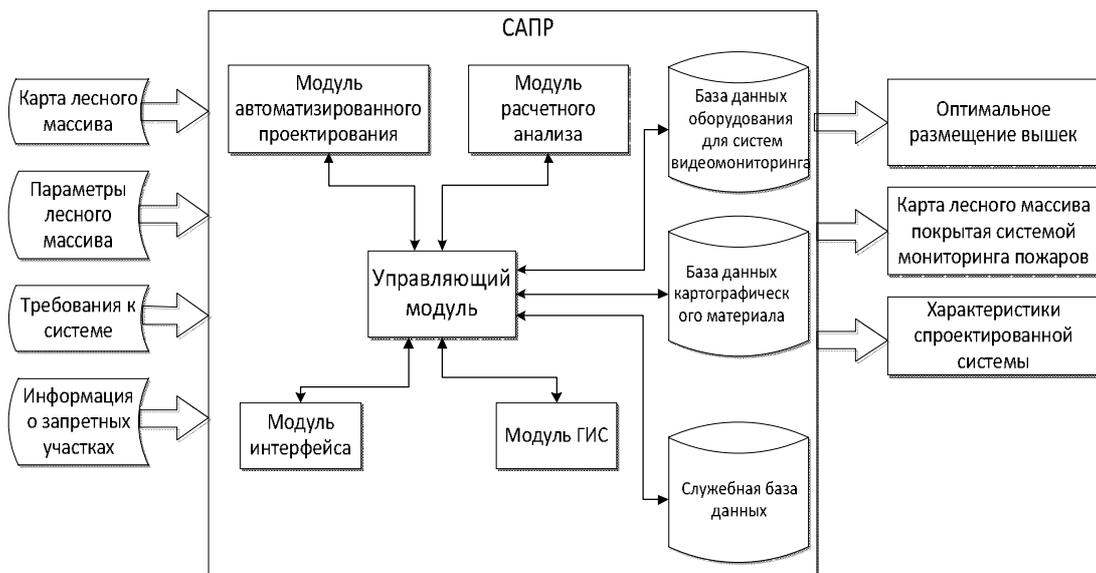


Рис. 2. Системная архитектура САПР НСМ

Для работы с картографическим материалом, а именно, загрузкой, созданием и оцифровкой, был использован специфический интерфейс программирования приложений от компании ESRI: ArcGIS API для Microsoft Silverlight/WPF. Данный программный продукт позволяет создавать приложения, которые используют возможности картографии, геокодирования и геопроецирования предоставляемые ArcGIS Server и Bing сервисами. API построено на Silverlight и WPF платформах и интегрируется в VS2010 и Blend 4.

Основные возможности предоставляемые API [17]:

- создавать карты, содержащие собственные данные;
- отображать данные на картах ArcGISOnline или BingMaps;
- интерактивно добавлять на карты графику и разметку;
- осуществлять поиск в ГИС по свойствам и атрибутам данных, а также отображать результаты;
- локализовать адреса;
- рассчитывать маршруты/пути и отображать графические результаты и направления;

Заклучение

В данной работе предложены инфраструктура сетевой системы мониторинга лесных пожаров, а также метод и инструментальные средства для проектирования HCM.

По нашему мнению, интегрированные HCM, базирующиеся на видео и сенсорных технологиях целесообразно использовать для контроля и поддержки принятия решений по тушению пожаров в относительно небольших лесных массивах со сложной конфигурацией. Дальнейшие исследования в этой области мы планируем по следующим направлениям:

- совершенствование методик покрытия с учетом специфики сенсоров и видеокамер и их согласованного использования;
- модернизация САПР и системы поддержки принятия решений с учетом многопараметрических сенсоров.

Литература

1. Блаун, И.С. Состояние и перспективы развития лесопромышленного комплекса Карпатского региона [Текст] / И.С. Блаун // Экономика и управление. – 1990. – Вып. 4. – С. 33-40.
2. Бобко, А. Лесопользование: социальная необходимость и экологическая целесообразность [Текст] / А. Бобко // «Экономика Украины». – 2001. – № 3. – С. 75 – 81

3. Динамика площади лесного фонда [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.lesovod.org.ua/node/415/>. – 15.01.2012 г.

4. Мединцев, С.Ю. Системы мониторинга лесных ресурсов: состояние и пути развития [Текст] / С.Ю. Мединцев, А.А. Орехов, Д.А. Кочкар // Радиоэлектронные и компьютерные системы. – 2009. – № 6 (37). – С. 70 – 74.

5. Охорона і захист лісів [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article?art_id=32953&cat_id=32877. – 15.01.2012 г.

6. Российская система мониторинга лесных пожаров [Текст] / Д.В. Еришов, Г.Н. Коровин, П.П. Шуляк, Н.Б. Дворкина, К.А. Ковганко, П.В. Петров, Е.А. Лупян, А.А. Мазуров, А.А. Прошин, Е.В. Флитман, С.А. Барталев, С.А. Тацлин, Н.А. Абушенко, А.И. Беляев, Л.А. Рыбникова // AR-CNEWS. – 2004. – № 4 (31). – С. 21 – 23.

7. Новая система пожарного мониторинга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://inform.nstu.ru/print.php?id=564>. – 15.01.2012 г.

