

KONCEPCJA ROZPROSZONEGO SYSTEMU KONTROLI ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA BAZUJĄCEGO NA TECHNOLOGII INTERNETU RZECZY

Ryszard BOGACZ¹, Beata KRUPANEK²

1. Politechnika Śląska, Wydział Elektryczny, Katedra Metrologii, Elektroniki i Automatyki
tel.: 32 237 1241, e-mail: ryszard.bogacz@polsl.pl
2. Politechnika Śląska, Wydział Elektryczny, Katedra Metrologii, Elektroniki i Automatyki
tel.: 32 237 1241, e-mail: beata.krupanek@polsl.pl

Streszczenie: Zanieczyszczenie powietrza, to coraz poważniejszy problemem. Jednym z rozwiązań mogących wpłynąć na poprawę jakości powietrza jest ciągłe monitorowanie jego stanu. W celu wykrycia źródeł zanieczyszczeń należy kontrolować podstawowe parametry składu powietrza na rozległym terenie. Rozwiązaniem problemu może być użycie technologii Internetu Rzeczy. Rozproszona sieć czujników pomiarowych monitorujących stan powietrza w sposób ciągle komunikująca się z Internetem w sposób bezprzewodowy umożliwi przekazywanie na bieżąco informacji o rozprzestrzenianiu się zanieczyszczeń. W artykule przedstawiono koncepcję rozproszonego systemu do kontroli stanu powietrza.

Słowa kluczowe: zanieczyszczenie powietrza, Internet Rzeczy, transmisja bezprzewodowa, czujniki gazu.

1. WSTĘP

Stale rosnące zanieczyszczenie powietrza jest ściśle związane z rozwojem gospodarki, wzrostem gęstości zabudowy oraz wzrostem natężenia ruchu samochodowego. Znaczne zanieczyszczenie powietrza jest głównym problemem w obszarach miejskich, gdzie doprowadza ono do problemów z oddychaniem u wielu ludzi oraz prowadzi do pogarszania się stanu zdrowia (głównie do chorób płuc).

Współcześnie na świecie umiera wiele milionów osób (szacuje się ok. 10% ludzi) ze względu na zanieczyszczenie środowiska atmosferycznego, a w szczególności zbyt długotrwałe przebywanie w nadmiernie zanieczyszczonym powietrzu. Z raportu „Ambient Air Pollution Database 2016” [1] Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) wynika, że aż 33 z 50 najbardziej zanieczyszczonych miast Unii Europejskiej znajduje się w Polsce, w tym 10 z nich leży w województwie śląskim. Inny raport WHO z 2015 roku „Economic cost of the health impact of air pollution in Europe” [2] wskazuje, że w 2010 roku zanieczyszczenie powietrza w Polsce przyczyniło się do śmierci prawie 50 tysięcy Polaków. Szacuje się, że zanieczyszczenie powietrza pyłem zawieszonym PM_{2,5} odpowiada za blisko 0,5 mln przedwczesnych zgonów w Europie (ponad 400 tys. w 28 krajach UE), w tym za blisko 80% zgonów spowodowanych chorobami układu oddechowego i rakiem płuc [3, 4, 5].

Wpływ zanieczyszczeń powietrza na zdrowie ludzi związany jest bezpośrednio z ekspozycją człowieka na te zanieczyszczenia, co pozwala na określanie skutków krótkotrwałego oraz długotrwałego narażenia na

zanieczyszczenia powietrza. Krótkoterminowe narażenie, czyli ekspozycja na wysokie stężenia w okresie od kilku godzin do kilku dni, powoduje ostrą reakcję organizmu najbardziej wrażliwych grup ludności, a skutki tego narażenia obejmują m.in.:

- przedwczesne zgony, szczególnie związane z chorobami układu oddechowego i sercowo – naczyniowego,
- zwiększoną liczbę wizyt lekarskich oraz pogotowia ratunkowego i hospitalizacji z powodu chorób układu oddechowego i krwionośnego,
- wzrost spożycia leków,
- wzrost liczby dni nieobecności w szkole i w pracy,
- nasilenie różnych objawów chorób układu krążenia oraz oddechowego, zwłaszcza u osób będących w grupach szczególnie wrażliwych na zanieczyszczenie powietrza.

