

# MOBILE WIRELESS SENSOR NETWORK FOR ENVIRONMENT MONITORING

**Klára Nečasová**

Gymnázium, Brno-Řečkovice, Terezy Novákové 2

E-mail: klarksonn@gmail.com

Supervised by: Patrik Morávek

E-mail: moravek@phd.feec.vutbr.cz

**Abstract:** This project focuses on the wireless sensor networks involvement in environmental monitoring. The main goal of the project is to design and build experimental wireless sensor network for gas concentration monitoring. The work is aimed at inter node communication possibilities in wireless sensor networks. The main advantage of the project is gas concentration monitoring under harsh conditions, in inaccessible areas, the possibility of monitoring to order and high reliability. The whole network can be effortlessly redeployed. The gathered data can be used for statistics and for trend line forecasts. Regular monitoring forces big plants to observe environmental regulations.

**Keywords:** Wireless sensor network, WSN, sensor node, communication, gas concentration measuring, XBee modul, monitoring

## 1. ÚVOD

Cílem práce je navržení a sestavení přenosné bezdrátové senzorové sítě pro monitorování životního prostředí. S ohledem na globální oteplování způsobené skleníkovými plyny se soustřeďuje na sledování obsahu oxidu uhličitého v ovzduší. Měření koncentrace oxidu uhelnatého a oxidu dusičitého v ovzduší bylo zvoleno proto, že patří mezi hlavní znečišťovatele ovzduší ve městech. Obecně lze však tuto senzorovou síť využít pro monitorování koncentrace jakéhokoli plynu. Práce se podrobněji zabývá popisem koncepce přenosné bezdrátové sítě pro monitorování životního prostředí, je popsáno zprovoznění této sítě a jsou zhodnoceny výsledky experimentálního provozu. Hlavním přínosem je schopnost této sítě dlouhodobě, nepřetržitě měřit teplotu a monitorovat koncentraci vybraných plynů v ovzduší, a to i v nedostupných oblastech s nepříznivými podmínkami, nebo na objednávku v určitých lokalitách. Při překročení povolených limitů koncentrace v průmyslových zónách lze zkontaktovat příslušné závody, které vyloučí nebo potvrdí příčiny monitorovaných koncentrací. Takto lze vysledovat, zda nedošlo k havárii, technologické nekázni či zda z podniků nebyly podány záměrně zavádějící informace. Následně mohou být přijata opatření, která povedou k ozdravení ovzduší. Pomocí dalších měření se prověří jejich účinnost a pak se může celá bezdrátová senzorová síť lehce přemístit jinam. Ve svém důsledku nutí nepřetržitě monitorování životního prostředí velké znečišťovatele respektovat platné právní předpisy a technologickou kázeň, což vede ke zlepšení imisní a emisní kvality ovzduší.

## 2. CHARAKTERISTIKA EXPERIMENTÁLNÍ PŘENOSNÉ BEZDRÁTOVÉ SENZOROVÉ SÍTĚ PRO MONITOROVÁNÍ OVZDUŠÍ

Pro označení bezdrátových senzorových sítí se používá zkratka WSN (Wireless Sensor Networks). Skládají se ze samostatných prvků (uzlů). Na nich jsou připevněny senzory pro monitorování fyzikálních veličin [1]. Funkce uzlu lze shrnout do třech bodů: snímání fyzikálních vlastností, lokální zpracování dat a bezdrátová komunikace. Dalším prvkem sítě jsou brány, které shromažďují data od uzlů. V projektu se každý uzel skládá ze základní desky, ke které je připojena hlavní baterie, ze senzorové desky, na kterou se pak umístí senzory, a také zde nechybí XBee modul. Tento modul

umožňuje bezdrátovou komunikaci mezi uzly. Experimentální síť je sestavena z komponent společnosti Libelium, a to z jedné brány a ze dvou sensorových uzlů. Běžně tvoří síť až tisíce uzlů.

