

Методы сбора данных для экологического мониторинга в условиях урбанизации

Ю.Г. Фатеева, Ю.С. Легович,

А.Ю. Ефремов (Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН)

Рассмотрены существующие подходы к организации непрерывного экологического мониторинга окружающего воздуха и построению на основе собранных данных карт загрязнения воздуха высокого пространственного и временного разрешения. Представлены возможности разработанного мобильного приложения AirFlow, предназначенного для сбора данных о загрязнении воздуха токсичными газами.

Ключевые слова: экологический мониторинг, источники загрязнения, карты загрязнения воздуха, беспроводная сенсорная сеть, общественная сенсорная сеть.

Введение

Проблема экологического мониторинга территорий в связи с возрастающей антропогенной нагрузкой на окружающую среду, а также оценка состояния ее компонентов на урбанизированных территориях, сохранение и обеспечение качества окружающей среды в целях улучшения здоровья населения входят в приоритетные задачи развития большинства государств, в том числе и России. Загрязнение воздуха было признано девятым по величине фактором риска для здоровья живых организмов во всем мире [1].

С целью повышения осведомленности общественности о загрязнении окружающего воздуха необходимо создать условия для непрерывного сбора и анализа данных о состоянии воздуха с высоким временным и пространственным разрешением. Эти данные могут использоваться для построения карт и моделей прогнозирования загрязнения.

Существующие методы сбора данных об окружающем воздухе

Стационарные станции экологического мониторинга

Для непрерывного анализа состояния атмосферного воздуха в городах обычно используются широкие сети автоматических стационарных и мобильных станций контроля загрязнения атмосферного воздуха, передвижные лаборатории и лабораторные базы. Именно от них в основном и поступают данные о чрезвычайных происшествиях и случаях аварийных выбросов загрязняющих атмосферу веществ.

Неизменным преимуществом таких станций является их высоконадежность, точность используемых измерительных приборов, способных делать замеры широкого спектра загрязняющих веществ [2].

Основными же недостатками таких контрольных станций являются их габариты, вес, дороговизна самого оборудования и его обслуживания. Исследования [3] показывают, что радиус распространения загрязняющих веществ может варьироваться от нескольких метров до нескольких километров, а временной интервал изменения ситуации может занимать от нескольких минут до суток. В таких ситуациях традиционные стационарные станции мониторинга не всегда смогут обнаружить повышенную концентрацию опасных веществ из-за недостаточной плотности своего размещения и масштабируемости в силу вышеперечисленных причин.

Примером может служить Московская система мониторинга атмосферного воздуха (Мосэкомониторинг), которая является одной из лучших в Европе. Она включает 56 автоматических станций контроля загрязнения атмосферы, мобильные автоматические станции, передвижные лаборатории и лабораторные базы. Однако даже такая развитая сеть контроля качества воздуха не всегда в состоянии найти источник загрязнения.

Примером может послужить участившиеся случаи фиксации человеком запаха сероводорода (H_2S) в различных частях Москвы. Но при этом станции экологического мониторинга либо не фиксируют превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) H_2S , либо не могут найти источник выбросов.

Система мониторинга следующего поколения

Беспроводные сенсорные сети. Для повышения пространственно-временного разрешения получаемых данных о состоянии окружающей среды исследователи в последние годы активно развивают систему мониторинга загрязнения воздуха (TNGAPMS), объединяя недорогие портативные измерительные датчики посредством беспроводной сенсорной сети (WSN). Портативные датчики обеспечивают мобильность и возможность крупномасштабного развертывания узлов WSN, позволяя получать данные в реальном времени [4]. Пространственное и временное разрешение получаемой информации о загрязнении окружающей среды в системах мониторинга нового поколения значительно больше, чем в традиционных системах мониторинга. TNGAPMS также помогает исследователям более эффективно и точно исследовать распределение уровня загрязнения воздуха, строить модели оценки качества воздуха и прогнозирования [5].

Однако традиционные системы мониторинга загрязнения воздуха в основном базируются на сложных и хорошо зарекомендовавших себя измерительных инструментах. Для гарантии точности и качества данных эти системы используют сложные методы измерения [6] и множество вспомогательных приборов, включая регулятор температуры (охладитель и нагреватель), регулятор относительной влажности, воздушный фильтр и встроенный калибратор [7]. Как следствие, эти инструменты обычно имеют высокую стоимость и энергопотребление, большой объем и вес. В последнее время доступны датчики окружающей среды с низкой стоимостью, небольшими размерами и быстрым временем

Духота стояла прежняя; но с жадностью дохнул он этого вонючего, пыльного, зараженного городом воздуха.
Ф.М. Достоевский

отклика (порядка секунд или минут). Тем не менее, ни один недорогой портативный датчик окружающей среды не может обеспечить такую же точность и качество данных, как традиционные приборы контроля [9].

Существующие беспроводные сенсорные сети подразделяются на две категории: сеть статических датчиков (SSN) и общественная сенсорная сеть (CSN).

Сеть статических датчиков. Сенсорные узлы в таких сетях обычно устанавливаются на столбах уличных фонарей, светофорах или в тщательно отобранных местах. Использование недорогих портативных датчиков, объединенных WSN несомненно обладает рядом преимуществ. Во-первых, из-за того, что узел датчиков часто размещается в местах, способных выдерживать достаточные нагрузки, он может интегрироваться со вспомогательными инструментами, и тем самым обеспечить сбор большого объема высокоточных и надежных данных. Стационарность сенсорного узла обеспечивает точно заданные координаты и доступ к периодической калибровке и профессиональному обслуживанию. Также каждому узлу сети гарантировано сетевое подключение и постоянный доступ к электросети.

Однако статической сети датчиков присущи значительные недостатки. Так, для обеспечения высокого пространственно-временного разрешения собираемых данных необходимо постоянно увеличивающееся число сенсорных узлов, которые в свою очередь требуют большего ресурса на настройку оборудования, калибровку и постоянное обслуживание.

Общественная сенсорная сеть. Известны так называемые системы совместного участия, когда датчики переносятся самими пользователями. В такой сети используются недорогие портативные датчики окружающей среды и смартфоны. Пользователи могут получать, анализировать и обмениваться локальной информацией о загрязнении воздуха [9]. Существенным преимуществом создания карты загрязнения окружающего воздуха с помощью такой сети является ее экономическая эффективность, так как узел датчика использует модуль GPS смартфона, сотовую сеть и вычислительную мощность самого мобильного устройства. Потенциально высокая плотность покрытия узлами общественной сети обеспечивается пользователями смартфонов. Стоимость датчиков и узлов передачи данных может быть пропорционально распределена между пользователями по доступным каждому участнику ресурсам. Также большим преимуществом является мобильность сенсорных узлов, что позволяет увеличивать географический охват одного сенсорного узла. Однако существенным недостатком такой сети является низкая точность и надежность данных [10]. Кроме того, пользователи большую часть времени проводят в помещениях, используемые в сети приборы

являются по большей части практически не откалиброванными и плохо обслуживаемыми. Также серьезные ограничения накладывает потребление энергии, — как правило, сенсорные узлы питаются от батарей малой емкости. Также носимые датчики имеют серьезные ограничения по весу и размеру.

Система сбора данных об окружающем воздухе с помощью мобильного приложения AirFlow

В последнее время все большую популярность среди жителей городов набирают мобильные приложения, которые показывают агрегированные данные, получаемые со стационарных станций экологического мониторинга, сети портативных датчиков, а также спутников. Такие приложения не только агрегируют и предоставляют данные о состоянии загрязнения в режиме реального времени, но и используют алгоритмы прогнозирования изменения ситуации. Существенным недостатком таких приложений является то, что они используют данные с тех же станций, которые зачастую не фиксируют наличие превышения предельно допустимых концентраций химических веществ.

Одними из самых популярных таких мобильных приложений являются израильский проект BreezoMeter (Израиль), предоставляющий не только данные об экологической ситуации того места, где находится пользователь, но и персональные рекомендации по сохранению здоровья. Другой пример — приложение AirVisual (Швейцария), разработанное компанией, выпускающей малогабаритные портативные станции мониторинга.

Специалисты ИПУ РАН разработали собственное мобильное приложение AirFlow, которое позволяет жителям городов не только получать данные об экологической ситуации вокруг, но и выступить в роли сети датчиков, и самим участвовать в сборе данных о превышении концентрации химических веществ в воздухе, которые можно опознать с помощью органов обоняния. Простым примером таких веществ являются: сероводород, природный газ вблизи жилых домов, бензолы и т. д.

Любой пользователь мобильного приложения получает возможность оповестить о локальной проблеме загрязнения воздуха в том месте, где он находится. Таким образом, создается карта с высоким пространственно-временным разрешением проблемных зон. Используя данные такой «народной» карты загрязнения, можно вычислить источник загрязнения вблизи явно проблемных зон либо с помощью наземных мобильных станций экологического мониторинга, либо квадрокоптеров, оснащенных газоанализаторами.

На данный момент основными функциями разработанного приложения являются: распознавание координат каждого пользователя с помощью встроенного модуля GPS, отображение координат пользователя на интерактивной карте, удобный интерфейс для внесения на карту информации о беспокоящем запахе химического вещества и оценка степени загрязнения. Таким образом, люди отмечают на карте те места, которые вызывают у них беспокойство о складывающейся экологической ситуации. Чем больше оповещений о локаци-

онном загрязнении некоторым химическим веществом, тем нагляднее выявляется проблемная зона, в которой необходимо найти источник химических выбросов.

Одной из основных функций мобильного приложения является оповещение пользователей при попадании их в зону загрязнения на основе данных карты.

Заключение

Таким образом, создано мобильное приложение, поддерживающее общественную сенсорную сеть, использующую биологические сенсоры, которыми обладают люди. Эти сенсоры не требуют калибровки или дополнительного технического обслуживания. Благодаря поступающим данным система мониторинга имеет возможность быстро реагировать на реальные жалобы со стороны жителей тех или иных районов, минуя традиционную систему подачи заявлений в государственные органы контроля. Недостатком сбора данных с помощью такого приложения является плохо контролируемое число участников такой сети. Поэтому необходима интеграция информации с интерактивной карты AirFlow с данными, получаемыми из других источников экологического мониторинга.