Długotrwałe narażenie na zanieczyszczenia powietrza, narażenie na relatywnie niewielkie poziomy zanieczyszczeń w okresie wielu lat, wiąże się z występowaniem skutków chorób przewlekłych. Mogą to być m. in.:

- śmiertelność z powodu chorób układu krwionośnego oraz oddechowego,
- przewlekłe występowanie chorób układu oddechowego i ich powszechne objawy (astma, inne choroby płuc) oraz zmiany w funkcjach fizjologicznych,
- postępujące osłabienie układu odpornościowego zwłaszcza u osób wrażliwych, leczących się na choroby przewlekłe lub w zaawansowanym stadium,
- nowotwory płuc,
- niska masa urodzeniowa w planowym terminie, jak również brak odpowiedniego przyrostu masy płodu.

Grupami najbardziej narażonymi na zanieczyszczenia powietrza są dzieci, osoby starsze, osoby cierpiące z powodu przewlekłych chorób serca i układu oddechowego, osoby z cukrzycą, otyłością, kobiety w ciąży oraz osoby o niskim statusie społeczno-ekonomicznym. Dzieci i niemowlęta są szczególnie narażone na zanieczyszczenie powietrza pyłem zawieszonym, ponieważ ich układ odpornościowy, oddechowy i ośrodkowy układ nerwowy nie są jeszcze w pełni rozwinięte. W stosunku do dorosłych, dzieci często spędzają więcej czasu na zewnątrz pomieszczeń, a ze względu na mniejszą pojemność płuc również częściej oddychają, przez co wdychają znacznie większą niż dorośli ilość powietrza w stosunku do masy ich ciała [6].

Zanieczyszczenie powietrza wpływa również w dużym stopniu niekorzystnie na środowisko. Degradacji ulegają tereny zielone, ale zwłaszcza tereny uprawne, co ma bezpośredni wpływ na zdrowie człowieka. Ponadto skażenie środowiska wpływa na zdrowie i populację zwierząt, zarówno hodowlanych, jak i żyjących na wolności.

Monitorowanie stanu powietrza może prowadzić do wykrycia najbardziej rażących źródeł zanieczyszczeń i je zminimalizować lub nawet całkowicie wyeliminować, a w efekcie doprowadzić do poprawy stanu zdrowia osób przebywających w zanieczyszczonym środowisku. Źródłem zanieczyszczeń powietrza jest głównie przemysł, ale również zanieczyszczenia generowane przez domy jednorodzinne ogrzewane indywidualnie, które same w sobie nie powodują znacznego zanieczyszczenia, ale ich duża liczba ma już istotny wpływ na zanieczyszczenie powietrza [7].

Najbardziej rażącym źródłem zanieczyszczeń jest ogromna liczba pojazdów, które poruszając się na długich trasach, czy też stojąc w korkach, generują do atmosfery potężne ilości zanieczyszczeń [7, 8]. Wydaje się szczególnie konieczne monitorowanie stanu powietrza pod względem zawartości w nim drobnych cząstek powstających w wyniku spalania paliw kopalnych takich jak węgiel i ropa naftowa (pyły zawieszone, zwłaszcza PM10 i PM2,5), ale również innych materiałów, a także obecności trujących i duszących gazów (tlenków i dwutlenków węgla, siarki, azotu i innych).

