

Bezdrôtové senzorické siete

– súčasnosť, perspektívy, aplikácie (2)

V prvej časti seriálu sme sa zaoberali vývojom v oblasti bezdrôtových senzorických sietí vo svete a uviedli sme aj príklady konkrétnych aplikačných oblastí tejto technológie. V druhom pokračovaní sa budeme venovať ďalším možnostiam aplikácií bezdrôtových senzorických sietí.

Ďalšie zaujímavé aplikácie WSN možno nájsť pri monitorovaní a ochrane životného prostredia. Monitorovanie prostredia patrí dnes snáď medzi najčastejšie aplikácie bezdrôtových sietí senzorov. Práve tieto aplikácie vyžadujú použitie veľkého počtu lacných snímacích prvkov, ktoré možno jednoducho rozmiestniť do sledovanej oblasti. Ako najčastejšie aplikácie možno uviesť monitorovanie pohybu ľadovcov, monitorovanie a ochrana lesa pred požiarimi, nepovoleným výrubom, pytlíkmi, varovné systémy pred záplavami a ďalšími prírodnými katastrofami, sledovanie zmien mikroklimy, intenzity snečného žiarenia a množstvo ďalších zaujímavých aplikácií. V [3] a [4] sú uvedené zaujímavé konkrétne aplikácie WSN. Jednou z týchto aplikácií je využitie WSN na monitorovanie zmien ľadovcov v Nórsku. Jednotlivé senzory sú umiestnené vo vyvŕtaných dierach v rôznych hĺbkach ľadovca. Sensory sú schopné snímať teplotu, tlak a náklon. Získané údaje prenášajú do základnej stanice, ktorá je umiestnená na povrchu ľadovca. Základná stanica sníma pohyby ľadovca prostredníctvom diferenciálnej GPS a všetky získané údaje prenáša prostredníctvom GSM do monitorovacieho strediska. Podľa [4] WSN obsahuje približne sto senzorov so životnosťou niekoľko mesiacov až rok.

Ďalšou zaujímavou aplikáciou je monitorovanie činnosti sopky [3]. V severnom Ekvádore na sopke Reventador bolo rozmiestnených 16 senzorov. Každý senzor bol vybavený seizmometrom, mikrofónom a komunikačnou jednotkou, z toho 14 senzorov obsahovalo aj priemyselný geofón GS-11 so zlomovou frekvenciou 4,5 Hz a ďalšie dva senzory využívali trojosové seizmometre GS-1 so zlomovou frekvenciou 1 Hz. Každý senzor bol napájaný prostredníctvom dvoch alkalických článkov D. Sensory boli umiestnené 200 až 400 m od seba. Jednotlivé senzory využívajú multi-hop smerovanie a komunikujú s ústredňou, ktorá prostredníctvom RF komunikácie s veľkým dosahom prenáša získané údaje do základnej stanice. Každý senzor vzorkuje sledované veličiny s frekvenciou 100 Hz, pričom dáta uchováva v lokálnej pamäti. Ak sa v priebehu sledovania vyskytne definovaná udalosť, dáta sa prenesú do ústredne a ďalej do základnej stanice. Systém slúži na lepšie pochopenie mechanizmu vulkanických pochodov s konečným cieľom predpovedať výskyt závažných sopečných erupcií.

