

УДК 004.056.53

## ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ. СИСТЕМА МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ВОЗДУХА

К.С. БОГОМАЗ, Н.А. ВОЛОРОВА, Д.А. МАКАРИЧ, М.А. ЮШКЕВИЧ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (Минск, Беларусь)*

**Аннотация.** Рассматривается реализация системы контроля качества воздуха/рабочей атмосферы, мобильные и веб интерфейсы для взаимодействия с системой, а также разработанный алгоритм общей оценки рабочей атмосферы.

**Ключевые слова:** Интернет вещей, системы мониторинга, качество воздуха, рабочая атмосфера, углекислый газ, температура, влажность, здоровье, экология, Arduino.

## INTERNET OF THINGS. AIR QUALITY MONITORING SYSTEM

K.S. BOGOMAZ, N.A. VOLARAVA, D.A. MAKARICH, M.A. YUSHKEVICH,

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk, Belarus)*

**Abstract.** An air quality/working atmosphere monitoring system, mobile and web interfaces for interacting with the system were created. An algorithm has been developed for a general assessment of the working atmosphere.

**Keywords:** Internet of things, monitoring systems, air quality, working atmosphere, carbon dioxide, temperature, humidity, health, ecology, Arduino.

### Введение

Интернет вещей (IoT) — это концепция сети передачи данных между устройствами, при помощи которой люди могут общаться с «вещами», а «вещи» — общаться между собой.

Учитывая современные реалии человек большую часть времени так или иначе проводит в каком-то помещении, дома, на работе в офисе или в любом другом помещении, где нужно находиться какой-то длительный период времени. Таким образом, состояние воздуха в помещении (дома, в офисе, в спортивном зале, учебной аудитории и т.д.) является одним из факторов, определяющим работоспособность и самочувствие человека. В частности на самочувствие человека и его жизнедеятельность очень влияют такие показатели как: уровень углекислого газа (CO<sub>2</sub>), влажность воздуха и температура. Степени влияния указанных факторов рассмотрены в ряде исследований (здесь нужна ссылка) которые показывают, как сильно может зависеть наше состояние от этих показателей.

Целью данной работы было создание модуля, который помогает в наблюдении за параметрами атмосферы в помещении, дает рекомендации по улучшению микроклимата, выдаёт оценку качеству рабочей атмосферы.

### Проблематика и решение

Известно, что один человек в течении одного часа вдыхает в среднем 24-25 литров кислорода и выдыхает соответственно приблизительно 22 литра углекислого газа. Углекислый газ имеет свойство накапливаться в помещениях, где отсутствует хорошая система вентиляции, вследствие чего воздух становится более загрязненным, т.е. изменяется его состав и качество. Такой воздух влияет на человека, ухудшая его самочувствие в целом и провоцируя появление достаточно неблагоприятных, а в некоторых случаях и опасных

симптомов, в особенности у людей с разного рода хроническими заболеваниями, например, такими как астма [2]. Основными симптомами долгого пребывания в среде с повышенным уровнем CO<sub>2</sub> обычно являются следующие: головная боль [3], головокружение [4], сонливость, апатия, потеря концентрации, а среди последних исследований также наблюдались изменения в периферическом кровообращении, повышенный сердечный ритм и повышенное кровяное давление [5].

Описывая влияние углекислого газа на человека нельзя не отметить, что в воздушной смеси на улице также присутствует CO<sub>2</sub>, но тут всё дело в объемных концентрациях (измеряется в процентах) и количестве миллионных долей (измеряется в ppm что является сокращением для “parts per million”) этого вещества. И так концентрация CO<sub>2</sub> на улице не является высокой и составляет всего 400-450 ppm, на этот показатель также влияет количество промышленных предприятий находящихся в местности, соответственно, чем их больше тем выше будет показатель загрязненности воздуха и уровня CO<sub>2</sub>. В помещении нормой является показатель в 600 ppm, т.е. показатель, превышающий уличный в 1.5 раза.