Jakość powietrza w miastach jest zwykle monitorowana przez lokalne stacje stacjonarne. Stała stacja monitorowania pozwala na dokładny pomiar szerokiego zakresu zanieczyszczeń. Jednak stacje monitorujące często umieszczane są w otoczeniu potencjalnie niebezpiecznych źródeł zanieczyszczeń lub w miejscach o stosunkowo dużym zagęszczeniu osób tam przebywających. Często stacje takie są oddalone od siebie o wiele kilometrów. Zanieczyszczenia miejskie są zróżnicowane przestrzennie, jak można się spodziewać, zgodnie z działaniami człowieka, topografią i lokalną mikrometeorologią.

Monitorowanie zanieczyszczenia powietrza jest stosunkowo złożonym zadaniem. Jednak z uwagi na dużą wagę tego zagadnienia podejmowane są próby skutecznego rozwiązania tego problemu. Powszechnie stosowane są rejestratory danych do okresowego zbierania danych, co jest czasochłonne i dosyć kosztowne. Nieliczne stacje z możliwością bezpośredniego przekazywania danych nie rozwiązują problemu. Duży koszt pozyskania i utrzymania stacji monitorujących jakość powietrza ogranicza liczbę takich obiektów, powodując brak możliwości skalowania systemu i bardzo ograniczoną rozdzielczość przestrzenną map zanieczyszczeń. Aby przezwyciężyć te problemy, konieczne jest przyjęcie bardziej wszechobecnych i mobilnych systemów monitorowania. Istotne jest zbudowanie rozproszonego systemu o dużych możliwościach skalowania do aktualnych potrzeb oraz lokalizacji i zmieniającej się sytuacji.

Korzystanie z bezprzewodowej sieci węzłów czujnikowych może sprawić, że monitoring zanieczyszczenia powietrza będzie łatwiejszy i tańszy, a co za tym idzie bardziej powszechny. Ułatwione staje się rozmieszczanie większej liczby punktów pomiarowych we wspólnej sieci. Będzie można także uzyskać natychmiastowe odczyty wielu parametrów powietrza z różnych miejsc jednocześnie. Wskazanie źródeł zanieczyszczeń pozwoli poprawić świadomość społeczeństwa w tym zakresie, a tym samym wpłynie na poprawę jakości stanu powietrza.

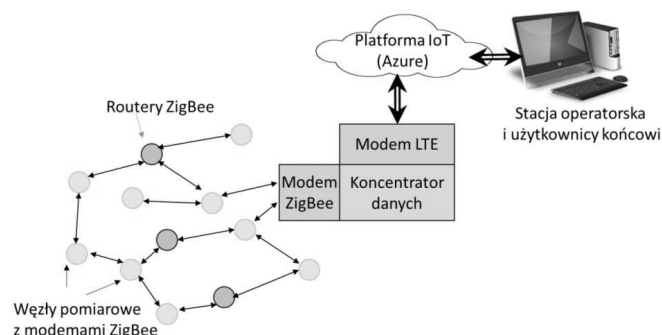
2. KONCEPCJA SYSTEMU

W artykule zaproponowano rozwiązanie problemu ciągłego monitoringu i rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń powietrza poprzez wykorzystanie do tego celu systemu bazującego na technologii Internetu Rzeczy. Rozwiązania takie są coraz częściej spotykane [9, 10, 11, 12, 13, 14] jednak ich realizacja w dużej mierze zależy od specyfiki regionu i uwarunkowań ekonomicznych oraz technicznych miejsc implementacji.

Podstawą budowy bezprzewodowej sieci czujników do monitorowania stanu powietrza opartego na koncepcji Internetu Rzeczy jest sieć bezprzewodowych czujników pracujących w topologii typu Mesh. Jest to konfiguracja zapewniająca największą swobodę w rozmieszczaniu czujników i łatwość rozbudowy o kolejne elementy. Do zbudowania sieci należy wykorzystać właściwe układy do transmisji radiowej, które mają możliwość pracy w wymaganej konfiguracji, mogą współpracować bezprzewodowo z dużą liczbą węzłów, są proste w obsłudze, a przede wszystkim mają stosunkowo niewielki pobór prądu przy możliwie jak największym zasięgu.