Zaujímavou aplikáciou WSN, ktorú však nemožno úplne korektné zaradiť do tejto skupiny aplikácií, je príklad opísaný v [12] – tzv. virtuálny plot. Mobilné zariadenia – senzorické uzly sú umiestnené v obkoloch na sledovaných zvieratách. Pomocou akustických stimulov usmerňujú pohyb dobytku tak, aby sa dobytok pohyboval v súlade s požiadavkami z centra. Takýmto spôsobom možno realizovať tzv. virtuálny plot, ktorého umiestnenie možno dynamicky prispôbovať aktuálnym požiadavkám. Každé zariadenie obsahuje GPS prijímač, akustický výstup a komunikačný modul. Zariadenia tvoria multi-hop ad-hoc sieť, prostredníctvom ktorej komunikujú so základnou stanicou. Z nej dostávajú jednotlivé zariadenia koordináty, ktoré definujú polohu virtuálneho plota. Na základe vyhodnotenia konkrétnej polohy sledovaného zvierata a definovaných koordinát sa generuje akustický signál na usmernenie pohybu zvierata. Napriek skutočnosti, že experimentálne zariadenia boli realizované len provízorne pomocou PDA, WiFi a GPS prijímača v počte 10 kusov, autori v závere tvrdia, že dosiahnuté výsledky poukazujú na dobré možnosti ďalšieho komerčného využitia. Nebudeme bližšie rozoberať ďalšie, dnes už klasické aplikačné oblasti, ako je sledovanie pohybu voľne žijúcich zvierat, monitoring stavu vrchných vrstiev oceánov z hľadiska teplotného profilu a znečistenia a mnohé ďalšie zaujímavé aplikácie.

Ďalšou perspektívnou aplikačnou oblasťou bezdrôtových senzorických sietí je oblasť starostlivosti o zdravie a záchranná služba. Je zrejme, že s využitím technológií WSN možno zvýšiť súčasnú úroveň monitorovania pacientov a úroveň zdravotnej starostlivosti. Ako príklad uveďme monitorovanie vitálnych funkcií pacientov v nemocnici. Tieto monitorovacie systémy umožňujú pohyb pacienta pri zachovaní všetkých funkcií statických systémov. Ako príklad monitorovacieho systému s využitím WSN uveďme aplikáciu podľa [4]. Monitorovací systém pozostáva zo štyroch základných komponentov. Sú to identifikátor pacienta, súbor snímačov, zobrazovacie zariadenie a nastavovacie pero. Identifikátor pacienta je špeciálny prvok, ktorý obsahuje údaje o pacientovi a pripája sa k pacientovi pri prijíme. Súbor snímačov zabezpečuje meranie dôležitých vitálnych funkcií od teploty až po záznam EKG. Merané údaje a vitálne znaky môžu byť sledované prostredníctvom zobrazovacieho zariadenia. Nastavovacie pero používa personál nemocnice na zriadenie alebo odstránenie priradení medzi jednotlivými zariadeniami. Pero vysiela unikátne ID a umožňuje komplexný pohľad na jedného vybraného pacienta. Všetky zariadenia, ktoré sú adresované týmto ID, vytvárajú tzv. Body Area Network.

Zaujímavou aplikáciou z oblasti WSN je aj asistenčný systém záchranej služby pri záchrane ľudí zasypaných lavínou [4]. Cieľom systému je spresnenie lokalizácie zasypaných ľudí s mechanizmom určenia priority pri záchranných prácach podľa stavu obetí. Stav obetí sa určuje na základe tepu srdca, respiračnej aktivity, úrovne vedomia a prípadných ďalších faktorov. Rizikové skupiny návštevníkov hôr sú vybavené zariadením so snímačmi (oximeter, akcelerometer a pod.) a s RF komunikačným modulom. Ak sú zasypaní lavínou, možno ich približne lokalizovať a zistiť ich aktuálny stav. Na základe získaných informácií sa stanovuje postup záchranných prác.

Je zrejme, že v opísanej aplikačnej oblasti možno nájsť podstatne viac príkladov využitia technológie WSN. Spomeňme len oblasť starostlivosti o staršiu generáciu, prípadne o ľudí s telesným postihnutím, ktorým moderné technológie dovoľujú zvýšiť kvalitu života. V tejto oblasti by bolo možné nájsť mnoho inšpiratívnych príkladov.

S využitím technológie WSN sa dnes často stretáme v dopravných aplikáciách. Pri monitorovaní a riadení dopravy sú zdroje informácií priestorovo rozptýlené v rozľahlej oblasti. Komplexný prehľad o stave dopravy možno získať len na základe informácií získaných z veľkého počtu vhodne rozmiestnených snímačov. Problematika monitorovania a riadenia dopravy preto prirodzene smeruje aj do oblasti aplikácií senzorických sietí. V súčasnosti sa najčastejšie stretáme s nasledujúcimi aplikáciami WSN:

- monitorovanie dopravy [13], [14],
- monitorovanie a riadenie parkovísk [15], [16],
- adaptívne riadenie križovatiek [17], [18].