Список литературы

1. *Lim S.S., Vos T., Flaxman A.D., Danaei G., Shibuya K., Adair-Rohani H., AlMazroa M.A., Amann M., Anderson H.R., Andrews K.G., et al.* A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010: A systematic analysis for the global burden of disease study 2010. *Lancet*. 2012.
2. *Amorim L.C.A., Carneiro J.P., Cardeal Z.L.* An optimized method for determination of benzene in exhaled air by gas chromatography-mass spectrometry using solid phase microextraction as a sampling technique. *J. Chromatogr. B*. 2008.
3. *Dobre A., Arnold S.J., Smalley R.J., Boddy J.W.D., Barlow J.F., Tomlin A.S., Belcher S.E.* Flow field measurements in the proximity of an urban intersection in London, UK. *Atmos. Environ.* 2005.
4. *Ma Y., Richards M., Ghanem M., Guo Y., Hassard J.* Air Pollution Monitoring and Mining Based on Sensor Grid in London. *Sensors*. 2008.
5. *Bravo M.A., Fuentes M., Zhang Y., Burr M.J., Bell M.L.* Comparison of exposure estimation methods for air pollutants: Ambient monitoring data and regional air quality simulation. *Environ. Res.* 2012; P. 1-10.
6. United States Environmental Protection Agency List of Designated Reference and Equivalent Methods. [(accessed on 8 September 2015)]; Available online: <http://www.epa.gov/ttnamti1/files/ambient/criteria/reference-equivalent-methods-list.pdf>.
7. Environmental Protection Department of Hong Kong Air Quality Monitoring Equipment. 2012. Available online: <http://www.aqhi.gov.hk/en/monitoring-network/air-quality-monitoring-equipment.html>.
8. *Alexandre M., Gerboles M.* Review of Small Commercial Sensors for Indicative Monitoring of Ambient Gas. *Chem. Eng. Trans.* 2012. P.169-174.
9. *Burke J.A., Estrin D., Hansen M., Parker A., Ramanathan N., Reddy S., Srivastava M.B.* Participatory sensing; Proceedings of the 4th ACM Conference on Embedded Network Sensor Systems (SenSys '06); Boulder, CO, USA. 1-3 November 2006. P. 1124-1127.
10. United States Environmental Protection Agency Buildings and their Impact on the Environment: A Statistical Summary. 2015 Available online: <http://www.epa.gov/greenbuilding/pubs/gbstats.pdf>.

*Фатеева Юлия Геннадиевна — младший научный сотрудник,
Легович Юрий Сергеевич — канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник,
Ефремов Андрей Юрьевич — научный сотрудник
Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
E-mail: andre@ipu.ru*

Новый уровень автоматизации интеллектуальных зданий от ABB

Платформа умного дома ABB-free@home[®] известна в мире — уже установлено почти 5 млн. компонентов этой системы. Специальная программа позволяет дистанционно управлять всеми функциями платформы. С помощью функции геолокации можно настроить определенные сценарии для ситуаций, когда владелец дома входит в определенную зону или покидает ее. Например, можно настроить функцию «выключить все», которая будет активирована, когда все жители выходят из здания. Платформа автоматизации дома поддерживает более 60 функций и до 150 устройств, которые можно интегрировать в отдельные системы. Система поддерживает проводную и беспроводную сети и новый API-интерфейс компании ABB.

Новая система Alarm-Stick — комплексное противопожарное решение, позволяющее интегрировать детекторы дыма, тепла и оксида углерода в платформу ABB-free@home[®]. Alarm-Stick подключается к системной точке доступа ABB-free@home[®] через USB-интерфейс и использует беспроводное соединение для обмена данными с датчиками по сертифицированным протоколам VdS 3515, что делает процесс интеграции очень простым. Если срабатывает противопожарная сигнализация, все детекторы в доме

подадут звуковой сигнал, а на мобильный телефон владельца автоматически будет отправлено push-уведомление с информацией о причине тревоги (огонь или выброс CO) и месте, где зафиксирован инцидент. Также могут быть приняты дополнительные меры, например включение всего света или открытие жалюзи.

Новая точка доступа ABB System Access Point 2.0 может быть подключена к 150 проводным или беспроводным устройствам в рамках системы ABB-free@home[®]. Она поддерживает интерфейс ввода в эксплуатацию и полную визуализацию для владельцев домов, от управления освещением, до управления обогревом и вентиляцией, а также позволяет использовать облачные сервисы.

ABB-secure@home — удобная и понятная система обнаружения проникновений и сигнализации для жилых зданий. Она полностью беспроводная и предназначена для защиты дома от грабителей и таких инцидентов, как наводнения или пожары, как внутренних, так и внешних. Система работает на базе беспроводной технологии на частоте 868,3 МГц. Она использует закрытый протокол с надежным 128-битным шифрованием, а также уникальным кодом для управления включением/отключением, который постоянно меняется.

[Http://www.abb.com](http://www.abb.com)