System korzysta z rozproszonego zestawu prostych czujników pomiarowych, które będzie można łatwo rozbudowywać. Możliwe będzie zarówno dokładanie kolejnych węzłów pomiarowych do sieci, jak również rozbudowywanie istniejących węzłów o dodatkowe czujniki. Czujniki wraz z systemem transmisji bezprzewodowej będą miały możliwość wzajemnej komunikacji, co powinno zapewnić właściwy zasięg danych pomiarowych. Dane pochodzące z „chmury” czujników będą dostępne w „chmurze” Internetowej, za pośrednictwem której będą dostępne dla każdego upoważnionego użytkownika (rys. 1). System będzie mógł gromadzić wyniki pomiarowe, a także da możliwość dalszej analizy otrzymanych danych.

Opisywane rozwiązanie może być ciekawą alternatywą dotychczas stosowanych rozwiązań, które bazują na kosztownych układach pomiarowych, które znajdują się w niewielu miejscach, a przez to nie dają pełnej informacji o źródłach zanieczyszczeń oraz kierunkach ich rozprzestrzeniania, jak również na nielicznych rozwiązaniach mobilnych.



Rys.1. Struktura systemu kontroli zanieczyszczeń powietrza

Przedstawiony system zapewnia możliwość dynamicznej rozbudowy, zarówno o punkty pomiarowe, jak i kolejne urządzenia retransmitujące dane, których celem jest zwiększanie zasięgu dostępności danych z sieci pomiarowej. Dzięki Internetowi Rzeczy możliwe będzie nie tylko uzyskanie informacji o zagrożeniach, ale przede wszystkim skuteczna walka z nimi. Ponadto możliwe będzie określenie gdzie zanieczyszczenia są mniejsze, a tym samym gdzie

przebywanie osób przez dłuższy czas jest mniej szkodliwe dla zdrowia.

W proponowanym przez autorów systemie monitoringu zanieczyszczeń powietrza opartym na Internecie Rzeczy założono następujące wymagania:

- system powinien umożliwiać zbieranie danych z możliwie jak największego obszaru, zapewniając przy tym możliwości rozbudowy,
- powinna istnieć możliwość pomiaru wielu różnych parametrów powietrza, w tym zawartości drobnego pyłu czy szkodliwych gazów
- konieczne jest umożliwienie dostępu do sieci zapewniającej szeroki zasięg w celu zebrania informacji o środowisku atmosferycznym bez ograniczeń lokalizacji i przesłania ich do serwera,
- wskazane jest zapewnienie wizualnej formy wyników, dzięki czemu użytkownicy mieliby możliwość wygodnego korzystania z wyników za pośrednictwem aplikacji internetowej lub smartfonu.

Proponowany system składa się z urządzeń do pomiaru parametrów atmosferycznych, urządzeń do retransmisji i gromadzenia danych oraz aplikacji dla urządzeń końcowych. Zgodnie z założeniami koncepcji Internetu Rzeczy każdy węzeł sieci będzie identyfikowany i będzie miał możliwość komunikacji bezprzewodowej z użytkownikiem końcowym. W celu ograniczenia ruchu w sieci LTE zastosowane zostaną węzły pośredniczące

Przyjęto, że system powinien się składać z kilku podstawowych elementów. Najważniejszą częścią jest sieć rozproszonych bezprzewodowych węzłów czujnika. Bezprzewodowa sieć czujników to powiązana infrastruktura składająca się z części czujnikowej i komunikacyjnej, która umożliwia administratorowi systemu monitorowanie i kontrolowanie pożądaných parametrów powietrza.

Zastosowane w systemie czujniki parametrów powietrza będą się znajdować w każdym węźle, ale dopuszczalne są węzły bez czujników. Czujniki w systemie mogą być dowolnego rodzaju, ale zakłada się, że zastosowane będą najprostsze i najtańsze w celu stworzenia jak największej sieci pomiarowej. Czujniki z wyjściem analogowym lub cyfrowym będą podłączone w węźle do mikrokontrolera. Mikrokontroler poprzez wejścia analogowe lub cyfrowe będzie okresowo odczytywał zmierzone parametry oraz przesyłał je za pośrednictwem węzłów retransmisyjnych do węzłów z dostępem do Internetu.

Zaproponowano, aby układami służącymi do transmisji bezprzewodowej pomiędzy węzłami sieci były układy pracujące w standardzie ZigBee. Zaletą tej sprawdzonej technologii jest łatwość rozbudowy sieci o dużej liczbie węzłów (dopuszcza się możliwość wystąpienia 65 tysięcy węzłów), niski pobór mocy (poniżej 100 mW w czasie transmisji), stosunkowo duży zasięg w otwartym terenie (do 300 m) a także niskie koszty. Innym wartym rozważenia rozwiązaniem jest rozwijany standard Wireless HART.

Do sterowania pracą węzła zastosowany zostanie prosty mikrokontroler z rodziny AVR lub ARM, który powinien być przede wszystkim energooszczędny. Zadania realizowane przez niego nie będą skomplikowane, będą się ograniczać jedynie od odczytywania danych z czujników i retransmisji danych. Mając jednak na uwadze elastyczność systemu należy zastosować układ, który sprosta wymaganiom w dłuższej perspektywie czasu, a jednak nie będzie znacząco podnosił kosztów systemu. W prototypowym systemie zdecydowano się na wykorzystanie standardowej platformy Arduino.

Przewiduje się również możliwość użycia w systemie układów GPS, których celem będzie ustalenie pozycji zainstalowanych czujników oraz wyznaczanie aktualnego czasu pomiaru. Jako wyposażenie opcjonalne systemu przewiduje się interfejsy lokalne węzłów do podłączenia ewentualnych dodatkowych czujników jak również interfejsu użytkownika do lokalnego zarządzania węzłami oraz podglądu lokalnie wyników pomiarowych za pośrednictwem komputera lub dedykowanego wyświetlacza.

Niezależnie od użytego mikrokontrolera należy zadbać o właściwe zasilanie układu, dlatego istotny jest nie tylko mały pobór prądu przez użyte układy, ale również możliwość samozasilania, czyli użycie technologii „energy harvesting”. Technologia ta, obecnie intensywnie rozwijana, daje możliwość pozyskiwania energii lokalnie z różnych źródeł. Każdy z węzłów powinien posiadać potencjalną możliwość pracy autonomicznej.

Każdy z węzłów sieci ma możliwość podłączenia stosownych czujników środowiskowych. Poszczególne węzły sieci będą mogły pracować jedynie jako węzły pośredniczące w transmisji i zwiększające zasięg sieci (węzły transmisyjne) lub też jako w pełni wyposażone węzły, których zadaniem będzie zbieranie kompletu potrzebnych informacji dotyczących stanu powietrza (węzły pomiarowe). Węzły projektowane jako transmisyjne będą miały możliwość rozbudowy do postaci węzłów pomiarowych, co może docelowo zagęścić sieć pomiarową.

Poza wymienionymi węzłami w sieci występować będzie ograniczona liczba węzłów służących do przekazywania danych na zewnątrz sieci. Do przesyłania dużej ilości danych w sposób globalny wykorzystana zostanie technologia LTE. W niewielkich sieciach może okazać się wystarczający jeden taki węzeł pełniący jednocześnie rolę koordynatora dla sieci Mesh. W większych, bardziej rozległych sieciach, gdzie będą transmitowane duże ilości danych, a ponadto istnieje ryzyko utraty danych ze względu na zerwanie zasięgu w sieci Mesh, można użyć większej liczby modemów GSM. Technologia GSM, a zwłaszcza LTE, doskonale sprawdza się w integracji systemów pracujących w rozwiązaniach Internetu Rzeczy.