## 2.1. MULTIHOP KOMUNIKACE

Jednotlivé sensorové uzly jsou naprogramovány v jazyce C++. Ve vytvářené síti bylo zapotřebí vytvořit komunikaci typu multihop. Multihop komunikace se používá tam, kde je rádiový dosah uzlu kratší než jeho geografická vzdálenost k bráně (cíli). V sensorové síti, která pracuje na výše uvedeném typu komunikace, každý sensorový uzel zasílá své naměřené hodnoty do cílové stanice (brány) pomocí jiných uzlů [2].

Již ve zdrojových kódech pro sensorové uzly bylo nutné do zprávy zahrnout informaci o tom, ze kterého uzlu data pocházejí, kdy byla naměřena a zda překračují nastavený limit. Celkový formát zprávy je uveden níže. Mezi trojicemi znaků „#“ a „&“ se nachází užitečná data.

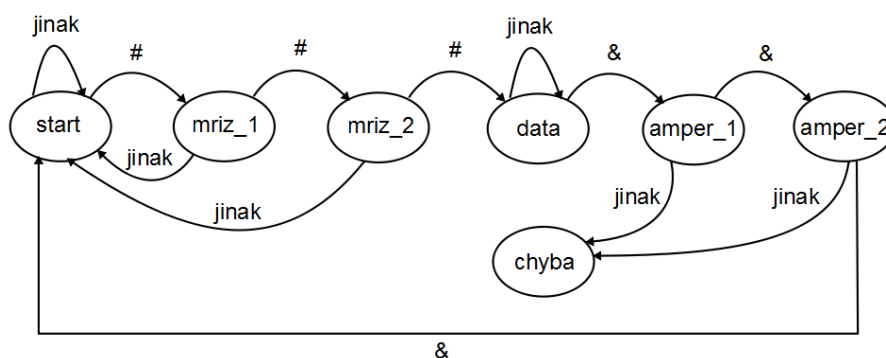
```
###S/R;E/-E/-E/-;CO2;CO;NO2;teplota;dd:mm:rrrr;hh:mm:ss&&&
```

Následující označení slouží k identifikaci sensorového uzlu, ze kterého byla zpráva odeslána. Znak „S“ označuje odesílatele (sender), který posílá data druhému sensorovému uzlu, znak „R“ označuje příjemce (receiver), který shromažďuje všechna data a zasílá je bráně. Aby bylo možné indikovat překročení povolených koncentrací plynů v ovzduší, bylo zvoleno následující označení. Znak „E“ (exceeded) značí, že byla zadána prahová hodnota překročena, znak „-“ signalizuje, že k překročení prahové hodnoty nedošlo. Hodnoty ze sensorů jsou uvedeny v desetinném formátu se čtyřmi desetinnými místy. Datum je uvedeno ve formátu dd:mm:rrrr a čas ve formátu hh:mm:ss. Konkrétní ukázka naměřených hodnot v CSV formátu:

```
###S;E--;376,9414;0,0228;0,9883;-3,8709;27.12.11;12:6:38&&&
```

Vývojové prostředí Waspnote IDE, ve kterém byly vytvářeny zdrojové kódy pro uzly, umožňuje zobrazit data, která jsou mezi prvky sítě posílána. Spolu s odesílanými daty se zobrazují hlavičky pro IEEE 802.15.4 protokol. Tyto znaky nejsou určeny pro uživatele, ale pouze pro jednotlivé komponenty, uživateli se jeví jako nesrozumitelné znaky. Toto chování je normální a nelze je nijak ovlivnit [3]. Proto bylo nutno vytvořit aplikaci v jazyce C#, která bude snímat data z USB portu, na kterém je připojena brána a odstraní z přijatých dat přebytečné znaky.

Pro výběr užitečných dat ze zprávy byla využita metoda konečného automatu. Ten umožňuje přijatá data projít znak po znaku a vybrat z nich části, které jsou užitečné. Konečný automat se skládá ze stavů (znázorněny ovály) a také z přechodů (znázorněny šipkami). Nad těmito šipkami jsou uvedeny znaky, pomocí nichž se dostáváme do dalších stavů. Samotný proces výběru užitečných dat lze rozdělit do tří částí. Načtení uvozujících znaků (#), ukládání užitečných dat a načtení ukončujících znaků (&). Postupně jsou načteny tři uvozující znaky zprávy, potom ve stavu *data* jsou ukládány potřebné údaje a na závěr se po načtení třech ukončujících znaků dostáváme zpět do počátečního stavu *start*. Celý popsaný postup se může opakovat. Na obrázku 1 je grafické vyjádření konečného automatu.



