

## **Žilinská univerzita v Žiline**

---

### **Záverečná správa**

#### **Aktivita 1.3**

*Názov aktivity: Vybudovanie centra výskumu lokalizačných služieb a ich transferu do inteligentnej dopravy v SR*

## **Centrum výskumu lokalizačných služieb**



# OBSAH

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Obsah.....                                                                        | ii |
| Zoznam obrázkov.....                                                              | iv |
| Úvod.....                                                                         | 1  |
| 1 Budovanie Centra výskumu lokalizačných služieb (CVLS) .....                     | 2  |
| 2 Lokalizačné služby .....                                                        | 7  |
| 2.1 Charakteristika LBS služieb.....                                              | 7  |
| 2.2 Komunikačný model lokalizačných služieb .....                                 | 11 |
| 2.3 Lokalizačná vrstva .....                                                      | 11 |
| 2.4 Middleware vrstva.....                                                        | 12 |
| 2.5 Aplikačná vrstva .....                                                        | 15 |
| 2.6 Kvalita LBS služieb .....                                                     | 15 |
| 2.7 Základné parametre QoS.....                                                   | 16 |
| 2.8 Negociačný algoritmus (NA) .....                                              | 16 |
| 3 Implementácia lokalizačných systémov v heterogénnych bezdrôtových sieťach ..... | 18 |
| 3.1 Multiplatformový lokalizačný systém .....                                     | 18 |
| 4 Analýza LIDAR dát.....                                                          | 22 |
| 4.1 Vizualizácia.....                                                             | 22 |
| 4.2 Segmentácia, klasifikácia a filtrovanie .....                                 | 22 |
| 4.3 Transformácia .....                                                           | 23 |
| 4.4 Mriežkovanie .....                                                            | 23 |
| 5 Výskum využitia 3D skenovaných dát pre použitie v elektroenergetike .....       | 26 |
| 5.1 Aplikácia lidarového skenovania v elektroenergetickej praxi .....             | 28 |
| 5.2 Príklad použitia systému na jednej skenovanej oblasti.....                    | 29 |
| 5.3 Spracovanie získaných dát .....                                               | 30 |
| 5.3.1 Detekcia vodičov .....                                                      | 31 |
| 5.3.2 Detekcia stožiarov .....                                                    | 33 |
| 5.3.3 Kontrola priehybu vodičov a kontrola voľnosti ochranného pásma.....         | 35 |
| 6 Záver.....                                                                      | 37 |
| 7 Zoznam použitej literatúry.....                                                 | 38 |



|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Zoznam príloh .....                                                                | 41 |
| Príloha A – Pracovný denník CVLS.....                                              | A  |
| Príloha B – Prevádzkový poriadok CVLS.....                                         | B  |
| Príloha C – Poučenie pracovníkov o dodržiavaní pracovného poriadku (formulár)..... | C  |
| Príloha D – Separáty publikačných výstupov.....                                    | D  |



## **ZOZNAM OBRÁZKOV**

|                                                                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Obr. 1 Druhy aplikácií LBS .....                                                                                                                                                            | 10 |
| Obr. 2 Komunikačný model LBS.....                                                                                                                                                           | 11 |
| Obr. 3 Integrácia aplikácií bez vrstvy Location Middleware.....                                                                                                                             | 12 |
| Obr. 4 Integrácia aplikácií s vrstvou Location Middleware.....                                                                                                                              | 13 |
| Obr. 5 Architektúra systému koniec - koniec.....                                                                                                                                            | 14 |
| Obr. 6 Sekvenčný diagram lokalizačnej služby s požiadavkou generovanou od zákazníka.....                                                                                                    | 15 |
| Obr. 7 Architektúra multiplatformového lokalizačného systému .....                                                                                                                          | 20 |
| Obr. 8 Body sfarbené podľa nadmorskej výšky .....                                                                                                                                           | 23 |
| Obr. 9 Body sfarbené podľa intenzity .....                                                                                                                                                  | 24 |
| Obr. 10 Body sfarbené podľa klasifikácie.....                                                                                                                                               | 24 |
| Obr. 11 Body sfarbené podľa počtu návratov .....                                                                                                                                            | 24 |
| Obr. 12 Body sfarbené podľa letového zdroja .....                                                                                                                                           | 25 |
| Obr. 13 Body sfarbené podľa intenzity a nadmorskej výšky zároveň .....                                                                                                                      | 25 |
| Obr. 14 Skenovaná oblasť (Varín – Strážavy).....                                                                                                                                            | 30 |
| Obr. 15 Bočný náhľad na úsek vedenia 400 kV, v pravej časti je zreteľné križovanie vedenia 22 kV.....                                                                                       | 31 |
| Obr. 16 Priečny rez vedením a) 1x400 kV, b) 2x110 kV c) 1x22 kV rovinná konzola (obrázky nie sú v mierke).....                                                                              | 32 |
| Obr. 17 Ukážka zobrazenia rôznych typov stožiarov, zľava 1x400 kV „mačka“, 2x110 kV „súdok“, ohraňovaný stožiar 1x110 kV, 1x22 kV rovinná konzola (obrázky nie sú v jednotnej mierke) ..... | 34 |
| Obr. 18 Ukážka možností vektorizácie stožiarov VVN, zľava postupne pôvodné mračno bodov, importovaný vektorový model a model vytvorený pomocou modulu TerraScan .....                       | 35 |
| Obr. 19 Automatické vyhľadanie a zakótovanie miesta s minimálnou výškou vodiča nad terénom.....                                                                                             | 36 |

## ÚVOD

Cieľom aktivity 1.3 bolo vybudovanie centra výskumu lokalizačných služieb a ich transferu do inteligentnej dopravy v SR. Centrum výskumu lokalizačných služieb (CVLS) bolo vybudované na Elektrotechnickej fakulte Žilinskej univerzity v Žiline, kde má výskum v oblasti lokalizačných systémov a služieb svoju tradíciu. CVLS je rozdelené do dvoch častí: jedná časť sa nachádza na Katedre telekomunikácií a multimédií v miestnosti ND312b a druhá časť je situovaná na Katedra výkonových elektrotechnických systémov v ND 213, ND 209.

V nasledujúcich častiach sú uvedené:

- zariadenia patriace do CVLS,
- Pracovný denník CVLS,
- Prevádzkový poriadok CVLS,
- formulár pre Poučenie pracovníkov o dodržiavaní pracovného poriadku.

Okrem hlavného cieľa aktivity 1.3, t.j. vybudovania CLVS bol v centre realizovaný výskum vo vyššie zmienených oblastiach. Dosiahnuté výsledky sú prehľadne uvedené na záver správy vo forme publikačných výstupov.



# 1 BUDOVANIE CENTRA VÝSKUMU LOKALIZAČNÝCH SLUŽIEB (CVLS)

Vybavenie Centra výskumu lokalizačných služieb bolo definované, aby spĺňalo súčasné požiadavky kladené na výskum v oblasti lokalizačných systémov a služieb. Cieľom výskumu je využitie 3D dát v lokalizačných systémoch a lokalizačných službách. Ponuka lokalizačných služieb v inteligentnej doprave nie je obmedzená len pre potreby lokalizovania jednotlivých entít systému mimo budov (outdoor). V súčasnosti je ponúkaných mnoho služieb vhodných pre použitie vo vnútri budov (indoor), napr. lokalizovanie a navigovanie automobilov/chodcov v podzemných garážach atď. Z toho dôvodu je výskum orientovaný nielen na systémy GNSS (Global Navigation Satellite System), ale aj na alternatívne riešenia, ktoré sú schopné lokalizovať mobilné zariadenie v akomkoľvek prostredí.

Dôležitou oblasťou výskumu v CLVS je výskum využitia 3D skenovaných dát pre použitie v elektroenergetike. Konkrétne predpokladáme využitie skenovaných dát na sledovanie líniových stavieb v elektroenergetike – vzdušných elektrických vedení.

Na základe uvedených kľúčových smerov výskumu bolo CVLS vybavené nasledovnými zariadeniami resp. softvérom:

- a) Mobilné laboratórium pre lokalizačné služby pozemných zariadení v mestách a extraviláne.
- b) Vyhodnocovací softvér pre skenované dáta FVES.
- c) Výpočtový server.
- d) Ploter.
- e) Technický notebook (Variant A).

a) Mobilné laboratórium pre lokalizačné služby pozemných zariadení v mestách a extraviláne pozostáva z nasledujúcich zariadení:

1. Zdroj synchronizačných signálov založený na systéme GPS vrátane GPS antény a 15 m kábla

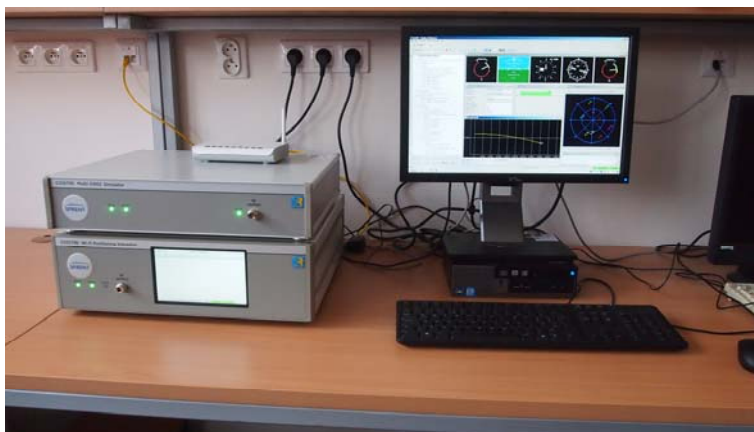
- GPS prijímač Picosync II vrátane GPS antény a 15m kábla, výstupy 10MHz a 1PPS.





## 2. Simulátor GNSS signálu s riadiacim softvérom

- Simulátor GNSS - Spirent GSS 6700 s riadiacim softvérom SimGEN.  
Implementovaný systém GPS/SBAS



## 3. Simulátor prístupových bodov za účelom Wi-Fi lokalizácie

- Spirent GSS5700



4. Širokopásmový softvérovo definovaný rádiový prijímač s príslušenstvom

- Winradio WRG-315e - 9KHz - 3500MHz s príslušenstvom



5. Systém pre modelovanie telekomunikačných a bezdrôtových sietí s príslušenstvom.

- TIMS-301/C Základný systém s 2 kanálovým 20 MHz softvérovým osciloskopom, FFT analyzátor
- TutorTIMS-Advanced spolu s Signals & Systems - bez obmedzení
- voliteľná časť TutorTIMS-Advanced-Unlimited



b) Vyhodnocovací softvér pre skenované dáta FVES

- Terrasolid for LiDAR data processingXXX

c) Výpočtový server

- IBM Gen-II Slides Kit, 1,8GHz procesor, 8MB L3 Cache, 8GB pamäť, 2 gigabitové adaptéry, 120GB HDD, rackové prevedenie 2U



d) Ploter

- HP DESIGNJET T790 termálna atramentová tlačiareň so 6-timi tlačovými zásobníkmi, 160GB HDD, 8 GB vyhradenej pamäte pre spracovanie súborov (192 MB pamäť RAM), pripojenie prostredníctvom Fast Ethernet (10/100 BT); Hi-Speed USB 2.0



e) Technický notebook (Variant A)

- Lenovo Think Pad T420s, Intel(R) Core(TM) i7-2640M CPU @ 2,80GHz, RAM 4 GB, 64-bitový OS



## 2 LOKALIZAČNÉ SLUŽBY

Činnosť lokalizačných služieb (Location Based Services - LBS) priamo súvisí s informáciou o polohe používateľa resp. terminálu. V prípade IDS (Inteligentný Dopravný systém) si môžeme pod pojmom používateľ vo všeobecnosti predstaviť účastníka cestnej premávky, avšak vo väčšine prípadov budeme mať na mysli dopravný prostriedok, ktorý budeme označovať ako mobilné zariadenie (terminál), ktorého poloha bude určovaná. Mobilné zariadenie bude priamo/nepriamo využívať lokalizačné služby.