Centralnym punktem gromadzenia danych będzie serwer z bazą danych gromadzącą wyniki pomiarów w celu ich archiwizacji, dalszego przetwarzania i obrazowania, za pośrednictwem którego osoby zarządzające systemem, jak również użytkownicy indywidualni będą mogli przeglądać dane pomiarowe i na ich podstawie samodzielnie ocenić stan powietrza, jak również zorientować się co do kierunków rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń oraz gradientu zmian w poszczególnych punktach sieci.

Głównymi wymaganiami stawianymi przed taką siecią czujników na etapie jej projektowania i eksploatacji jest:

- opracowanie właściwej architektury węzłów sieci oraz sposobu ich interakcji z innymi węzłami i dostępnymi czujnikami,
- określenie sposobu zbierania odczytów zanieczyszczenia powietrza z regionu, w którym sieć czujników jest zainstalowana,
- zapewnienie stabilności i bezpiecznego przepływu informacji pomiędzy dużą liczbą węzłów w celu zbierania odczytów oraz przesyłania ich do urządzeń komunikacyjnych, należy przy tym zminimalizować ilość zduplikowanych oraz nieprawidłowych danych,
- zastosowanie odpowiedniej agregacji danych w celu zmniejszenia zużycia energii podczas transmisji dużej ilości danych pomiędzy poszczególnymi węzłami,

- zapewnienie wizualizacji danych zebranych z bezprzewodowej sieci czujników za pomocą metod statystycznych i przyjaznych dla użytkownika, takich jak tabele i wykresy,
- dostarczenie użytkownikowi końcowemu narzędzi do klasyfikacji różnych poziomów zanieczyszczenia powietrza wraz z powiązanymi w czytelny sposób metodami wizualizacji, które mogą zintensyfikować powagę zanieczyszczenia powietrza,
- generowanie raportów dziennych lub okresowych, a także powiadomień w czasie rzeczywistym w sytuacji gdy w sposób poważny stan zanieczyszczenia powietrza wzrośnie, informując przy tym odpowiednie służby.

W celu realizacji opisanego systemu bazującego na Internecie Rzeczy konieczne jest zastosowanie zrównoważonych technologii w kontekście inteligentnego miasta. Wyzwaniem staje się umieszczenie inteligencji w zwykłych układach pomiarowych, umożliwiając tym urządzeniom uczenie się, aby stały się bardziej autonomicznymi poprzez wymianę danych i informacji z innymi obiektami, a także utrzymanie niezawodności, odporność na awarie, a także zdolność odnajdywania się w zmieniającej się strukturze sieci rozproszonej.

Drugim ważnym wyzwaniem jest porządzenie sobie z heterogenicznymi platformami wielu inteligentnych urządzeń, na których ma być wdrożony system. Ponadto należy zająć się kwestiami związanymi z kompleksowym bezpieczeństwem i prywatnością. Dlatego szyfrowanie może okazać się konieczne w celu zwiększenia odporności na ingerencję w transmitowane dane. Zapobieganie awarii systemu jest również kluczowe w implementacji takich urządzeń. Problem skalowalności systemu jak również przetwarzania dużych ilości danych są kluczowymi do rozwiązania problemami w proponowanym systemie.