8. Псковская область запускает пилотный проект по созданию региональной системы мониторинга за лесными пожарами [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.wood.ru/lonewsid-8998.html/01.11.2009>. – 15.01.2012 г.

9. Automatic Early Warning System for Forest Fires // FireWatch [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fire-watch.de/cms>. – 15.01.2012 г.

10. Безопасность в чрезвычайных ситуациях, мониторинг и прогнозирование лесных пожаров. Общие требования [Текст]: Р 22.1.09-99 ГОСТ – Действующий от 01.01.2000. Госстандарт РФ.

11. Том, Л.Ф. Расположение на плоскости на сфере и в пространстве [Текст] / Л.Ф. Том. – М.: Физматлит, 1958. – 365 с.

12. Kershner, R. The number of circles covering a set // Amer. J. Mathematics. – 1939. – Vol. 61, N 3. – P. 665 – 671.

13. Zhang, H. Maintaining sensing coverage and connectivity in large sensor networks [Text] / H. Zhang, J.C. Hou // Ad Hoc & Sensor Wireless Networks. – 2005. – Vol. 1, N 1-2. – P. 89 – 124.

14. Wu, J. Energy-efficient node scheduling models in sensor networks with adjustable ranges [Text] / J. Wu, S. Yang // Int. J. Foundations Comp. Sci. – 2005. – Vol. 16, N 1. – P. 3 – 17.

15. Метод и элементы информационной технологии векторизации картографических материалов на основе анализа планарных графов [Текст] / В.В. Богомолов, Д.А. Кочкар и др. // Труды 7-ой МНПК “Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях”, Київ – Харків – АР Крим, 2008. – С. 173 – 178.

16. Кузнецов, В.Ю. Задачи покрытия ортогональных многоугольников с запретными участками [Текст] / В.Ю. Кузнецов // Вестник УГАТУ, Уфа. – 2008. – Т.10, № 2(27). – С. 177 – 182.

17. «ArcGIS 9. Начало работы» документация ПО ESRI [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gis-lab.info/docs.html>. – 15.01.2012 г.

18. Ground video-monitoring systems for early detection of forest fires [Text] / V. Kharchenko, A. Orekhov, S. Medintsev, D. Kotchkar, V. Bogomolov // Journal of information, control and management systems Faculty of Management Science and Informatics University of Zilina. – 2010. – Vol. 8. – № 2. – P. 111–120.

19. Hefeeda, M. Forest fire modeling and early detection using wireless sensor networks [Text] / M. He-

feeda, M/ Bagheri // Ad Hoc & Sensor Wireless Networks. – 2009. – Vol. 7. – P. 169-224.

20. Pripuzic, K. Early forest fire detection with sensor networks: sliding window skylines approach [Text] / K. Pripuzic, H. Belan, M. Vukovic // Proceedings 12th International Conference, KES 2008 Zagreb. – 2008. – Part 1. – P. 725 – 732.

21. Hsu-Yaung Kung. Drought forecast model and framework using wireless sensor networks [Text] / Hsu-Yaung Kung, Jing-Shiuan Hua, Chaur-Tzuhn Chen // Journal of Information Science and Engineering. – 2006. – № 22. – P. 751 – 769.

Поступила в редакцию 23.02.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф., зав. кафедри «Компьютерные системы и сети» В.С. Харченко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

ПРОЕКТУВАННЯ ІНФРАСТРУКТУРИ НАЗЕМНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ

Д.О. Кочкар, А.В. Порубянський, О.О.Орехов

Розроблено інформаційну технологію проектування і реінжинірингу інфраструктури систем наземного моніторингу для прогнозування та раннього виявлення лісових пожеж на основі бездротових мережевих технологій відеоспостереження і сенсорних мереж. Технологія базується на методах покриття дво- і тривимірних багатобарвних геометричних об'єктів з урахуванням точок розміщення та зон відеоспостереження, датчиків та мережевої інфраструктури в цілому. Пропонуються евристичні процедури просторового покриття багатобарвних плоских фігур для різних конфігурацій. Розроблено інструментальні засоби проектування і реінжинірингу наземних систем моніторингу, а також підтримки прийняття рішень при виявленні вогнищ спалаху і забезпечення пожежогасіння.

Ключові слова: моніторинг, лісові пожежі, відео, сенсорні мережі, покриття, проектування..

INFRASTRUCTURE DESIGN GROUND MONITORING OF FOREST FIRES

D.A. Kotchkar, A.V. Porubyanskiy, O.O. Orekhov

Developed information technology infrastructure design and reengineering ground-based monitoring systems for forecasting and early detection of forest fires on the basis of demon-wired networking, video surveillance and sensor networks. The technology is based on the method-Dah cover the two-and three-dimensional multi-colored geometric objects in view-points of the placement of zones and surveillance, sensors, and network infrastructure as a whole. Offered evristiches-tions of procedure of the spatial coverage of multi-colored plane figures for the various configurations of. Developed tools of design and reengineering of terrestrial monitoring systems, as well as decision support for detecting fires and ensure fire of.

Keywords: monitoring, forest fires, video, sensor networks, coverage, design.

Кочкар Дмитрий Александрович – соискатель, НПП «Лесинформ», Украина.

Порубянский Андрей Валентинович – студент кафедры «Компьютерные системы и сети», Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ».

Орехов Александр Александрович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Компьютерные системы и сети» Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ».