

# WIRELESS SENSOR NETWORKS BASED ON MOBILE DEVICES

**Jan Dorazil**

Master Degree Programme (2), FIT BUT

E-mail: xdoraz03@stud.fit.vutbr.cz

Supervised by: Jan Samek

E-mail: samejan@fit.vutbr.cz

**Abstract:** In this paper, we explore the possibility of using mobile devices as nodes in wireless sensor networks. First we discuss the motivation for such approach and describe the architecture of the network being developed. Then we present key features of the applications implementing nodes and base station as well as current state of their development.

**Keywords:** WSN, mobile devices, sensors, Android, Java, Wi-Fi, Bluetooth

## 1 ÚVOD

Ačkoliv to nemusí být na první pohled patrné, bezdrátové senzorové sítě (Wireless Sensor Networks, WSN) jsou významnou součástí našich životů. Aplikace nacházejí nejen ve zdravotnictví, armádě či ochraně životního prostředí, ale i ve firmách a domácnostech. Více o WSN lze nalézt ve zdroji [1]. Cílem této práce je prozkoumat možnosti spojení oblasti WSN se stále více se rozrůstajícím segmentem mobilních zařízení, konkrétně chytrých telefonů a tabletů. Mobilní zařízení s operačním systémem (např. Android) jsou dnes masově rozšířena a velmi snadno dostupná. Umožňují bezdrátovou komunikaci přes Wi-Fi, Bluetooth nebo mobilní sítě, a obsahují čím dál více typů senzorů. Stále více lidí tak dnes ve své kapse nosí akcelerometr, gyroskop, magnetometr, senzory snímající intenzitu osvětlení, teplotu, tlak, přiblížení, ...

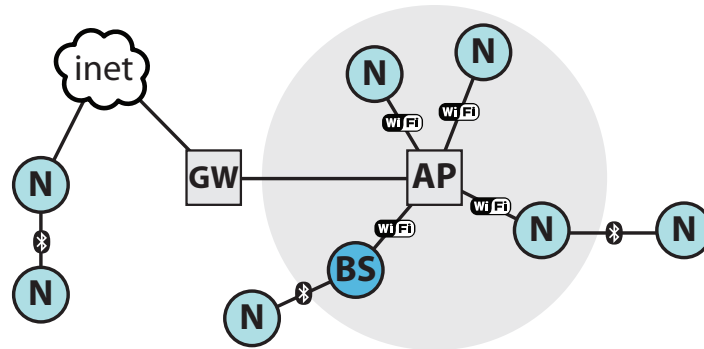
Existuje spousta aplikací využívajících senzory přítomné na mobilním zařízení pro potřeby tohoto zařízení – ovládání her, regulace jasu displeje apod. S obtížemi bychom ale hledali takovou aplikaci, která pracuje se senzory více mobilních zařízení. V rámci práce je implementována bezdrátová senzorová síť s využitím mobilních zařízení jako uzlů. Síť v reálném čase monitoruje veličiny z dostupných senzorů a odesílá je na základnovou stanici, která je přehledně vizualizuje. Jelikož je práce zaměřena na průzkum možností, zachovává si aplikační nezávislost. Mobilní zařízení s operačním systémem Android by tak s jejím využitím mohla představovat, především díky nízké ceně a velkému rozšíření, levnější alternativu některých specializovaných senzorových uzlů.

## 2 ARCHITEKTURA VYTVÁŘENÉ WSN

Výhodou použití mobilních zařízení jako uzlů WSN je přítomnost hned několika bezdrátových technologií – Wi-Fi, Bluetooth a mobilní síť. Tyto můžeme podle potřeby přepínat. Pro komunikaci v síti jsou primárně využity protokoly TCP/IP. Alternativně pak může komunikace probíhat technologií Bluetooth. Výsledná WSN bude umožňovat plynulý přechod mezi Bluetooth a ostatními technologiemi, jež využívají protokoly TCP/IP.

Na obrázku 1 je znázorněna architektura sítě. Jádro tvoří síť WLAN s přístupovým bodem (AP), do níž je připojena základnová stanice (BS). Je-li uzel (N) v dosahu AP, komunikuje se základnovou stanicí prostřednictvím Wi-Fi. Pokud není v dosahu, nedisponuje Wi-Fi modulem nebo jej má např. z důvodu úspory energie vypnutý, může se spojit se základnovou stanicí pomocí Bluetooth, a to

buď přímo, nebo skrze jiný uzel, jenž zajistí přeposílání zpráv. Má-li základnová stanice veřejnou IP adresu, mohou se k ní přes internet (inet) a výchozí bránu (GW) připojit vzdálené uzly, např. z 3G sítě nebo jiné sítě WLAN. V rámci sítě WLAN lze automaticky nalézt základnovou stanici. Uzel jednoduše vyšle broadcast s dotazem, na který základnová stanice odpoví.



**Obrázek 1:** Architektura vytvářené WSN.

Úpravou nastavení v aplikaci a v mobilních zařízeních lze docílit alternativní topologie. Ta je tvořena skupinami uzlů (clusters), kde jeden uzel je řídicí (cluster-head). Řídicí uzel má aktivován tethering mobilního datového tarifu a poskytuje tak ostatním uzlům skupiny internetové připojení přes Wi-Fi (chová se jako AP). Základnová stanice má veřejnou IP adresu a uzly sítě s ní komunikují přes internet prostřednictvím řídicího uzlu, ke kterému náleží (jsou v dosahu jeho Wi-Fi signálu). Vzhledem k vysoké ceně mobilního datového připojení a energetické náročnosti tetheringu není tato topologie vhodná pro získávání naměřených hodnot v reálném čase. Své užití by ale mohla nalézt v detekční bezdrátové senzorové síti, kdy navíc můžeme skupiny rozmístit do odlehlých oblastí, daleko od sebe nebo od základnové stanice.

### 3 UZLY

Pro implementaci uzlů sítě byla zvolena platforma Android, především díky své otevřenosti a rozšířenosti. Všechnu důležitou práci obstarává vícevláknová služba běžící na pozadí. Zajišťuje snímání veličin z dostupných senzorů a zasílání aktualizací na základnovou stanici. Jelikož měřené veličiny se mění nezávisle na sobě a bez pevně daného intervalu, je třeba řešit synchronizaci mezi snímáním a odesláním aktualizací. Pomocí monitorů jazyka Java jsou v konzistenci udržována vždy nejaktuálnější naměřená data. Ta jsou vzorkována nastavenou frekvencí zasílání a vkládána do bufferu k odeslání po síti. Buffer má neblokující zápis a blokující čtení. Programováním na platformě Android se zabývá zdroj [2].

Platforma Android a tedy i vzniklá aplikace podporuje senzory přiblížení, osvětlení, teploty, tlaku a relativní vlhkosti. Dále je k dispozici akcelerometr (z něj odvozená gravitace a lineární akcelerace), gyroskop a magnetometr. Z jejich dat je získána informace o natočení zařízení. Jelikož magnetometr snadno podléhá rušení, je do aktualizací zabudován mechanismus informující základnovou stanici o tom, zda se na jeho aktuálně naměřená data můžeme spolehnout. Senzory na platformě Android se dopodrobna zabývá zdroj [3]. Aplikace také měří sílu Wi-Fi signálu, stav a teplotu baterie zařízení a z atmosférického tlaku počítá nadmořskou výšku.

Do aplikace zbývá přidat komunikaci přes Bluetooth, vzdálenou konfiguraci přes SMS a využití GPS.

### 4 ZÁKLADNOVÁ STANICE

Pro základnovou stanici byla, díky své přenositelnosti, zvolena platforma Java SE a knihovna Swing pro uživatelské rozhraní. Na obrázku 2 je zobrazeno GUI první verze aplikace. Připojené uzly jsou řazeny do záložek. Každá záložka zobrazuje informace o zařízení a hodnoty naměřené jeho senzory.

Pro vizualizaci zrychlení byla vytvořena grafická komponenta zobrazující kruh. Ten se podle naměřeného zrychlení na osách x, resp. y, pohybuje doprava a doleva, resp. nahoru a dolů. Hodnoty na ose z jsou vizualizovány zvětšením a zmenšením poloměru kruhu. Je možné nastavit maximální rozsah zobrazovaných hodnot, čímž je ovlivněna citlivost pohybu kruhu. Lze také nechat vykreslovat cestu pohybu kruhu ve formě loměné čáry.

Pro znázornění rotace byla vytvořena grafická komponenta zobrazující kompas. Ten informuje o natočení horní hrany zařízení vzhledem k magnetickému severnímu pólu Země. Zobrazuje tedy pouze rotaci okolo osy z (tzv. azimut). Hodnoty okolo zbylých os, spolu se surovými daty magnetometru a gyroskopu jsou zobrazeny již pouze textově. Rotace je počítána dvěma způsoby (proto dva kompas). První je výsledkem spojení měření magnetometru a akcelerometru. Tato kombinace je na fyzických zařízeních častější, neposkytuje ale tak dobré výsledky jako rotace druhá. Ta je získaná fúzí hodnot magnetometru, akcelerometru a gyroskopu (senzory si navzájem eliminují své chyby a nedostatky). Zobrazí-li se tučné červené ohraničení kompasu, informuje o skutečnosti, že magnetometr ztratil vlivem rušení přesnost.

Do základnové stanice zbývá implementovat podporu připojení přes Bluetooth a vizualizaci dat z GPS.

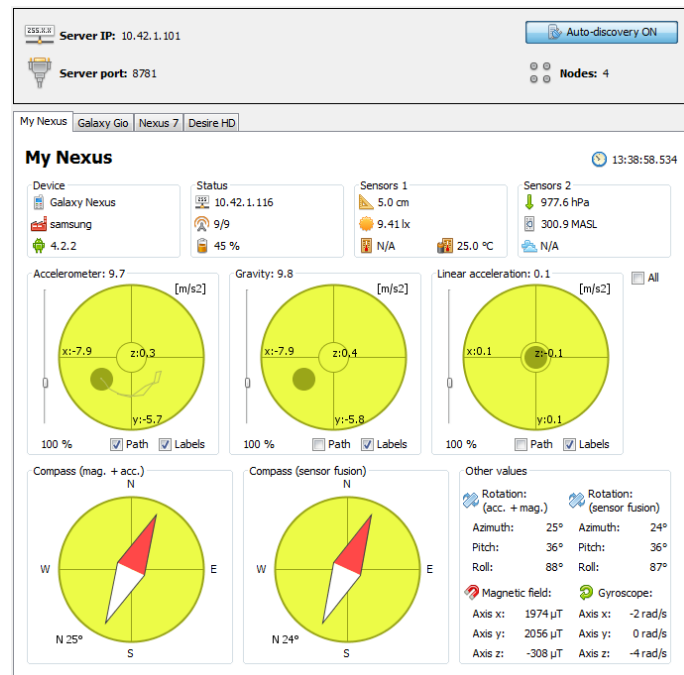
## 5 ZÁVĚR

V příspěvku byla popsána architektura a aktuální stav implementace bezdrátové sensorové sítě tvořené mobilními zařízeními. Síť v reálném čase monitoruje veličiny dostupných senzorů a přehledně je vizualizuje na základnové stanici. S jejím využitím mohou mobilní zařízení s operačním systémem Android představovat levnější alternativu některých specializovaných sensorových uzlů. V budoucnu je možné síť rozšířit např. o podporu více navzájem komunikujících decentralizovaných základnových stanic.

**Poděkování:** Tato práce byla částečně podpořena operačním programem Výzkum a vývoj pro inovace v rámci projektu Centrum Excelence IT4Innovations (CZ.1.05/1.1.00/02.0070).

## REFERENCE

- [1] Li, Y., Thai, M. T., Wu, W.: Wireless Sensor Networks and Applications, Springer 2008, ISBN 978-0-387-49591-0, 464 s
- [2] Meier, R.: Professional Android™ 4 Application Development, John Wiley & Sons 2012, ISBN 978-1-118-10227-5, 864 s
- [3] Milete, G., Stroud, A.: Professional Android™ Sensor Programming, John Wiley & Sons 2012, ISBN 978-1-118-18348-9, 552 s



Obrázek 2: GUI základnové stanice.