3. WNIOSKI KOŃCOWE

Rozproszony system kontroli zanieczyszczenia powietrza bazujący na koncepcji Internetu Rzeczy może stanowić skuteczną formę walki o poprawę stanu powietrza. Dzięki prostocie konstrukcji oraz stosunkowo niskim kosztom możliwe będzie zrealizowanie sieci pomiarowej o dużej gęstości i dużym obszarze działania. Poszczególne węzły sieci zostaną rozmieszczone w zasięgu widoczności radiowej innych węzłów. Każdy z węzłów sieci może pracować autonomicznie, albo łączyć się radiowo z innymi czujnikami w sieci. Do każdego z węzłów sieci mogą zostać dołożone czujniki pomiarowe. Jednocześnie możliwe będzie względnie łatwe i szybkie przekazywanie informacji o aktualnym stanie powietrza do centralnej bazy danych, a za jej pośrednictwem do każdego użytkownika systemu. Dalsze badania wdrożeniowe zostaną zrealizowane w ramach projektu badawczego po otrzymaniu funduszy.

4. BIBLIOGRAFIA

1. WHO, Ambient Air Pollution Database, 2016
2. WHO, Economic cost of the health impact of air pollution in Europe, 2015
3. EEA, Air quality in Europe - 2014, European Environment Agency, Report No 5/2014
4. Juda-Rezler K., Toczko B., i in.: Pyły drobne w atmosferze. Kompendium wiedzy o zanieczyszczeniu powietrza pyłem zawieszonym w Polsce, Inspekcja Ochrony Środowiska, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, 2016
5. Inspekcja Ochrony Środowiska, Piętnasta roczna ocena jakości powietrza w województwie śląskim, obejmująca 2016 roku, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Katowicach, Katowice, 2017
6. Gładka A., Zatoński T.: Wpływ zanieczyszczenia powietrza na choroby układu oddechowego, Problemy Nauk Biologicznych, Tom 65, Nr 4/2016, s. 573-582
7. Fuksa D., Ciszynska E.: Analiza i prognoza zanieczyszczenia powietrza na przykładzie aglomeracji miejskiej Krakowa, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole, 2010
8. Dębski B. i inni: Krajowy bilans emisji SO₂, NO_x, CO, NH₃, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO w układzie klasyfikacji SNAP i NFR. Raport podst. Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE), Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, 2015
9. Kavi K. Khedo, Rajiv Perseedoss, Avinash Mungur: A Wireless Sensor Network Air Pollution Monitoring System, International Journal of Wireless Mobile Networks, No 2, Vol. 2, 2010
10. Satyanarayana G.V., Mazaruddin S.D.: Wireless Sensor Based Remote Monitoring System for Agriculture Using ZigBee and GPS, Conference on Advances in Communication and Control Systems 2013
11. Pasalic D., Bundalo Z., Bundalo D., Cvijic B.: ZigBee-based Data Transmission and Monitoring Wireless Smart Sensor Network Integrated with the Internet, 4th Mediterranean Conference on Embedded Computing MECO, Budva, Montenegro, 2015
12. Tapashetti A., Vegiraju D., Ogunfunmi T.: IoT-Enabled Air Quality Monitoring Device. A Low Cost Smart Health Solution. Global Humanitarian Technology Conference, IEEE, 2016
13. Saha H. N, Auddy S., Chatterjee A., Pal S., Pandey S., Singh R., Singh R., Sharan P., Banerjee S., Ghosh D., Maity A.: Pollution Control using Internet of Things (IoT), IEEE, 2017
14. Seung H. K., Jong M. J., Min T. H., Chang S. K.: Development of an IoT-based Atmospheric Environment Monitoring System, ICTC, IEEE, 2017

THE CONCEPT OF DISTRIBUTION SYSTEM FOR AIR POLLUTION CONTROL BASED ON THE INTERNET OF THINGS TECHNOLOGY

Air pollution is an increasingly serious problem. One of the ways to improve air quality is to constantly monitor its condition. In order to detect pollution sources, it is necessary to control the basic parameters of air composition on a large area. The solution to the problem may be the use of Internet of Things technology. A distributed network of sensors that communicates with the Internet in a wireless way will enable the transmission of information on the spread of pollution on an ongoing basis. The article presents the concept of a distributed system for air condition monitoring.

Keywords: air pollution, Internet of Things, wireless transmission, gas sensors.