### 2.1 Charakteristika LBS služieb

Podľa orientácie môžeme jednotlivé LBS služby rozdeliť na:

- Služby orientované na používateľa. Tieto LBS služby zahŕňajú všetky typy aplikácií, v ktorých je používateľsky založená služba. Aplikácie sa zameriavajú na zistenie polohy používateľa ako osoby.
- Služby orientované na mobilné zariadenie. Tieto LBS služby a aplikácie sú externé pre používateľa. Môžu byť taktiež zamerané aj na polohu používateľa, ale z jeho pohľadu to neje nevyhnutné. Namiesto lokalizácie len používateľa ako osoby, môžu byť lokalizované aj objekty (napríklad auto) alebo celé skupiny ľudí (napríklad konvoj, kolóna). Služby z tejto skupiny sa často označujú ako *neriadené služby*, napr. sledovanie polohy ukradnutého automobilu.
- Pull služby. Sú služby, pri ktorých sa jedná o vyžiadanie dát z iného programu alebo počítača. Príkladom pull služby je „World Wide Web“, tzn. stránka sa prenáša až vtedy, keď je vyžiadaná.
- Push služby. Sú služby, pri ktorých sa odosielajú informácie, ktoré nežiada priamo používateľ. Push služby sú aktivované danou udalosťou, závisia od situácie, ktorá môže byť spustená ak nejaký objekt alebo oblasť je aktívna, prípadne môžu byť spúšťané časom. Takáto nepriamo vyžiadaná služba je spravodajská (informačná) služba, ktorá obsahuje len informatívnu zložku asociovanú napríklad s daným miestom alebo oblasťou. Nevyžiadanou službou by mohla byť reklamná správa alebo správa o zmene počasia. Príkladom poskytovania push služby sú vysielacie

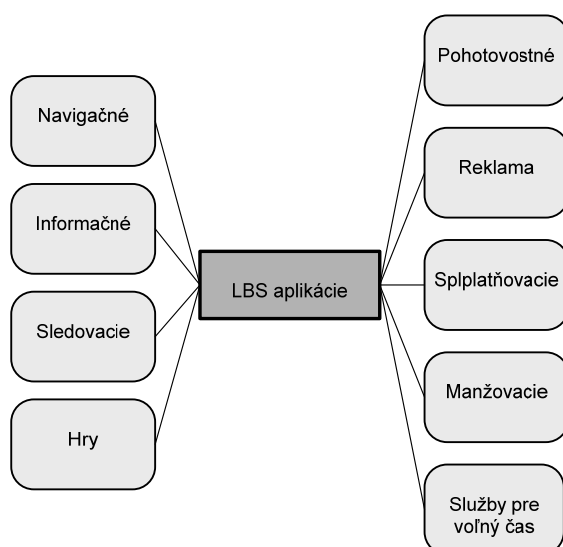
média, pretože posielajú informácie nezávisle na tom, či ich niekto prijíma resp. či ich niekto požiadal o vysielanie.

Kvalita a kompletnosť danej služby závisí od viacerých faktorov:

- Priamy verzus nepriamy profil. Personalizovaná aplikácia koreluje požiadavku služby s informáciou v profile žiadateľa. Táto informácia o profile žiadateľa môže byť získaná priamo od používateľa v predplatenej fáze alebo môže byť získaná nepriamo, takzvané získavaním informácie z tretích strán. Profil používateľa musí obsahovať informáciu o žiadateľovom aktuálnom obsahu.
- Platnosť informačného profilu. Informačný profil môže byť sprístupnený len na určitý požadovaný čas, počas ktorého je k dispozícii pre LBS. Všetky žiadosti na konkrétnu informáciu sú predkladané po určitých častiach alebo aj ako celý profil. Pre prístup k týmto informáciám sa nepoužíva push model. Prístupom k používateľskému profilu dochádza k držaniu chránených a nechránených informácií o používateľovi.
- Vzájomné pôsobenie používateľa a poskytovateľa. Služby používateľa a poskytovateľa môžu byť mobilné alebo stacionárne, závisí to od vzájomného pôsobenia entít, mobilných terminálov a LBS služieb. Na základe tohto vzájomného pôsobenia môžeme rozlišovať štyri prípady:
  - V prvom prípade sú žiadateľ aj poskytovateľ stacionárny a nie je potrebné dynamické manažovanie informácií o polohe ako je to pri statickom prípade. Dobrým príkladom tejto kategórie sú bežné informačné služby.
  - V druhom a treťom prípade je žiadateľ mobilný alebo stacionárny a poskytovateľ stacionárny alebo mobilný. Oba prípady sú symetrické, avšak ich interpretácia a konkretizácia závisí na tom, ako je daná aplikácia modelovaná.
  - Vo štvrtom prípade, žiadateľ aj poskytovateľ sú mobilní, zatiaľ čo LBS preberajú rolu (stacionárneho) koordinátora. Prípady tohto scenára sú aplikácie, kde mobilní používatelia sa zaujímajú o všetky ďalšie informácie o polohách (napr. LBS hry).
  - Zdroje lokalizačných informácií. Informácia o polohe môže byť poskytnutá používateľom, sieťovou infraštruktúrou alebo treťou stranou. V prvom prípade je informácia o polohe súčasťou požiadavky o konkrétnu lokalizačnú službu, v iných prípadoch môže byť požadovaná lokalizačnou aplikáciou.

- Presnosť lokalizačnej informácie. Presnosť závisí od typu použitej lokalizačnej metódy. Výsledky taktiež závisia od zvoleného stupňa lokalizačnej presnosti. Presnosť ovplyvňuje celkový výsledok určenia polohy mobilného terminálu, t.j. rozsah v ktorom sa môže nachádzať lokalizovaný terminál (niekoľko metrov až po niekoľko kilometrov). Tento faktor výrazne ovplyvňuje druh poskytovanej LBS služby.
- Typ zdroja informácií. LBS sú založené na efektívnej korelácii informácií pochádzajúcich z niekoľkých zdrojov. Existujú dva základné zdroje informácií: statické a dynamické.
- Statické zdroje informácií sa vzťahujú na databázy, ktoré obsahujú presné reálne geografické informácie o danej oblasti, čo do zemepisných súradníc (rôzne druhy digitálnych máp, POI databázy, pamiatky, zaujímavosti, budovy).
- Dynamické zdroje informácií ponúkajú informácie o zmenách stavu prostredia alebo danej oblasti, o ktorú prejavuje záujem používateľ, ako je stav trás ciest, dopravy, či poveternostných podmienok v reálnom čase. Informácia o polohe mobilného terminálu (dopravného prostriedku) môže byť klasifikovaná ako dynamická informácia s veľkou frekvenciou zmien. Užívateľský profil definuje ďalšie zdroje informácií.

Existuje široká škála služieb LBS, ktoré majú rôzny potenciál uplatnenia v IDS. Celkový prehľad LBS aplikácií je uvedený na nasledujúcom obrázku.



## **Obr. 1 Druhy aplikácií LBS**

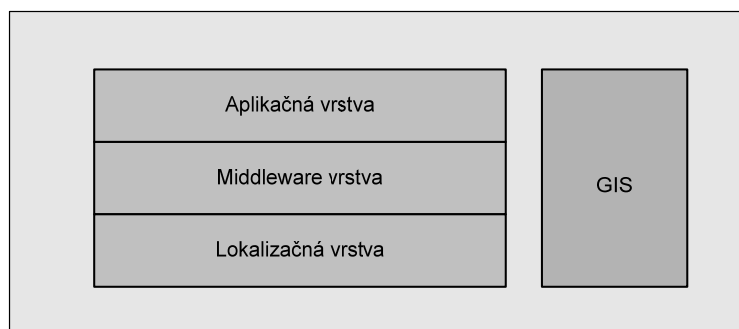
Triedenie do ďalších podkategórií je nasledovné:

- Pohotovostné služby. Sú jednou z najdôležitejších LBS služieb, ktoré majú schopnosť lokalizovať jednotlivcov v núdzovej situácii (zranenie, kriminálny útok a pod.). S presnou polohou môže byť rýchlo a efektívne poskytnutá pomoc prostredníctvom pohotovostných služieb. Táto kategória obsahuje verejné a súkromné pohotovostné služby (E112 alebo eCall).
- Navigačné služby. Navigačné služby využívajú informácie o aktuálnej polohe používateľa. Napríklad operátor môže používateľa presne informovať o polohe, kde sa nachádza a tiež mu dať podrobné pokyny o tom ako sa k požadovanému cieľu má dostať.
- Informačné služby. Slúžia na vyhľadanie najbližšej požadovanej služby a na sprístupňovanie dôležitých a pomocných informácií, sprístupňovanie dopravných správ, ktoré pomôžu pri navigácii v neznámom meste, pri získavaní mapy miestnej uličky a podobne. Služby sú zamerané na požiadavky používateľa a na to ako dosiahnuť daný cieľ, kde môže nájsť konkrétnu službu (parkovisko alebo čerpaciu stanicu), ako nájsť ďalších mobilných používateľov a ako určiť aktuálnu polohu (na mape).
- Sledovacie (tracking) služby a služby pre manažment. Sledovacie služby majú uplatnenie ako pre jednotlivcov tak aj pre veľké firmy. Napríklad umožňujú sledovanie celej trasy prenosu nebezpečného nákladu, poštových balíkov. V každom čase je známa informácia, kde sa daný objekt nachádza.
- Spoplatňovacie (billing) služby. Sú služby, ktoré sú priamo závislé od polohy používateľa mobilného zariadenia a častou zmenou polohy sa zvyšujú náklady na celkovú prevádzku týchto služieb. Používajú sa aj na spoplatňovanie ďalších lokalizačných služieb.
- Hry založené na polohe. Táto kategória služieb má z pohľadu mobilných operátorov veľký potenciál a je stále v aktívnom vývoji.

Implementáciu služieb LBS do dopravného systému je možné popísať pomocou trojvrstvového komunikačného modelu, ktorého zloženie a funkcionality jednotlivých vrstiev budú opísané v nasledujúcej kapitole.

## 2.2 Komunikačný model lokalizačných služieb

Technologická realizácia LBS môže byť popísaná trojvrstvom komunikačným modelom, ktorý je znázornený na Obr. 2 [1].



**Obr. 2 Komunikačný model LBS**

Komunikačný model sa skladá sa z troch vrstiev: lokalizačnej, middleware a aplikačnej vrstvy.

## 2.3 Lokalizačná vrstva

Lokalizačná vrstva je priamo zodpovedná za určenie polohy mobilného zariadenia. Určenie polohy sa realizuje za pomoci tzv. polohu určujúceho zariadenia PDE (Position Determination Equipment) a geografických dát uložených v GIS systéme (Geographic Information System).

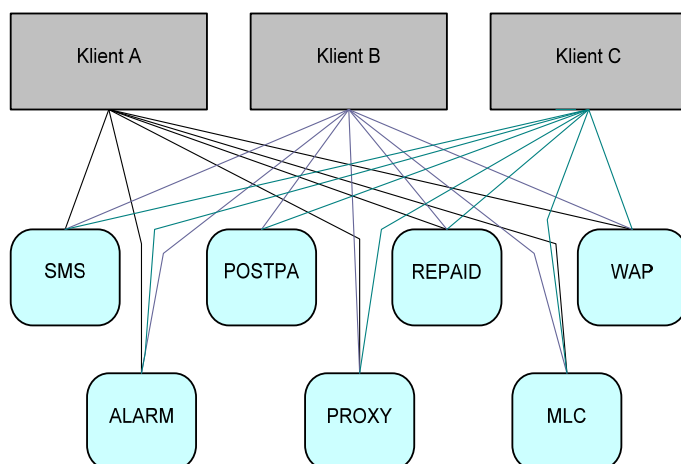
Pod pojmom PDE si môžeme predstaviť akékoľvek mobilné zariadenie, ktoré je schopné na základe informácií prijatých z dostupných systémov určiť svoju polohu. Najčastejšie sa na lokalizáciu používajú GNSS a rôzne platformy rádiových sietí, napr. mobilné bunkové siete, ad hoc siete, senzorické siete atď. Lokalizácia PDE môže byť realizovaná rôznymi prístupmi, t.j. napr. s asistenciou lokalizačného systému, t.j. finálny odhad (výpočet) polohy môže byť uskutočnený na strane systému v serveri. Pokiaľ PDE má informáciu, kde sa v sieťovej štruktúre nachádza, GIS umožní preloženie týchto získaných sieťových informácií do geografických informácií (súradníc). Konečný výsledok tohto výpočtu sa následne prostredníctvom lokalizačnej brány (Location Gateway) dostáva k middleware

platforme alebo priamo k aplikáciám. V druhom prípade lokalizačná vrstva riadi a posiela informácie o polohe priamo aplikácií, ktorej požiadavky vyžadujú danú službu.