Pripomeňme, že 5. augusta 2008 EK vyčlenila frekvenčné pásmo 5 875 až 5 905 MHz pre aplikácie inteligentných dopravných systémov (IDS). V tomto frekvenčnom pásme vznikol na základe std. 802.11p komunikačný systém VANET, ktorý umožňuje komunikáciu medzi vozidlami (V2V) a medzi vozidlami a dopravnou infraštruktúrou (V2I). Tento systém sa často súhrnne označuje ako V2X. Základný prvok komunikačnej siete V2X predstavuje komunikačná jednotka umiestnená na vozidle (OBU), ktorá sprostredkúva výmenu informácií medzi vozidlami navzájom a vozidlami a dopravnou infraštruktúrou. V [19] sa navrhuje ako komplement k systému V2X vyvinúť špeciálny komunikačný systém medzi cestou a vozidlom (R2V). Uvedený systém by bol tvorený jednotkami OBU, ktoré by sa v tomto prípade doplnili o ďalší komunikačný modul na báze std.

802.15.4 a snímacími a komunikačnými prvkami zabudovanými do povrchu vozovky. V prvej etape by sa snímače s RF komunikáciou inštalovali len v kritických úsekoch, ako sú tunely, mosty, nebezpečné zatáčky, križovatky a pod. Takto vytvorený zhluk snímačov by poskytoval najmä dve základné služby:

- prevenciu pred nehodami včasným varovaním vodičov o námraze, obsadení úseku, nehode a pod.,
- informácie v prípade vyšetrovania príčin nehody.

Ako ďalšie zaujímavé využitie WSN v dopravných aplikáciách môžeme spomenúť problematiku manažmentu parkovísk [20], [16]. Lokalizácia voľných parkovacích miest sa s narastajúcim počtom motoristov stáva vážnym problémom, ktorým sa v súčasnosti zaoberá viacero výskumných tímov. V parkovacích domoch sa na identifikáciu stavu parkovacieho miesta a navigáciu vodičov dnes väčšinou využívajú systémy snímačov a zobrazovacích jednotiek s komunikáciou prostredníctvom vedení, najčastejšie CAN. Je zrejme, že tieto systémy sú z hľadiska komunikačnej infraštruktúry a jej inštalácie pomerne náročné. Jednoduchšie riešenia môže ponúknuť WSN technológia. Zaujímavé riešenie uvedeného problému je opísané v [16]. Autori navrhujú rozmiestniť magnetické snímače HMC1002 a komunikačné uzly do kľúčových bodov jednotlivých sektorov parkoviska a na základe informácií z jednotlivých uzlov identifikovať počet voľných parkovacích miest v danom sektore. Je zrejme, že senzory musia byť schopné zaznamenať všetky vozidlá prichádzajúce do zóny a podobne všetky odchádzajúce vozidlá. Na základe rozdielu možno určiť počet voľných parkovacích miest v sledovanej zóne. V článku sa analyzujú možnosti spracovania signálov z magnetometrov tak, aby získané informácie neboli zaťažené chybou. Výstup musí byť nezávislý od typu a rýchlosti vozidla, vzdialenosti prechádzajúceho vozidla, úrovne šumu, ako aj od pomalých zmien magnetického poľa. Experimentálny systém bol zrealizovaný a získané výsledky poukazujú na to, že navrhnuté metódy bude možné efektívne využiť na detekciu prechádzajúcich vozidiel.

Ďalšia podobná aplikácia je uvedená v [20]. Autori diskutujú o možnostiach detekcie vozidla (a analyzujú použitie snímačov: akustických, svetelných, infračervených, teplotných, magnetických a ultrazvukových). Za najspôhlivejšie snímače pokladajú ultrazvukové a po nich magnetické. Uvádzajú modifikovaný algoritmus Min-Max na spracovanie signálu z výstupu magnetometra, pričom súčasne na detekciu vozidiel využívajú aj ultrazvukový snímač.