Obrázek 1: Konečný automat zpracování zprávy.

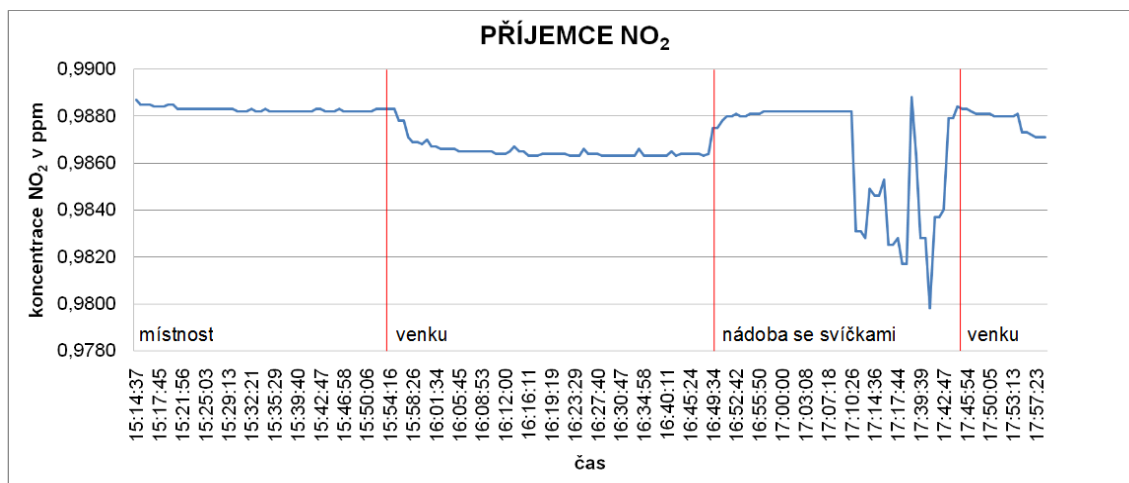
### 3. EXPERIMENTÁLNÍ PROVOZ

Sestavená síť byla uvedena do provozu v interiéru rodinného domu a třikrát nepřetržitě pracovala po dobu 2-3 hodin. Byla simulována různá prostředí. Senzory byly nechávány v místnosti, vynášeny ven nebo vkládány do uzavřené nádoby s hořícími svíčkami (kvůli změně koncentrace plynů).

Získané údaje je možné dále využívat také k tvorbě statistik nebo při předpovídání vývojových trendů.

### 4. ZÁVĚR

V průběhu experimentálního provozu jsem ověřila, že sestavená bezdrátová sensorová síť je plně funkční a je schopna nepřetržitě snímat a ukládat data. Z dat byly sestaveny grafy, ze kterých je možno vyčíst kolísání teploty i změny koncentrace plynů (viz obrázek 2). K překročení povolených limitů nedošlo. Všechny stanovené cíle práce byly splněny a bezdrátová sensorová síť může být podle návrhu použita k monitorování životního prostředí.



Obrázek 2: Graf příjemce NO<sub>2</sub>.

### LITERATURA

- [1] Valouch, J. Hromadná komunikace v bezdrátových sensorových sítích. Brno 2009, 55 s. Diplomová práce na Fakultě elektrotechniky a komunikačních technologií, ústav telekomunikací. VUT Brno. Vedoucí diplomové práce Ing. Milan Šimek.
- [2] Mizera, J. Využití sensorových bezdrátových sítí pro monitorování životního prostředí. Brno 2011. Bakalářská práce na Fakultě elektrotechniky a komunikačních technologií, ústav telekomunikací. VUT Brno. Vedoucí bakalářské práce Ing. Patrik Morávek.
- [3] Libelium Fórum, [online] <http://www.libelium.com/forum/viewtopic.php?f=19&t=7704&p=15871&hilit=serial+monitor+strange+data#p15871>