## 2.4 Middleware vrstva

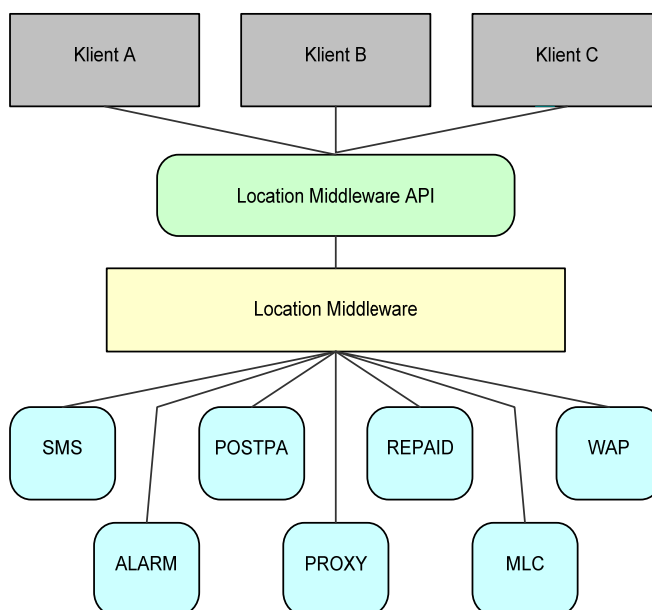
Middleware vrstva poskytuje svojím spôsobom abstraktnú úroveň medzi lokalizačnou a aplikačnou vrstvou. Základnou ideou a cieľom vrstvy je významne zjednodušiť zložitosť integrácií služieb, nakoľko je prepojená s mobilnou sieťou operátora a službami poskytovateľa.

Na Obr. 3 a Obr. 4 je znázornený príklad vytvárania integrácie aplikácií, ktorá je dôležitá pre poskytovateľa služieb z dôvodu vytvorenia hromadného prístupu k lokalizačným dátam. Rozdiel medzi oboma princípmi je v použití middleware vrstvy.



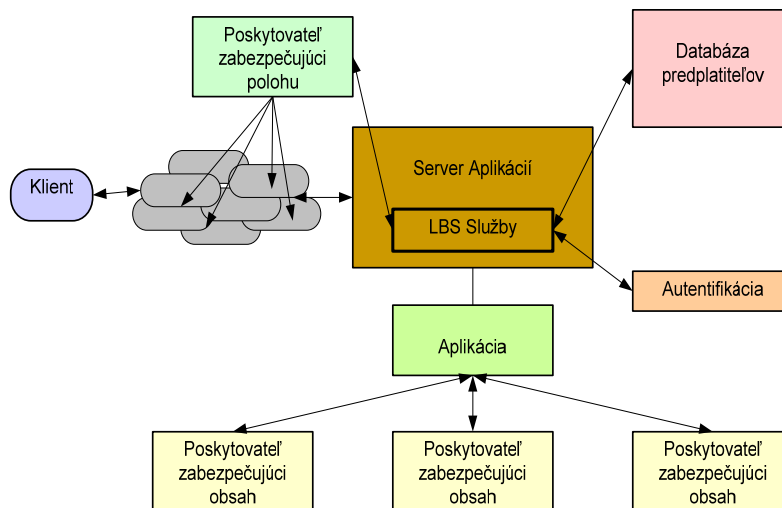
**Obr. 3 Integrácia aplikácií bez vrstvy Location Middleware**

Hromadný prístup znamená, že operátori ponúkajú okruh hromadných prístupov lokalizačným zariadeniam. Middleware vrstva (na obrázku označená ako Location Middleware) môže plniť aj iné úlohy. Môže sprostredkovať riadenie prevádzky medzi sieťami. Smerom k používateľovi, umožňuje používateľom riadiť prístup správ o polohe (lokalizačných správ) aplikáciám tretích strán, zatiaľ čo v smere od používateľa systematicky je anonymizuje lokalizačné informácie. Teda vrstva Location Middleware plní podobnú úlohu z pohľadu anonymity ako proxy v sieti Internet. Týmto spôsobom je mnoho informácií o súkromí používateľa adresovaných prostredníctvom operátora. Taktiež používateľ priamo rozhoduje o zhode o statusu svojho súkromia. Location Middleware vrstva môže byť taktiež použitá na manažovanie interoperability medzi sieťou a lokalizačnými údajmi.



**Obr. 4 Integrácia aplikácií s vrstvou Location Middleware**

Cieľom middleware vrstvy (systému) je abstrahovať detaily operačného systému, siete a protokolov. API rozhranie middleware systému je mnohokrát štandardizované čím vedie k úplnej interoperabilite medzi jednotlivými systémami a aplikáciami. LBS middleware systém môže byť umiestnený buď na strane sieťového operátora alebo na strane poskytovateľa služby. LBS middleware systém spája zákazníka (mobilný terminál), Internet, poskytovateľov služieb a sieťového operátora s cieľom poskytnúť jeden lokalizačný aplikačný portál pozostávajúci z niekoľkých prispôsobiteľných služieb. Teda, middleware integruje sieťovú infraštruktúru vrátane lokalizačných serverov, WAP brán, portálov predplatiteľov služieb, billingových systémov atď. Architektúra systému koniec-koniec (end-to-end) uvedená na Obr. 5 znázorňuje mobilných používateľov, sieťového operátora, „thirdparty“ poskytovateľov služieb a niekoľko vyššie uvedených subsystémov.



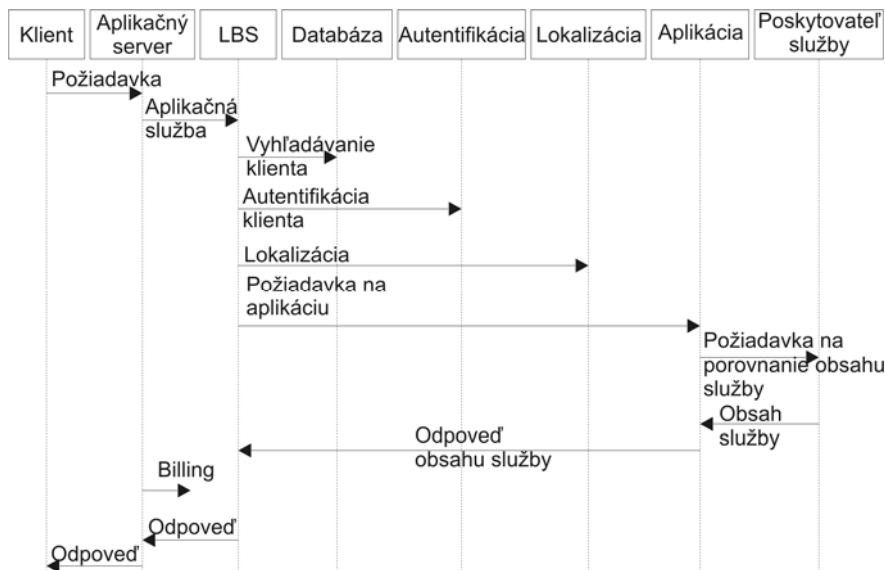
Obr. 5 Architektúra systému koniec - koniec

Architektúra pozostáva z nasledujúcich blokov:

- **LBS Služby:** systém middleware vrstvy,
- **Server aplikácií:** server, na ktorom bežia jednotlivé aplikácie,
- **Aplikácia:** používateľova aplikácia, ktorá beží na používateľovom prístroji,
- **Databáza predplatiteľov:** uchováva informácie o používateľovi, informácie o spoplatňovaní a profily,
- **Autentifikácia:** overenie daného používateľa,
- **Poskytovateľ zabezpečujúci obsah:** obsah služieb daného poskytovateľa,
- **Poskytovateľ zabezpečujúci polohu terminálu:** zabezpečuje určenie polohy používateľa v danej sieťovej štruktúre,
- **Klient:** používateľ, zákazník.

Z pohľadu používateľa je dôležité, aby bol systém schopný poskytovať manažovanie ich profilov, na základe polohy a kontextu. Systém by mal byť schopný poskytnúť obsah služby na základe požiadaviek, t.j. vybrať ktoré z ponúkaných aplikácií by mali prijať informáciu o polohe používateľa v danom čase a danom kontexte. LBS middleware je limitovaný vlastnosťami spolupracujúcich entít v systéme (používateľ, sieťový operátor a poskytovateľ služieb). Existuje mnoho rozdielnych architektur middleware systému v oblasti poskytovateľov služieb, ale žiadna architektúra nie je štandardizovaná v tom zmysle, že by jednoznačne definovala jednotlivé komponenty a ich vlastnosti.

Inicializácia služby spustená z mobilného terminálu prechádzajúca cez jednotlivé súčasti middleware systému je znázornená na nasledujúcom obrázku.



**Obr. 6** Sekvenčný diagram lokalizačnej služby s požiadavkou generovanou od zákazníka

## 2.5 Aplikačná vrstva

Aplikačná vrstva zahŕňa celý komplex aplikácií a služieb, ktoré potrebujú k svojej činnosti informáciu o polohe terminálu.

## 2.6 Kvalita LBS služieb

Z dôvodu objektívneho hodnotenia služieb (požiadaviek na spoľahlivú činnosť) bol v minulosti zadaný pojem „kvalita služby“ QoS (Quality of Services). Vo všeobecnosti platí, že každá služba môže byť opísaná pomocou QoS. Táto teória platí aj v prípade lokalizačných služieb LBS, avšak vo všeobecnosti neexistujú komplexné QoS parametre na hodnotenie LBS. Niekoľko základných QoS parametrov definovaných v normách môže ponúknuť základný pohľad na skutočnú kvalitu poskytovaných služieb [2]. Zvyčajne je cieľom usilovať sa o čo najlepšie hodnoty. Na druhej strane, z technického a najmä z ekonomického hľadiska nie je práve najvýhodnejšie požadovať vynikajúce QoS hodnoty pre každú LBS službu. Efektívnejšie sa javí definovanie úrovni QoS služby na základe používateľských preferencií.

## **2.7 Základné parametre QoS**

V [2] je QoS definované pomocou nasledovných troch kľúčových parametrov:

- QoS trieda LBS služby (QoS Class) – definuje stupeň spoľahlivosti splnenia požadovanej QoS, čiže lokalizačný server sa pokúša zabezpečiť QoS na základe požadovanej QoS triedy:
- Trieda „Best Effort“ – táto trieda definuje najnižšiu úroveň QoS s akou má dôjsť k určeniu polohy, t.j. najväčšiu prípustnú chybu. Ak odhad polohy dosiahne vyššiu chybu ako je stanovená úroveň, t.j. nesplní QoS požiadavku. V tomto prípade je odoslaná lokalizačná odpoveď s indikáciou najbližšej najhoršej QoS triedy.
- Garantovaná trieda „Assured Class“ – táto trieda definuje QoS úroveň v ktorej musí dôjsť k určeniu polohy. Ak nedôjde k určeniu polohy v požadovanej úrovni, tak entita ktorá požadovala lokalizáciu je informovaná o neúspechu lokalizácie.
- presnosť (Accuracy)
- horizontálna,
- vertikálna,
- čas odpovede (Response Time).