Концентрация в 800 ppm является не безопасной, хоть и всё ещё допустимой, концентрация в 1000 ppm является уже опасной, при такой концентрации появляются первые симптомы, например вялость. Превышением же критическим и в тоже время являющееся превышением по санитарным нормам является показатель в 1400 ppm, при таком показателе появляются все выше описанные симптомы, например трудность концентрации за работой, проблемы со сном и головная боль [6]. Показатель в 5000 ppm является предельно возможной концентрацией, которую человек может не без труда вынести на протяжении 8 часов. Смертельно опасной же является показатель в 15000 ppm.

На самочувствие влияют также и различные органические соединения и другие частицы, летающие в воздухе, но показатель ppm также учитывает и их [7]. Прямой взаимосвязи между низкой концентрацией CO<sub>2</sub> и самочувствием человека не обнаружено или подвергается сомнениям [8].

Контролировать уровень CO<sub>2</sub> в помещении можно с помощью определенных датчиков и, отталкиваясь от показателей, обеспечивать вентиляцию помещения. Не редко такие датчики объединяются с вентиляционными системами, что позволяет автоматизировать процесс.

Предлагаемая система включает в себя станцию, оборудованную различными датчиками, сайт, сервер и мобильное приложение, позволяющие определить уровень углекислого газа, температуру, влажность воздуха и на основе этих данных при помощи специального алгоритма выдать пользователю определенные рекомендации. Такая система может найти применение не только в доме, но и в рабочих офисах, на заводах, в торговых центрах и другие местах для поддержания оптимальных условий труда сотрудников. Также система может использоваться для анализа уличных показателей с целью последующего анализа.

Система выполняет следующие функции:

1. Сбор данных о состоянии микроклимата (температура, влажность, уровень CO<sub>2</sub>);
2. Обработка полученных данных в соответствии с приведенным ниже алгоритмом с учетом характера деятельности человека в контролируемом помещении;
3. Выдача рекомендаций по нормализации условий.

Пользователь, в зависимости от типа помещения (или окружения), оповещается о неблагоприятных (для разных типов помещения считаются по разному) условиях в помещении и предложений по их устранению при помощи сообщений (например, в виде пуш-уведомлений на телефон). Система также имеет возможность удобной настройки под среду, в которой находится установка, на основе этих настроек (настройки можно задать вручную или выбрать оптимальные для разных видов помещений или улицы) выбираются разные благоприятные показатели, например для жилого помещения благоприятными будут считаться одни показатели, а для парников или подвала другие.

Структура и методы реализации системы предусматривает возможность ее интеграции с системами умных домов и других умных гаджетов с целью автоматической нормализации условий.

Оценка качества воздуха проводится согласно соотношению:

$$S = \sum_{i=1}^n c_i z_i \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $S$  - оценка в процентах,

$n$  - кол-во параметров,

$c_i$  - критерий значимости  $i$ -ого параметра, причем  $\sum c_i = 1$ ,

$z_i$  - оценка  $i$ -ого параметра,  $z_i \in [0, 1]$ .

Оценка качества воздуха  $S$  - оценка, где 100% - все параметры в норме, человек чувствует себя хорошо, 0% - параметры отклонены существенно, возможны негативные последствия для человека, такие как: головная боль, ухудшение концентрации внимания, рвотный рефлекс, повышенная усталость, кислородное голодание.

Критерии значимости можно настроить в мобильном приложении. По умолчанию они выставлены, для температуры - 0.2, влажности - 0.3, углекислого газа - 0.5.

Стандартная настройка параметров соответствует ГОСТ 30494-96 РБ [9]:

температура – от 18 °С до 24 °С;

влажность – от 40% до 60%;

углекислый газ– от 400 ppm до 1200 ppm.

В системе предусмотрена возможность задавать критерии значимости и диапазоны допустимых значений параметров в соответствии с типом используемого помещения, например, например, для спортивного зала, теплицы, камеры хранения и т.п.

На рисунке 1 изображена схема станции для мониторинга показателей качества рабочей атмосферы и отправки их на сервер по сети интернет и/или с помощью технологии bluetooth.