Pri analyzovaných aplikáciách však autori nebrali do úvahy energetickú náročnosť snímača, ktorá je v prípade WSN jedným z rozhodujúcich ukazovateľov. Magnetometer MAG3110, ktorý by mal byť dostupný v prvom polroku 2011, má spotrebu $24 \mu A @ 1,25 \text{ Hz}$, $2 - 3,6 \text{ V}$. V porovnaní s ultrazvukovými snímačmi je uvedená spotreba zanedbateľná.

Bolo by možné spomenúť podstatne viac dopravných aplikácií WSN, ktoré sú v súčasnosti v experimentálnej prevádzke alebo sa pripravujú na overenie. Medzi ne patrí sledovanie tovarov a podmienok prepravy, systémy zabezpečenia údržby a opráv dopravnej



Obr. 2 Koordinátor WSN(USB) a prvok s funkciou akčného člena s komunikačným modulom

infraštruktúry, systémy riadenia križovatiek s využitím WSN a mnohé ďalšie. Z dôvodu obmedzeného rozsahu uvádzame len malú vzorku aplikácií, ktorá len v malej miere vystihuje širokú aplikačnú oblasť WSN v doprave.

Literatúra (výber)

[3] Yick, J. – Mukherjee, B. – Ghosal, D.: Wireless Sensor Network Survey. *Computer Networks*, 52, 2008.

[4] Romer, K. – Mattern, F.: The Design Space of Wireless Sensor Networks. *IEEE Wireless Communications* 12, 2004.

[12] Butler, Z. – Corke, P. – Peterson, R. – Rus, D.: Networked Cows: Virtual fences for Controlling Cows. In: *WAMES 2004*, Boston USA, 2004.

[13] Perez, I. C. – Garcia, A-B. – Martinez, J-F. – Bustos, P. L.: Wireless Sensor Network-based system for measuring and monitoring road traffic. *COLICTeR Iberoamerica*, 2008.

[14] Shuai, M. – Xie, K. – Ma, X. – Song, G.: An On-Road Wireless Sensor Network Approach for Urban Traffic State Monitoring. In: *Proceedings of 11-th IEEE Congress on ITS*, pp. 1 195 – 1 200, 2008.

[15] Tang, V. W. S. – Zheng, Y. – Cao, J.: An Intelligent Park Management System based on Wireless Sensor Networks. In: *Proceedings of 1 st International Symposium on Pervasive Computing and Applications*, 2006.

[16] Boda, V. K. – Nasipuri, A. – Howitt, I.: Considerations for a Wireless Sensor Network for Locating Parking Spaces. In: *Proceedings of IEEE SoutheastCon*, 2007.

[17] Wen, Y. – Pan, J. L. – Le, J. F.: Survey on Application of Wireless Sensor Networks for Traffic Monitoring. In: *Proceedings of International Conference on Transportation Engineering*, 2007.

[18] Thubaishat, M. – Shang, Y. – Shi, H.: Adaptive Traffic Light Control with Wireless Sensor Networks, *IEEE*, 2007.

[19] Bohli, J-M. – Hessler, A. – Ugu, O. – Westhoff, D.: A Secure and Resilient WSN Roadside Architecture for Intelligent Transport Systems. In: *Proceedings of WiSec 08*, Virginia USA, 2008.

[20] Lee, S. – Yoon, D. – Ghost, A.: Intelligent Parking Lot Application Using Wireless Sensor Networks. <http://www.princeton.edu/~amitabhg/CTS-2008.pdf>.

Podakovanie

Tento príspevok vznikol aj vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Centrum excelentnosti pre systémy a služby inteligentnej dopravy, ITMS 26220120028 spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

V ďalšej časti seriálu sa ešte budeme venovať aplikáciám bezdrôtových senzorických sietí v priemysle a tiež základným problémom tejto technológie.

doc. Ing. Juraj Miček, CSc.

vedúci Katedry technickej kybernetiky
Žilinská Univerzita v Žiline
Fakulta riadenia a informatiky
juraj.micek@fri.uniza.sk