Výskum v tejto oblasti sa okrem iného zameriava aj na riešenie situácií v ktorých nie je možné lokalizovať používateľa s požadovanou presnosťou. V takomto prípade je možné negociovat' požadovanú presnosť pomocou Negociačného Algoritmu (NA), ktorého princíp je vysvetlený v nasledujúcej kapitole.

## **2.8 Negociačný algoritmus (NA)**

Negociačný algoritmus umožňuje určenie najlepšej možnej úrovne QoS pre konkrétnu LBS službu. Zavedením LBS QoS negociačného algoritmu sa zvyčajne znižujú požiadavky na stanovenú QoS, a tým sa zabezpečí najvhodnejšia QoS úroveň v súlade s požiadavkami uplatňovanými pre LBS a osobným používateľským profilom. Vo všeobecnosti, NA algoritmus zabezpečuje efektívne využitie všetkých zdrojov zapojených do poskytovania LBS s pevnými zárukami na kvalitu poskytovanej LBS.

V snahe využiť sieťové zdroje optimálnym spôsobom, je navrhnuté rozumné prispôsobovanie úrovne QoS. V konečnom dôsledku to znamená zníženie QoS úrovne v



súlade s volanou službou a používateľovou ochotou platiť za danú kvalitu. To však neznamena degradáciu LBS QoS, ale zabezpečenie vhodnej úrovne QoS pre danú službu.

„Šitie na mieru“ LBS QoS je dosiahnuté vďaka zavedeniu LBS QoS NA algoritmu. NA sa zameriava na výkonnosť lokalizácie (kvalita určovania polohy), ako hlavný príspevok do LBS QoS. NA používa tri základné vstupy:

- požiadavky na QoS pre konkrétnu službu (profil služby),
- žiadosť o službu,
- osobný profil používateľa.

Výber najvhodnejšej lokalizačnej metódy (systému) pre danú LBS službu je cieľom NA algoritmu. Algoritmus má za cieľ určiť primeranú (nie najlepšiu!) LBS QoS úroveň pre danú službu. Najprv skúma, ktorá z uvedených metód, spĺňa minimálne požiadavky pre danú službu. Ak táto metóda existuje, a ak je podporovaná používateľovým zariadením a je súčasne k dispozícii, potom je táto metóda použitá v lokalizačnom procese a koncový používateľ bude za ňu účtovaný zodpovedajúcim spôsobom. V prípade zvolenej lokalizačnej metódy, ktorá je buď nedostupná, alebo nie je podporovaná používateľovým zariadením, je skúmaná ďalšia lokalizačná metóda poskytujúca lepšiu ako minimálnu QoS úroveň. Ak je táto metóda k dispozícii a používateľ je za ňu ochotný zaplatiť, potom môže byť využitá pre danú službu, a koncový používateľ bude účtovaný zodpovedajúcim spôsobom. V opačnom prípade bude požiadavka na službu zamietnutá, a používateľ o tom informovaný.

### 3 IMPLEMENTÁCIA LOKALIZAČNÝCH SYSTÉMOV V HETEROGÉNNYCH BEZDRÔTOVÝCH SIEŤACH

Základnou myšlienkou lokalizačných systémov budúcnosti je poskytnúť lokalizačnú službu v každom čase a na každom mieste, t.j. bez ohľadu na to, v akom priestore dochádza k lokalizácii mobilného zariadenia. Každý lokalizačný systém poskytuje svoje služby za určitých podmienok, aj keď sú niektoré systémy „globálne“ z pohľadu miesta určenia, nie je možné využívať ich služby úplne všade. Ako príklad uvádzame systémy GNSS. Družicové navigačné systémy ponúkajú v otvorených priestoroch najvyššiu presnosť a spoľahlivosť. Avšak ich použitie vo vnútri budov je nereálne, nakoľko signál šíriaci sa z družíc je natoľko slabý, že nie je schopný preniknúť cez steny budov. Samozrejme máme na mysli klasické európske železobetónové budovy. Na druhej strane, lokalizačné systémy založené na bezdrôtových komunikačných systémoch rôznych platforiem je možné účelovo využiť na lokalizáciu vo vnútri budov.

Prostriedkom, ako vyriešiť problém konzistentného lokalizovania v rôznych prostrediach, sa javí využitie mobilných rádiových sietí, ktoré sú vybudované bez ohľadu na prostredie, napr. bunkové siete, WLAN (Wireless Local Area Network), ad hoc siete atď. Našou predstavou je návrh lokalizačného systému, ktorý bude spĺňať uvedené kritériá a jeho implementácia nebude finančne náročná, t.j. využitie existujúcich technológií (napr. GNSS, GSM, UMTS, IEEE 802.11x, IEEE 802.15, IEEE 802.15.4 atď.). Dôležitým faktorom je využitie súčasných mobilných zariadení. Takýto systém by mohol byť realizovaný ako multiplatformový lokalizačný systém.

V nasledujúcej časti je uvedený koncept skúmaného systému.

#### 3.1 Multiplatformový lokalizačný systém

Z uvedeného vyplýva, že jeden systém nie je možné úspešne použiť vo všetkých prostrediach. Z toho dôvodu sa naskytá otázka návrhu takého systému, ktorý by bol schopný lokalizovať mobilnú stanicu napr. dopravný prostriedok aj v takto diametrálne odlišných podmienkach. Takýto systém by mal byť modulárny, t.j. zložený z toľkých parciálnych platforiem



(systémov), aby spĺňal stanovené požiadavky. Množstvo parciálnych systémov závisí od komplexnosti systému. Z globálneho hľadiska si stanovme tri základné typy prostredí:

- prostredie č. 1: vonkajšie prostredie (outdoor) - otvorený priestor, vidiecke oblasti a časť mestského aglomerátu s nie príliš hustou urbanizáciou. Signály medzi lokalizovaným zariadením a družicami sa v tomto prostredí šíria najmä ako LoS (Line of Sight). Tým je splnená podmienka priamej viditeľnosti na družice. V tomto prípade je optimálne použitie systému GNSS.
- prostredie č. 2: vonkajšie prostredie (outdoor) - husto urbanizované oblasti - centrá miest. V takomto prípade sa signály medzi lokalizovaným zariadením a družicami nedokážu šíriť ako LoS. Vďaka množstvu reflektorov obklopujúcich lokalizované zariadenie sa signály šíria prostredníctvom odrazov, t.j. NLoS (Non Line of Sight). V tomto prípade sa javí použitie systému GNSS veľmi problematické, je ho potrebné alternovať iným systémom.
- prostredie č. 3: vnútorné prostredie (indoor) - v tomto prípade sa nachádzame vo vnútri budov a neuvažujeme použitie systémov GNSS, nakoľko signál je prechodom cez steny budov výrazne tlmený a prijímače ho nedokážu dekodovať.

Samozrejme, samotné siete pôsobia navzájom heterogénne, čo spôsobuje veľké problémy v realizácii takéhoto systému. Dôležité je využiť výhody jednotlivých sietí v konkrétnych prostrediach. Na základe tejto myšlienky by sa prostredie v ktorom bude dochádzať k lokalizácii fragmentovalo na prostredia, v ktorých by zabezpečovala lokalizáciu vždy najvhodnejšia lokalizačná platforma (systém) alebo kombinácia jednotlivých lokalizačných platforiem. Ako príklad uvádzame nasledujúce platformy:

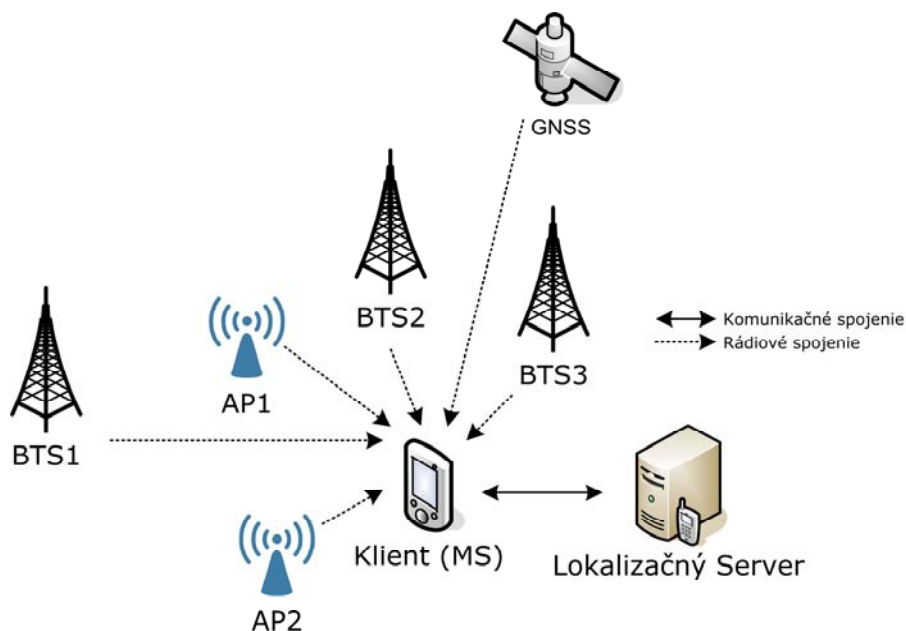
- systém GNSS (prostredie č. 1),
- lokalizačný systém využívajúci sieť WLAN (IEEE 802.11x) (prostredie č. 3),
- lokalizačný systém využívajúci ad hoc sieť (IEEE 802.11x, IEEE 802.15, IEEE 802.15.4) (prostredie č. 2, 3, zvýšenie lokalizačnej presnosti),
- lokalizačný systém využívajúci bunkové siete 2G, 3G (záložné riešenie vo všetkých typoch prostredí),
- kombinácia vyššie uvedených riešení (prostredie č. 1).

Predpokladá sa nezávislé použitie jednotlivých platforiem lokalizačného systému, alebo vzájomná kombinácia jednotlivých platforiem. Kľúčovú úlohu v celom systéme bude



zohrávať rozhodovací algoritmus, ktorého úlohou bude v danom momente vybrať optimálnu lokalizačnú platformu. Výber platformy by mal byť realizovaný na základe reálnej situácie, ktorá bude vyhodnotená prostredníctvom meraní realizovaných v danej situácii.

Principiálny návrh architektúry multiplatformového lokalizačného systému je znázornený na Obr. 7.



**Obr. 7 Architektúra multiplatformového lokalizačného systému**

Architektúra multiplatformového lokalizačného systému znázornené v prostredí s jednou dostupnou družicou GNSS, tromi dostupnými základňovými stanicami mobilnej bunkovej siete a dvomi prístupovými bodmi WiFi.

Cieľom tejto kapitoly nie je opísať činnosť tohto systému, ale predostrieť riešenie. Detailný návrh a realizácia systému sú cieľom budúceho výskumu na Katedre telekomunikácií a multimédií. Funkcionality systému by mal zabezpečovať lokalizačný server, ktorý bude tvorený napr. komunikačným a databázovým serverom. Lokalizačný server bude zabezpečovať bezpečnú komunikáciu s mobilnými stanicami, spracovanie a uloženie nameraných údajov, odhad polohy a iné. Predpokladá sa, že systém by mal byť schopný obsluhovať požiadavky viacerých mobilných staníc súčasne, a teda poskytovať lokalizačnú službu naraz viacerým potenciálnym zákazníkom.

Úlohou mobilnej stanice je uskutočňovanie lokalizačných meraní, čiastočné spracovanie, určenie polohy s pomocou lokalizačného servera a zobrazovanie informácie

o polohe, prípadne ďalších doplnkových informácií. Na druhej strane je potrebné, aby mobilná stanica podporovala všetky implementované platformy lokalizačného systému a zároveň umožňovala naprogramovanie požadovaných algoritmov a komunikačných protokolov. Takouto stanicou môže byť napríklad počítač PDA alebo mobilný telefón [3].

Komunikácia medzi lokalizačným serverom a mobilnou stanicou by sa mala uskutočňovať po dostupnej dátovej sieti, čo môže byť WiFi alebo sieť GSM, pomocou štandardných protokolov založených na TCP/IP.