### Схема и описание

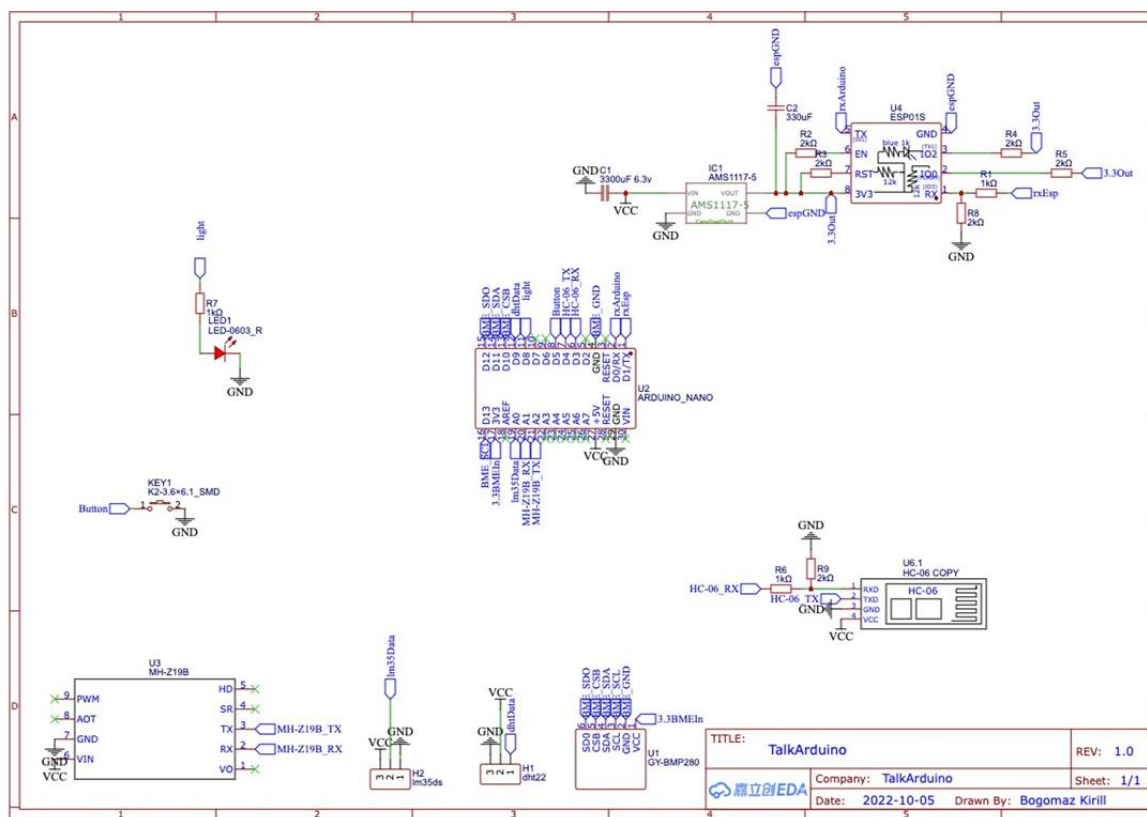


Рис. 1. Схема станции мониторинга

## Архитектура

Данная станция измеряет 4 показателя: температура, влажность, уровень углекислого газа, атмосферное давление. IoT отличается от уровневой модели OSI, т.к. он содержит более сложный граф потоков. Предлагаемая система реализована на следующих уровнях

**Физический уровень.** Показатель температуры оценивается 3 датчиками: DHT22, BME280 и LM35DS. Показатель влажности: DHT22, BME280. Углекислого газа - MH-Z19B. При необходимости данный модуль можно оснастить устройствами звукового сигнала для оповещения медицинского персонала о превышении допустимых показателей. Особенность уровня: это подключение WI-FI модуля(esp-8266-01s) и bluetooth(HC-06) модуль.

Считывание данных происходит раз в 30 мин или по нажатию на кнопку на устройстве. Процесс считывания занимает около 1 секунды; данные поступают в Serial 3 порт для передачи их на esp-8266-01s(WI-FI модуль) и последующей отправки на сервер.

**Уровень локальной сети. Общение с пользователем.** Общение с окружением происходит посредством HC-06(bluetooth). Для реализации требуется программно открыть новый порт для общения с Arduino UNO. Bluetooth защищен паролем для того, чтобы случайный пользователь не мог подключиться и испортить работу метеостанции.

**Уровень шлюзов. Выход в глобальную сеть.** Общение происходит через встроенный в Arduino UNO Serial 3 com port. На wi-fi модуль могут приходить либо показания с датчиков, либо команда на обновление пароля и имени точки доступа. на этом уровне решаются следующие задачи: проверка подключения к точке доступа, правильность введенных данных, обработка сбоя сети, валидация данных, безопасность.