Dosiahnuté výsledky boli publikované na medzinárodných vedeckých konferenciách a periodikách.

V tejto kapitole boli okrem uvedených, použité nasledovné zdroje [4] - [9].



## 4 ANALÝZA LIDAR DÁT

### 4.1 Vizualizácia

Základnou operáciou spracovania dát je ich vizualizácia. Väčšina softvérových nástrojov obsahuje grafické rozhranie, ktoré zobrazuje mračná bodov do obrazu 2D alebo 3D. Dobrá vizualizácia umožňuje posudzovať kvalitu dát, plánovanie a riadenie systémov pre spracovanie dát a nakoniec poskytuje reprezentáciu konečného produktu.

Medzi základné funkcie vizualizácie patrí :

- Výber jedného bodu - dôležitou funkcia, ktorá umožňuje ručne vykonávať výber jedného bodu a rozoznávať jednotlivé body
- Meranie - umožňuje presné meranie vzdialenosti medzi bodmi a uhly medzi nimi.
- Montáž - aplikácia najmenších štvorcov pre výpočet priestorových parametrov, ktoré definujú jednoduché geometrické obrazce.
- Generovanie prierezov - generovanie priečneho rezu z bodov a výber konkrétneho východiskového stavu.

Príklady vizualizácie LIDAR dát sú zobrazené na obr.1-6.

### 4.2 Segmentácia, klasifikácia a filtrovanie

Ďalší dôležitý súbor funkcií, ktoré vykonávajú operácie nad mračnami bodov tvoria funkcie segmentácie, klasifikácie a filtrovania bodov.

- Segmentácia - umožňuje rozdelenie bodov do rôznych skupín na základe vlastností bodov bez znalosti toho, čo v skutočnosti sú, napríklad separácia bodov na základe hodnôt intenzity.
- Klasifikácia - priradenie skupinám bodov ich známu fyzickú charakteristiku, napríklad vegetácia, budovy, atď.
- Filtrovanie - odstraňovanie súboru bodov podľa segmentácie, klasifikácie alebo napríklad podľa nadmorskej výšky, kde filter odstráni všetky body s inou ako zadanou nadmorskou výškou.



### 4.3 Transformácia

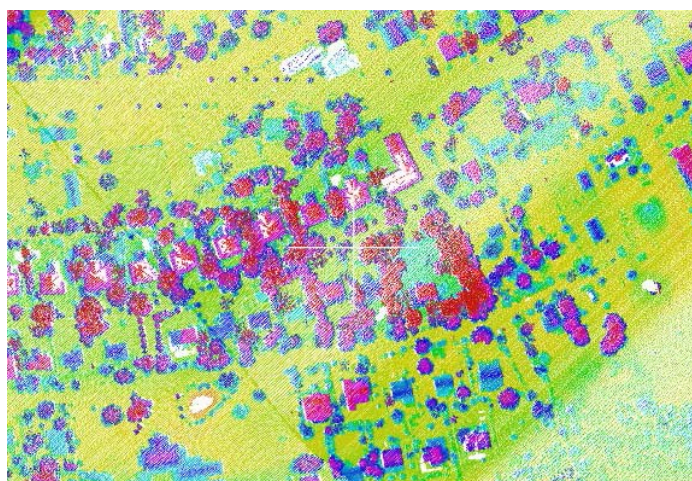
Existuje veľký počet transformácií, ktoré môžu byť použité na mračná bodov. Najdôležitejšie spomedzi nich sú :

- Rotácia – jednoduchá funkcia pre natočenie celého mračna dát.
- Orezanie – umožňuje vytvorenie bodového mraku iba z bodov, ktoré patria k skenovanému objektu.
- Zlúčenie – vytvorenie jedného súdržného priestorového mračna bodov z bodov, ktoré boli zhromaždené v rovnakom objekte z rôznych uhlov a pozícií. Spojenie sa vykonáva nastavením jedného základného referenčného bodu rámca a identifikovaním spoločných bodov napríklad pomocou vypočítaného najmenšieho štvorca medzi spoločnými bodmi.
- Geo-odkazovanie – transformácie, v ktorých je mračno bodov so súradnicami v ľubovoľnom priestore snímača prevedené na geodetické súradnice.

### 4.4 Mriežkovanie

Mračno bodov je prirodzene nepravidelný súbor dát v priestore. Prevod do niekoľkých pravidelne rozmiestnených dátových súborov určených pomocou interpolácie sa nazýva mriežkovanie. Mriežkovanie umožňuje analyzovať jemné rysy dátového súboru a vykonávať množstvo matematických operácií, napríklad výpočet plochy, objemu, gradientu, atď.

Na nasledujúcich obrázkoch sú znázornené príklady rôznych typov zobrazení.



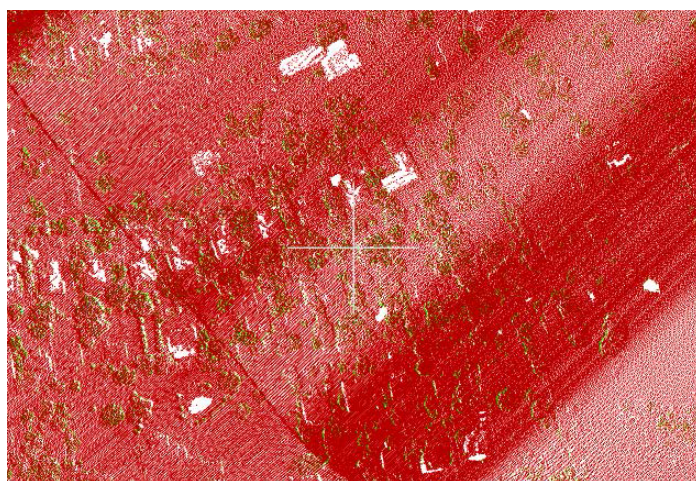
**Obr. 8** Body sfarbené podľa nadmorskej výšky



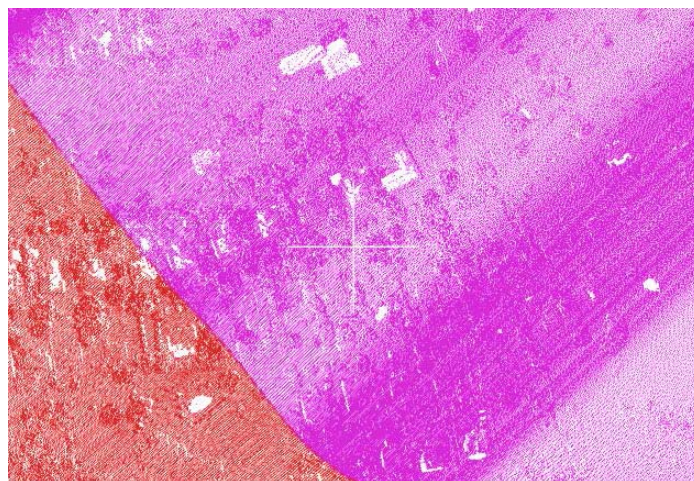
**Obr. 9 Body sfarbené podľa intenzity**



**Obr. 10 Body sfarbené podľa klasifikácie**



**Obr. 11 Body sfarbené podľa počtu návratov**



**Obr. 12 Body sfarbené podľa letového zdroja**



**Obr. 13 Body sfarbené podľa intenzity a nadmorskej výšky zároveň**

## 5 VÝSKUM VYUŽITIA 3D SKENOVANÝCH DÁT PRE POUŽITIE V ELEKTROENERGETIKE

V súvislosti s otváraním možností zberu údajov prostredníctvom nových technológií sa objavili nové perspektívne oblasti, ako napr. zber údajov technológiou lidar, kde za použitia lietadla alebo helikoptéry je možné získať rýchly a vysoko kvalitný obraz zemského povrchu a objektov na ňom.

LIDAR (Light Detection And Ranging; LiDAR) je progresívna technológia ktorá využíva laserový lúč pre rýchly spôsob merania pozície fyzikálnych objektov s vysokou presnosťou a v súčasnosti sa popri klasickej fotogrametrii stáva významným zdrojom informácií o zemskom povrchu a objektoch na ňom. LiDAR zhromažďuje vysoko presné informácie o zemskom povrchu vo forme rozptýlených a neorganizovaných bodov, nazývaných tiež mračno bodov, ktoré musí byť neskôr spracované do podoby použiteľnej informácie. Na základe umiestnenia lasera delíme spôsob zberu údajov do dvoch základných skupín, a to na letecký a pozemný, ktoré sa ďalej ešte delia na mobilné, statické, topografické a batymetrické [10]. Detailným rozborom rozdielov v použití technológií LiDAR a fotogrametrie, popisom výhod a nevýhod a iných aspektov zberu údajov pomocou oboch technológií sa zaoberá viacero autorov [11] - [14].

Získané dáta sú po nalietaní spracované tak, že je vykonávaná geometrická korekcia údajov a neskôr prebieha postprocessing dát pre získanie fyzických objektov alebo povrchov. Procesom klasifikácie a filtrácie sú zo zdrojových dát získavané objekty ako napr. vegetácia, vodné útvary alebo fyzické objekty ľudskej činnosti. Špecializované softvérové algoritmy umožňujú dodatočné automatizované odstránenie ťažko identifikovateľných objektov, ako sú napr. osobné automobily. Výstupom spracovania lidarových dát môžu byť buď klasifikované formy zemského povrchu alebo spracované 3D mračno bodov. Prvý z prístupov je dobre preskúmaný, aj keď technologicky a časovo náročný. Samotné spracovanie mračna bodov je pomerne novým postupom, ktorý pred nás stavia nové výzvy [15].

Výstupy môžu obsahovať digitálny terénny model (DTM) v pravidelnej gridovej alebo trojuholníkovej sieti, filtrované body zemského povrchu, výškové body objektov (budovy, vegetácia a pod.), intenzity odrazov alebo automatizovane generované vrstevnice. Pre generáciu zemského povrchu (DTM) existuje mnoho algoritmov, často zameraných na



konkrétnu problematiku. Výber konkrétnej metódy pre spracovanie závisí od požiadavky na druh a kvalitu výstupov [16], [17]. Pre zvýšenie kvality výstupov digitálneho modelu terénu sa používa priama alebo stereoskopická metóda, ktorá je často najnáročnejšou a časovo najdlhšou etapou spracovania údajov. Problémy pri spracovaní lidarových dát boli sumarizované vo viacerých odborných článkoch [18]. Ako uvádzajú [16], momentálne je spracovanie údajov ovplyvnené dvoma základnými problémami. Po prvé, „neexistuje dostupný komplexný softvérový nástroj, ktorý by zabezpečil celú reťaz spracovania údajov od ich zberu až po finálne výstupy.“ Údaje tak musia byť presúvané medzi jednotlivými softvérmi a často krát musia byť realizované viaceré konverzie údajov. Po druhé, „samotné objemy dát sú tak rozsiahle – pohybujú sa rádovo v stovkách gigabytov, že nie je možné na existujúcich pracovných staniciach realizovať niektoré výpočty bez predošlého rozdelenia vstupov na rôzne menšie jednotky.“

Dôležitým aspektom je tiež skutočnosť, že dnešné postupy na generovanie objektov sú závislé od operátora. V tejto oblasti prebieha rozsiahly vedecký výskum, avšak „doteraz sa nepodarilo zostaviť plne automatizovaný algoritmus, ktorý by na základe analýzy mračna bodov dokázal rozpoznať a identifikovať objekty na zemskom povrchu“ [16].

Možnosti praktického využitia údajov získaných z lidarového skenovania sú rôzne. Jednou z oblastí je využitie pre mapovanie líniových objektov, ako napr. objektov elektrického vedenia, líniových potrubných vedení alebo cestnej a železničnej siete, tzv. corridor mapping. Pre mapovanie sú využívané najmä helikoptéry alebo lietadlá letiace v nízkych letových výškach. Tu je možné využitie získaných údajov napr. na zisťovanie výšky vegetácie nad (v prípade plynovodov a ropovodov) alebo pod vedením (v prípade elektrických vedení), podrobné mapovanie a pasportizáciu pre výstavbu dopravnej infraštruktúry, ale aj zisťovanie zmien a posunov po výstavbe, ako napr. posuny objektov alebo pohyby zemského povrchu. V tejto oblasti bolo publikovaných viacero prác [19] - [22]. Praktickou ukážkou takéhoto výskumu bolo nalietanie 1380km dlhého 550kV elektrického vedenia v Manitobe [23]. Ako uvádza [24], existujúce algoritmy sú schopné správne identifikovať až 86,9 % bodov tvoriacich elektrické vedenie.



## **5.1 Aplikácia lidarového skenovania v elektroenergetickej praxi**

V súčasnosti je prenos a distribúcia elektrickej energie v rámci elektrizačných sústav zabezpečovaná prevažne vonkajšími vzdušnými vedeniami. Pre lepšiu predstavu o rozsahu týchto systémov – len samotnú prenosovú sústavu SR tvoria vonkajšie vedenia s celkovou dĺžkou približne 2300 km. Rozsah distribučných sietí je ešte násobne väčší – rádovo niekoľko tisíc kilometrov vedení 110 kV a niekoľko desiatok tisíc kilometrov vedení 22 kV.

Na rozdiel od káblových vedení sú vzdušné vedenia vystavené meniacim sa klimatickým podmienkam a sú vo zvýšenej miere ohrozované okolitým prostredím, napríklad vegetáciou. Z tohto dôvodu je nutné udržiavať okolo vedení dostatočne široké pásmo bez vyššej vegetácie či iných objektov, ktoré by mohli vedenie ohroziť. Pre zaistenie spoľahlivej prevádzky je potrebné tieto ochranné pásma pravidelne kontrolovať a čistiť najmä od neustále dorastajúcej vegetácie.

Druhým sledovaným faktorom sú priehyby vodičov – postupom času vodiče starnú, menia sa ich mechanické vlastnosti a postupne sa zvyšuje ich prihyb, v dôsledku čoho môže ich vzdialenosť od terénu či objektov v ochrannom pásme klesnúť pod normou vyžadované hodnoty.

V prenosovej sústave sa pri kontrole vedení využíva aj letecká technika, exponované úseky vedenia sa kontrolujú s pomocou vrtuľníka, kde okrem vizuálnej kontroly sa vykonáva aj snímanie termovíziou. V prípade distribučných sústav sa ochranné pásma a samotné vedenia štandardne kontrolujú pomerne jednoduchým spôsobom – pochôdzkou technika pod vedením. Tento spôsob je samozrejme náročný na personál a čas. Ani jeden z uvedených spôsobov navyše neposkytuje dostatočne presný obraz o aktuálnom stave vedenia a ochranného pásma.

Jednou z možností, ako získať presné informácie o stave vedenia a jeho ochranného pásma, je skenovanie s leteckým LiDARom. Výstupom je relatívne presný priestorový model, na základe ktorého je možné vykonať pomocou softvérových nástrojov čiastočne automatizovaným spôsobom kontrolu voľnosti ochranného pásma, priehybov vodičov, ako aj iných potenciálne zaujímavých skutočností. V ďalších častiach tohto článku budeme demonštrovať možnosti leteckého LiDARu pri monitorovaní vedení rôznej napäťovej úrovne v podmienkach Slovenska s využitím softvérového nástroja TerraScan.



## 5.2 Príklad použitia systému na jednej skenovanej oblasti

Testovanie prebehlo s leteckým LiDARom Trimble Harrier 68i zabudovaným do leteckého nosiča PA-34 Seneca. Stručné zhrnutie parametrov Harrier 68i je uvedené v tabuľke 1.

**Tab. 1. Základné parametre lidarového systému Harrier 68i**

|                         |                  |                        |                                  |
|-------------------------|------------------|------------------------|----------------------------------|
| Frekvencia pulzov (PRR) | 80 kHz – 400 kHz | Uhlové rozlíšenie      | 0.001 °                          |
| Frekvencia skenovania   | 10 Hz – 200 Hz   | Hustota bodov (50 m/s) | 5.8 pt·m <sup>-2</sup> @800m AGL |
| Zorný uhol              | 45 °– 60 °       | Presnosť vertikálna    | < 0.25 m                         |
| Operačná výška          | 30 – 1600 m AGL  | Presnosť horizontálna  | < 0.15 m                         |

Ako skenovaná oblasť bol zvolený pás medzi elektrickou stanicou Varín a obcou Strážavy. Táto oblasť bola zvolená vzhľadom na to, že týmto úsekom prechádza niekoľko vedení rôznych napäťových úrovní, a to: vedenie 400 kV č. 495, dvojité 110 kV vedenia 7845/7854, 7733/7704, 7717/7718 a jednoduché 110 kV vedenie 7844. Do skenovanej oblasti zasahujú aj úseky vzdušných vedení 22 kV a tiež ju križuje elektrifikovaná železničná trať s trakčným systémom 3 kV DC. Na vedeniach v skenovanej oblasti je použitých viacero typov stožiarov (priehradová konštrukcia, ohraňované stožiare, predpätý betón). V oblasti navyše dochádza ku križovaniu vedení rôznych napäťových úrovní. Vedenia v skenovanej oblasti prechádzajú rôznym typom terénu – polia, križovanie vodného diela Žilina, až po úseky s vyšším porastom. Oblasť je preto vhodná pre všestranné testovanie možností lidarovej technológie. Skenovaná oblasť je zobrazená na obr. 13.



Obr. 14 Skenovaná oblasť (Varín – Strážavy)

Skenovanie prebehlo z výšky cca 650 m nad terénom pri rýchlosti približne  $210 \text{ km.h}^{-1}$ . Aby bolo možné testovať, aká minimálna hustota bodov je potrebná pre identifikáciu vedení rôznych napäťových úrovní, bola skenovaná oblasť nalietaná niekoľkokrát. Výsledná hustota bodov tak dosahuje miestami až  $30 \text{ pt.m}^{-2}$ .

Pre spracovanie získaných dát bol použitý softvérový modul TerraScan vo verzii 013.013, ako CAD rozhranie bol použitý softvér MicroStation V8i.

### 5.3 Spracovanie získaných dát

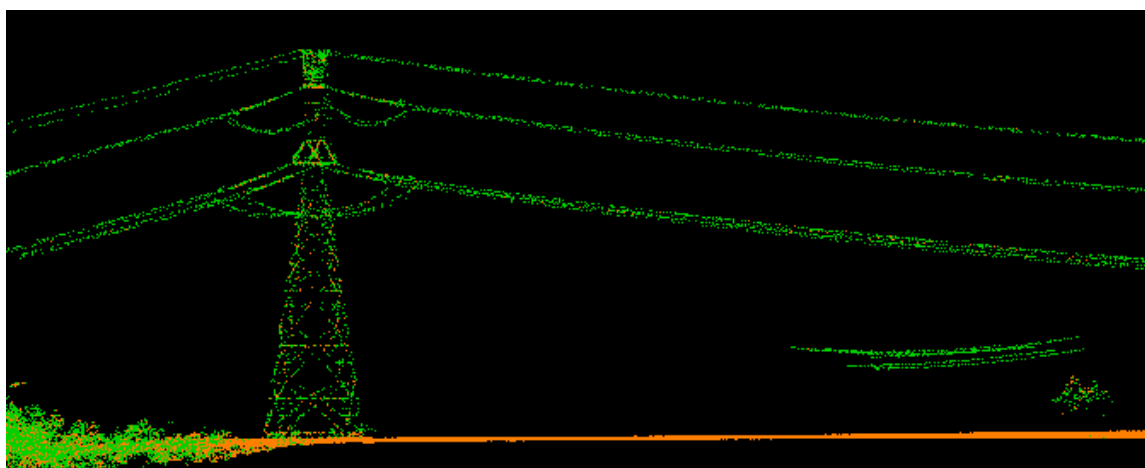
Pri spracovaní získaných dát bolo hlavným cieľom overiť:

- možnosti automatickej detekcie vodičov a ich vektorizácie,
- možnosti detekcie stožiarov a ich vektorizácie,
- možnosti kontroly priehybu vodičov a ich minimálnej výšky nad terénom,
- možnosti automatickej kontroly ochranného pásma vedenia.

Prezentované výsledky boli získané pri maximálnom dostupnom rozlíšení. Zatiaľ neboli testované možnosti softvéru pri redukovanej hustote bodov, s výnimkou krátkeho úseku vedenia 22 kV, na ktorom bola schopnosť detekcie vodičov vykonaná aj pri zníženej hustote.

### 5.3.1 Detekcia vodičov

Kľúčovou funkciou pri monitoringu vedení s využitím LiDARu je identifikácia vodičov. Ako je zrejmé z obr. 14, skener je schopný zaznamenať vodiče na vedeniach všetkých potenciálne zaujímavých napäťových hladín. Na obr. 14 je bočný pohľad na vedenie 400 kV v okolí kotevného stožiaru typu „mačka“. Zreteľne viditeľné sú ako fázové vodiče, tak aj zemniace laná. Zároveň v pravej časti je viditeľné križovanie vedenia 22 kV vedeného popod vedenie 400 kV. Táto situácia demonštruje schopnosť systému zaznamenať nielen masívne zväzkové vodiče prenosového vedenia, ale aj podstatne tenšie vodiče distribučného vedenia.



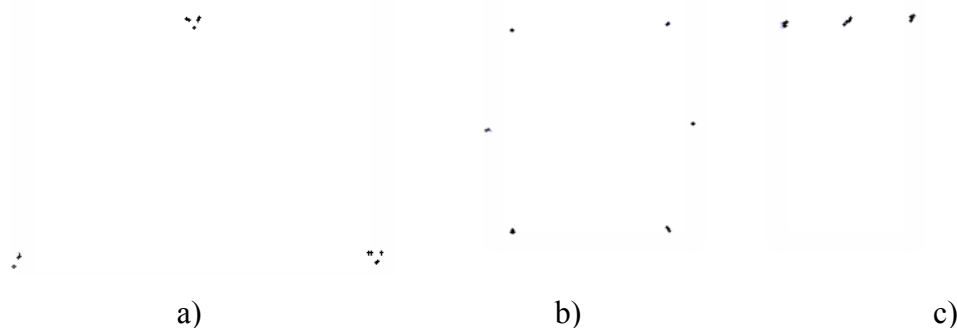
**Obr. 15 Bočný náhľad na úsek vedenia 400 kV, v pravej časti je zreteľné križovanie vedenia 22 kV**

Modul TerraScan disponuje funkciou pre automatickú detekciu vodičov. Používateľ zadefinuje pomocou lomenej čiary os vyšetrovaného vedenia, systém následne automaticky prehľadá priestor okolo definičnej čiary vo zvolenej šírke a automaticky vyhľadá a klasifikuje body patriace vedeniu. Pri rozpoznávaní sa využíva fakt, že mračno bodov reprezentujúce vodič musí rešpektovať tvar zavesenej reťazovky. Pri detekcii je možné stanoviť medzné konštanty reťazoviek, ktoré ešte majú byť považované za vodiče. Okrem klasifikácie bodov funkcia tiež umožňuje vektorizovať mračno bodov reprezentujúce vodiče.

Počas testovania uvedenej funkcie systém dokázal spoľahlivo rozpoznať a vektorizovať vodiče všetkých troch vyšetrovaných napäťových hladín. Problém s detekciou nastal len na úsekoch vedenia s veľmi malým priehybom (napr. v úseku kde vedenie vstupuje do elektrickej stanice). Pri vhodnej parametrizácii bol systém dokonca schopný s vysokou úspešnosťou rozoznať jednotlivé vodiče vo zväzkových vodičoch (fázový vodič je tvorený zväzkom

viacerých lán, typicky dvomi až tromi) vedenia 400 kV. Takáto presnosť je samozrejme z praktického hľadiska zbytočná a úplne postačuje nahradenie zväzku jediným vodičom.

Na obrázku 15 sú zobrazené priečne rezy vedeniami jednotlivých napäťových hladín (obrázok je pre vyšší kontrast prevedený na čierno-biely). V prípade vedení 400 kV sú fázové vodiče tvorené zväzkom troch lán usporiadaných do rovnostranného trojuholníka s hranou 40 cm. Tieto trojuholníky sú na priečnom reze zreteľne viditeľné a zároveň demonštrujú pomerne vysokú presnosť skenovania, ktorá bola v tomto prípade výrazne vyššia než udávaná výrobcom LiDARu.



**Obr. 16 Priečný rez vedením a) 1x400 kV, b) 2x110 kV c) 1x22 kV rovinná konzola**  
**(obrázky nie sú v mierke)**

Vzhľadom na netypicky vysokú hustotu bodov zabezpečenú viacnásobným skenovaním rovnakej oblasti je samozrejme na mieste otázka, aká bude úspešnosť pri zníženej hustote bodov. Z hľadiska detekcie vodičov by nižšia hustota nemala predstavovať zásadný problém vzhľadom na už spomínaný fakt, že polohy všetkých bodov patriacich vodiču musia s určitou toleranciou zodpovedať rovnici reťazovky. Keďže požadovaný tvar je v rámci istých medzí dopredu známy, mala by na úspešnú detekciu vodičov postačovať aj pomerne nízka hustota bodov.

Aby bolo možné aspoň čiastočne overiť schopnosť softvéru rozpoznávať vodiče aj pri nižších hustotách bodov, zredukovali sme body v jednom z vyšetovaných kvadrantov na hustotu zodpovedajúcu jednému preletu. Hustota v tomto prípade dosahovala približne  $5 \text{ pt} \cdot \text{m}^2$ , čo môžeme považovať za bežne dostupnú hustotu pre tento typ skenovania. Prvé experimenty potvrdzujú, že aj pri tejto hustote je možné automaticky rozpoznať vodiče aj na

22 kV vedeniach, avšak proces je náročnejší na parametrizáciu vyhľadávacieho algoritmu a algoritmus je celkovo chybovejší.

Najproblematickejším bodom pri rozpoznávaní vedení je nutnosť vytvoriť definičnú čiaru vedenia. Táto by mala prechádzať osou vedenia s uzlom vytvoreným vo vrchole každého stožiaru. Vzhľadom na fakt, že aj v prípade prenosových vedení, u ktorých rozpätie stožiarov dosahuje aj niekoľko 100 m, pripadajú na 1 km vedenia 3-4 stožiare, je vytvorenie definičnej čiary pre vedenie dlhé niekoľko desiatok km pomerne prácne. Situácia je ešte komplikovanejšia v prípade vedení 110 kV, kde sú rozpätia ešte o niečo kratšie.

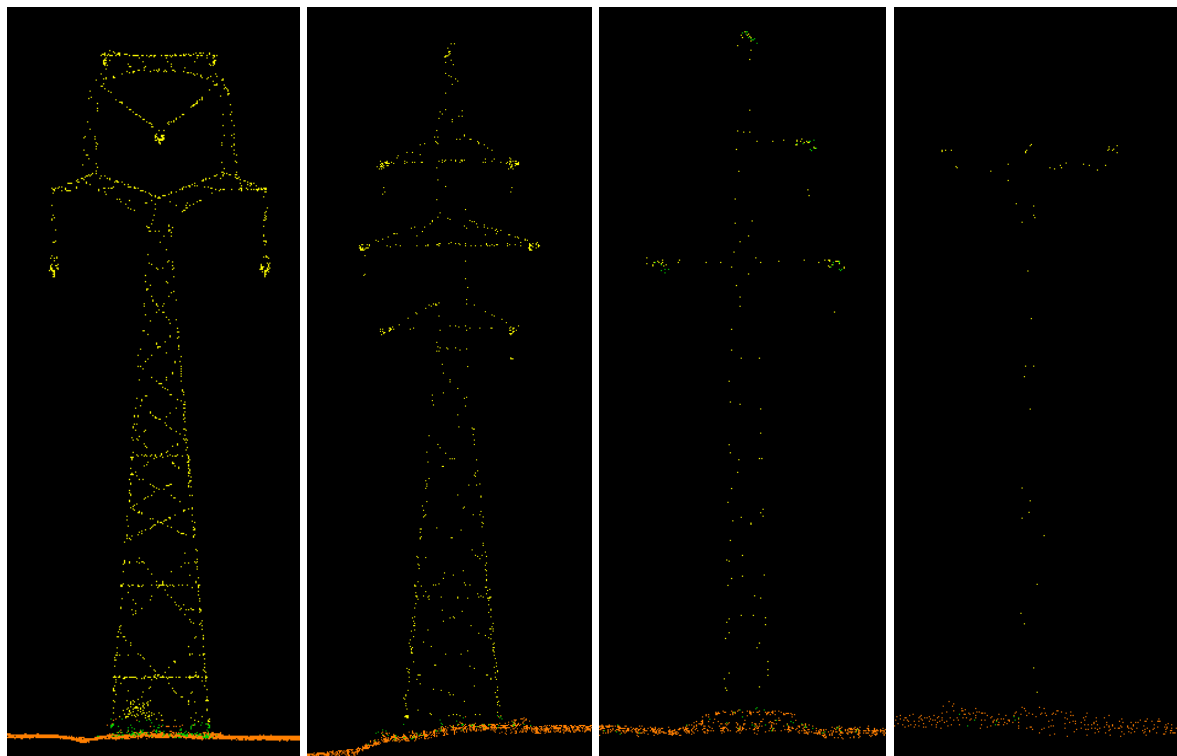
Pri opakovanom spracovaní toho istého koridoru je samozrejme v prípade, že nedošlo k prekládke vedenia, možné využiť pôvodne vytvorenú definičnú čiaru a tým celý proces podstatne urýchliť.

Pochopiteľne, v prípadoch, keď automatická detekcia z nejakého dôvodu úplne zlyháva, je možné klasifikovať body patriace vodičom ručne a rovnako aj ručne definovať vektorizovanú reťazovku. Tieto manuálne operácie sú však pomerne časovo náročné.

### **5.3.2 Detekcia stožiarov**

Na obrázku 16 sú zobrazené ukážky rôznych typov stožiarov zaznamenaných v skenovanej oblasti. Zo zaznamenaných dát bolo vo všetkých prípadoch možné spoľahlivo určiť typ stožiaru. U stožiarov vyšších napäťových hladín sú zreteľné aj detaily, priečky priehradovej konštrukcie a izolátorové reťazce.

Nižšiu kvalitu má zobrazenie ohraňovaných stožiarov 110 kV. Ohraňované stožiare majú štíhlejšiu konštrukciu, navyše u priehradovej konštrukcie je vyššia šanca na viacnásobný odraz laserového lúča (a tým získanie viacerých bodov) ako u plného tela ohraňovaných stožiarov. Napriek tomu je možné typ stožiaru spoľahlivo identifikovať.



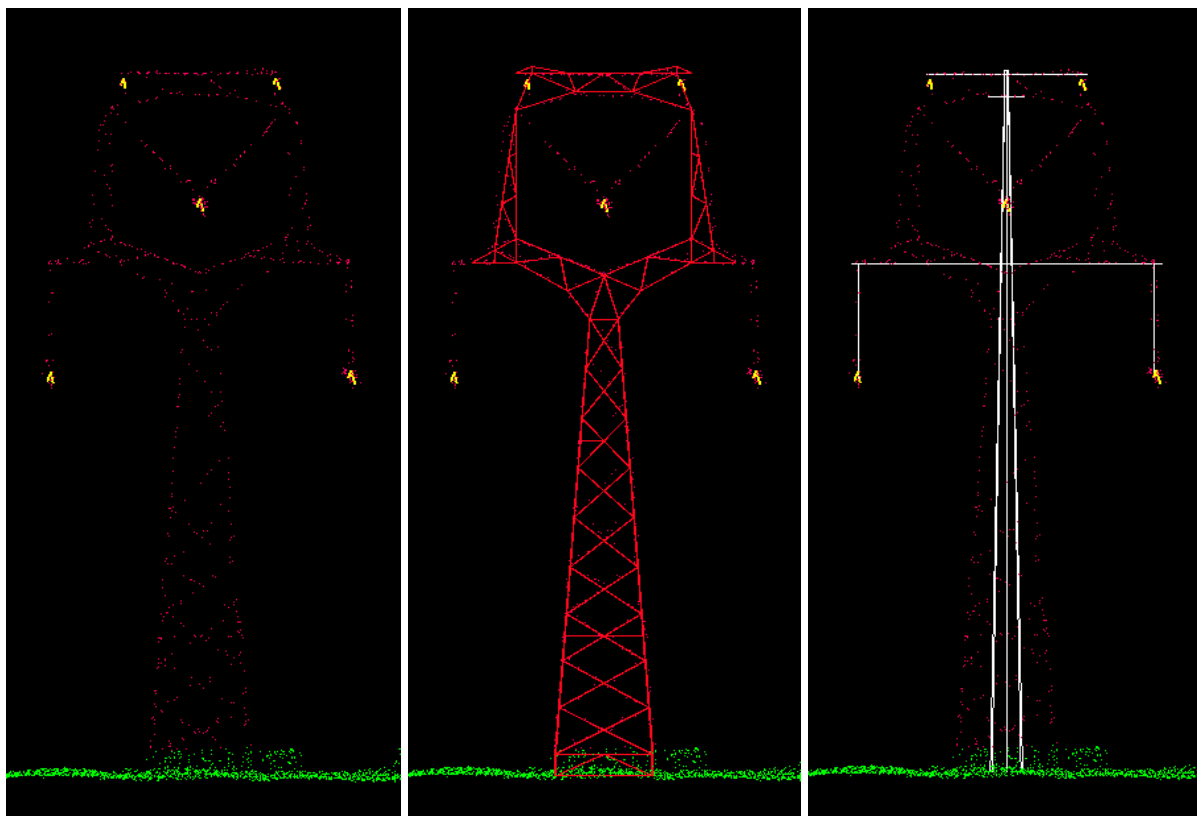
**Obr. 17 Ukážka zobrazenia rôznych typov stožiarov, zľava 1x400 kV „mačka“, 2x110 kV „súdok“, ohraňovaný stožiar 1x110 kV, 1x22 kV rovinná konzola (obrázky nie sú v jednotnej mierke)**

Na rozdiel od pomerne veľmi dobre fungujúcich nástrojov na prácu s vodičmi je vektorizácia stožiarov prakticky manuálnou záležitosťou. Systém automaticky umiestňuje vektorový model do uzla definičnej čiary vedenia. Následne je však nutné manuálne určiť výšku stožiara, polohu aj šírku ramien. Vektorizovaný model je len veľmi primitívnou náhradou reálneho stožiara a len problematcky sa aplikuje v prípade iných typov stožiarov ako jedno dříekových s ramenami po bokoch centrálnej veže.

Keďže na vedeniach sa používa len obmedzené množstvo typov stožiarov, je možné v prípade požiadavky na vernejšie vektorové zobrazenie využiť import vopred pripravených modelov vytvorených napríklad v modelovacom nástroji SketchUp. Import a umiestnenie modelu je porovnateľne náročné ako vytvorenie jednoduchého modelu pomocou vstavaných nástrojov TerraScan. Porovnanie vektorizácie stožiara 400 kV typu „mačka“ pomocou importovaného modelu a pomocou vstavaných nástrojov je na obrázku 17.