**Уровень ETL. Запрос данных с сервера.** Данные с метеостанции обязаны приходить в определенном формате в теле https запроса вместе со специальным токеном в заголовке определяющим уникальность метеостанции и защищенность данных (метео-токен), далее, на сервере идет проверка, обработка и трансформация данных, также проверяется зарегистрирована ли такая метеостанция, валиден ли токен, валидация входящих параметров с датчиков и т.д..

**Уровень шлюзов. Запрос метео-данных с сервера.** Лаконичность запроса к БД, а также предельно ясная структура достигаются путем группировки данных температуры, влажности, давления, CO<sub>2</sub> по отдельным таблицам.

**Уровень безопасности.** При подключении метеостанции пользователем через мобильное приложение метеостанция получает от приложения специальный токен который будет храниться на ней для дальнейшей авторизации метеостанции на сервере, данный токен после занесения измениться не может.

Комнаты представляют собой способ организации доступа разных людей к одной метеостанции.

**Клиент. Bluetooth соединение.** После авторизации пользователю необходимо выбрать устройство (метеостанцию), к которой он подключится с помощью bluetooth. После подключения к устройству мы можем обмениваться с ним данными. После завершения работы с bluetooth terminal вызывается метод disconnect, мы отключаемся от устройства и отключаем bluetooth.

**Клиент. Контент приложения.** Пользователь может просматривать данные температуры, влажности, давления и уровень CO<sub>2</sub>. Далее данные группируются по дню, месяцу, неделе и году. На основе этих данных строятся графики для каждого датчика за определенный промежуток времени. На стороне клиента реализован механизм уведомлений.

## Заключение

От качества воздуха в помещении напрямую зависит и самочувствие человека. Рассмотренная система позволяет осуществлять контроль за качеством микроклимата в помещениях. Разработанный модуль может быть использован в качестве компонента систем мониторинга более широкого назначения.

### Список литературы

1. Carreiro-Martins, P., Viegas, J., Papoila, A.L. et al. CO<sub>2</sub> concentration in day care centres is related to wheezing in attending children. *Eur J Pediatr* 173, 1041–1049 (2014). <https://doi.org/10.1007/s00431-014-2288-4>
2. Norbäck, D., Nordström, K. Sick building syndrome in relation to air exchange rate, CO<sub>2</sub>, room temperature and relative air humidity in university computer classrooms: an experimental study. *Int Arch Occup Environ Health* 82, 21–30 (2008). <https://doi.org/10.1007/s00420-008-0301-9>
3. Lu C-Y, Lin J-M, Chen Y-Y, Chen Y-C. Building-Related Symptoms among Office Employees Associated with Indoor Carbon Dioxide and Total Volatile Organic Compounds. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2015; 12(6):5833-5845. <https://doi.org/10.3390/ijerph120605833>
4. P. MacNaughton, J. Spengler, J. Vallarino, S. Santanam, U. Satish, J. Allen Environmental perceptions and health before and after relocation to a green building *Build. Environ.*, 104 (2016), pp. 138-144
5. Norbäck, D., Nordström, K. Sick building syndrome in relation to air exchange rate, CO<sub>2</sub>, room temperature and relative air humidity in university computer classrooms: an experimental study. *Int Arch Occup Environ Health* 82, 21–30 (2008). <https://doi.org/10.1007/s00420-008-0301-9>
6. K. Engvall, P. Wickman, D. Norbäck Sick building syndrome and perceived indoor environment in relation to energy saving by reduced ventilation flow during heating season: a 1 year intervention study in dwellings *Indoor Air*, 15 (2005), pp. 120-126. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2004.00325.x>
7. X. Zhang, P. Wargocki, Z. Lian, C. Thyregod Effects of exposure to carbon dioxide and bioeffluents on perceived air quality, self-assessed acute health symptoms, and cognitive performance *Indoor Air*, 27 (2017), pp. 47-64. <https://doi.org/10.1111/ina.12284>
8. МНТКС. ЗДАНИЯ ЖИЛЫЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ. Параметры микроклимата в помещениях (ГОСТ 30494-96):10-19