Samotnú vektorizáciu stožiarov v podobe, ako je implementovaná v module TerraScan, možno považovať za viac-menej kozmetickú záležitosť. Podstatnejším nedostatkom je

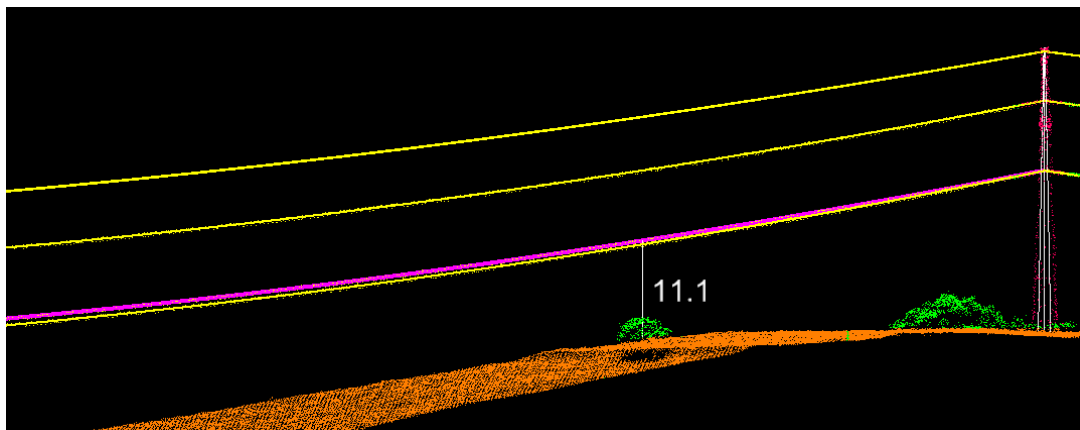
absencia funkcie pre automatickú klasifikáciu bodov tvoriacich telo stožiaru. Ručná klasifikácia je samozrejme možná (a s využitím rezov aj pomerne pohodlná a rýchla) avšak pri počte niekoľkých stoviek stožiarov patriacich jednému vedeniu je táto klasifikácia extrémne prácna. Navyše, bez správnej klasifikácie bodov patriacich stožiaru nie je možné korektne používať nástroje na automatickú kontrolu voľnosti ochranného pásma, keďže nesprávne klasifikované body stožiara sú systémom považované za vysokú vegetáciu, a tým za objekt zasahujúci do ochranného pásma vedenia.



**Obr. 18 Ukážka možností vektorizácie stožiarov VVN, zľava postupne pôvodné mračno bodov, importovaný vektorový model a model vytvorený pomocou modulu TerraScan**

### **5.3.3 Kontrola priehybu vodičov a kontrola voľnosti ochranného pásma**

Pre kontrolu priehybu vodičov a určenie minimálnej výšky nad zemou je k dispozícii automatizovaný nástroj. Podmienkou je predošlá úspešná vektorizácia vodičov. Následne po aktivácii nástroja a zvolení vybraného fázového vodiča je identifikovaný bod jeho najnižšej výšky nad terénom a táto výška je zakótovaná (obr. 18).



**Obr. 19 Automatické vyhľadanie a zakótovanie miesta s minimálnou výškou vodiča nad terénom**

Rovnako je možné vyhľadávať objekty zasahujúce do ochranného pásma vedenia. Po zadefinovaní minimálnej povolenej vzdialenosti cudzích objektov od vedenia systém automaticky vyhľadá všetky miesta, kde sa nachádzajú body zasahujúce do zvoleného ochranného priestoru. Zoznam potenciálnych konfliktov sa následne zobrazí používateľovi. Ten následne rozhodne, či sa jedná o chybu v klasifikácii (stáva sa, že nie všetky body vodiča sú korektne preklasifikované zo svojej pôvodnej triedy) alebo bol skutočne identifikovaný nebezpečný objekt. Následne je možné zakótovať vzdialenosť od vodiča k tomuto objektu a body, ktoré narúšajú ochranný priestor, preklasifikovať do zvolenej triedy tak, aby ich bolo možné jednoducho odlíšiť. Výsledný zoznam identifikovaných problémov je možné exportovať do súboru.

Finálna kontrola priestoru okolo vedenia sa realizuje postupnou vizuálnou kontrolou jednotlivých úsekov vedenia medzi dvomi stožiarimi. Vedenie je zobrazované súčasne vo viacerých rezoch, aby bolo možné efektívne posúdiť stav terénu a vegetácie pod vodičmi. Táto manuálna fáza je opäť pomerne prácna a časovo náročná.

V tejto kapitole boli okrem uvedených, použité nasledovné zdroje [25] - [28].

## 6 ZÁVER

Aktivita 1.3 bola zameraná na vybudovanie centra výskumu lokalizačných služieb a ich transferu do inteligentnej dopravy v SR. Centrum výskumu lokalizačných služieb bolo vybudované na Elektrotechnickej fakulte Žilinskej univerzity v Žiline, kde má výskum v oblasti lokalizačných systémov a služieb svoju tradíciu. CVLS je rozdelené do dvoch častí: prvá časť sa nachádza v miestnosti ND312b na Katedre telekomunikácií a multimédií a druhá časť je situovaná na Katedra výkonových elektrotechnických systémov v ND 213 a ND 209.

Výskum realizovaný v rámci CVLS je orientovaný predovšetkým na výskum lokalizačných systémov a algoritmov vhodných pre použitie v inteligentných dopravných systémoch. Pre lokalizačné systémy je kľúčové spoľahlivo určovať polohu mobilných objektov v heterogénnom prostredí, t.j. nielen vo vonkajšom prostredí, ale aj vo vnútri budov. V súčasnosti neexistuje systém, ktorý by bol schopný realizovať tento spôsob určovania polohy bez vysokých investičných nákladov. V rámci riešenia tohto projektu sme pracovali na návrhu tohto systému. Čiastkové výsledky boli publikované na renomovaných svetových vedeckých konferenciách a časopisoch.

Druhá časť výskumu bola zameraná na využitie skenovaných dát LIDAR v energetike, konkrétne v distribučnej sieti elektrickej energie v rámci elektrizačných sústav. Dáta LIDAR boli využité na monitorovanie parametrov vonkajších vzdušných vedení. Na základe dosiahnutých výsledkov je možné efektívne využívať získané dáta za účelom zistenia vlastností prenosových vedení.



## 7 ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] SCHILLER, J., VOISARD, A.: Location – Based Services, Morgan Kaufmann Publishers is an imprint of Elsevier. 500 Sansome Street, Suite 400, San Francisco, CA 94111, 2007-12-01-7100-936-9.
- [2] 3GPP TS 23.271 V 7.7.0. (2006). 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Functional stage 2 description of Location Services (LCS); (Release 7).
- [3] BENIKOVSKY, J.: Integrovaný lokalizačný systém pre mobilné stanice. Písomná časť dizertačnej skúšky. Žilinská univerzita v Žiline, 2010.
- [4] RALPH, D, SEARBY, S.: Location and Personalisation: Delivering Online and Mobility Services, Institution of Electrical Engineers, 2004 (248 pages), ISBN:0863413382.
- [5] KÜPPER, A.: Location-based Services: Fundamentals and Operation. England: John Wiley & Sons Ltd, 1 edition, 2005. 386 p. ISBN-13 978-0-470-09231-6.
- [6] BENSKY A.: Wireless Positioning: Technologies and Applications, Artech House, ISBN: 978-1-59693-130-5, 2008.
- [7] DRU, M.-A., SAADA, S.: A pragmatic approach to promoting location-based services: Location-based mobile services: the essentials. Alcatel Telecommunications Review, 1st Quarter 2001.
- [8] BRIDA P., CEPEL P., DUHA J.: Mobile Positioning in Next Generation Networks. In KOTSOPOULOS S.A., IOANNOU K.G. Handbook of Research on Heterogeneous Next Generation Networking: Innovations and Platforms. London: IGI Global, 2009, p. 223-252.. ISBN 978-1-60566-108-7.
- [9] DIBDIN, P.: Where are mobile location based services?. CM316 Multimedia Systems Paper, 14th December 2001.
- [10] AXELSOON, P.: Processing of laser scanner data - algorithms and applications, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, zv. 54, %1. vyd.2-3, pp. 138-147, 1999.



- [11] BALTSAVIAS, E.: Airborne laser scanning: basic relations and formulas., ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, zv. 54, %1. vyd.2-3, pp. 199-214, 1999.
- [12] BALTSAVIAS, E.: Airborne laser scanning: existing systems and firms and other resources, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, zv. 54, %1. vyd.2-3, pp. 164-198, 1999.
- [13] BALTSAVIAS, E. P.: A comparison between photogrammetry, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 54, pp. 83-94, 1999.
- [14] BOBÁL, P., HOLUBEC, M.: Základné princípy Lidar a možnosti jeho využitia, Zborník z konferencie INAIR, 2013.
- [15] GHANNOUM, E., KIELOCH, Z.: Use of modern technologies and software to deliver efficient design and optimization of 1380 km long bipole III  $\pm$  500 kV HVDC transmission line, Manitoba, Canada., Transmission and Distribution Conference and Exposition. IEEE PES., pp. 1-6, 2012.
- [16] HARRAP, R. LATO, M.: An Overview of LIDAR: collection to applications., 2010.
- [17] Z. LI et all: Toward automated power line corridor monitoring using advanced aircraft control and multisource feature fusion., Journal of Field Robotics, zv. 29, %1. vyd.1, p. 4–24., 2012.
- [18] Y. e. LIU: Classification of Airborne LIDAR Intensity Data Using Statistical Analysis and Hough Transform with Application to Power Line Corridors, Digital Image Computing: Techniques and Applications, 2009. DICTA '09., p. 462 –467, 2009.
- [19] LU, M., KIELOCH, Z.: Accuracy of Transmission Line Modeling Based on Aerial LiDAR Survey, Power Delivery, IEEE Transactions, zv. 23, %1. vyd.3, p. 1655 – 1663, 2008.
- [20] McLAUGHLIN, R.: Extracting transmission lines from airborne LIDAR data., Geoscience and Remote Sensing Letters, zv. 3, %1. vyd.2, p. 222 – 226, 2006.
- [21] R.e.a.NOBREGA: A noise-removal approach for lidar intensity images using anisotropic diffusion filtering to preserve object shape characteristics., ASPRS 2007 Annual Conference, Tampa, Florida, May 7-11, 2007, 2007.
- [22] SOHN, G., JWA, Y., KIM, H. B.: Automatic powerline scene classification and reconstruction using airborne lidar data., ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Zv. %1 z %2I-3, pp. 167-172, 2012.



- [23] TIEDE, D., BLASCHKE, T.: An integrated workflow for LIDAR / optical data mapping for security applications., International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and spatial information sciences., 2004.
- [24] WEHR, A., LOHR, U.: Airborne laser scanning - an introduction and overview, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, zv. 54, %1. vyd.2-3, pp. 68-82, 1999.
- [25] STN EN 50341-1 (33 3300): 2006. Vonkajšie elektrické vedenia so striedavým napätím nad 45 kV. Časť 1: Všeobecné požiadavky. Spoločné špecifikácie.
- [26] OTČENÁŠOVÁ, A.: Mechanika vonkajších silových vedení, EDIS, Žilinská univerzita v Žiline, 2010, ISBN 978-80-554-0181-2, 245 strán.
- [27] THE SANBORN MAP COMPANY, Inc. Electric transmission corridor mapping. [online]. Colorado springs: USA, 2010. [cit: 2014-16-01]. Dostupné na internete: [http://www.forestportal.sk/SitePages/projekt/doc/SANBORN\\_electricity\\_transmission.pdf](http://www.forestportal.sk/SitePages/projekt/doc/SANBORN_electricity_transmission.pdf).
- [28] Zákon o energetike, Zákon NR SR 251/2012 Z. z., § 43.

# ZOZNAM PRÍLOH

Príloha A – Pracovný denník CVLS

Príloha B – Prevádzkový poriadok CVLS

Príloha C – formulár pre Poučenie pracovníkov o dodržiavaní pracovného poriadku

Príloha D – Separáty publikačných výstupov



Žilinská univerzita v Žiline

---

# Príloha A

## Pracovný denník CVLS Centrum výskumu lokalizačných služieb

### Aktivita 1.3

*Názov aktivity: Vybudovanie centra výskumu lokalizačných služieb a ich transferu do inteligentnej dopravy v SR*

### Aktivita 2.2

*Názov aktivity: Transfer poznatkov a technológií z výskumu lokalizačných služieb do odvetvia dopravy*



## 1. Vedecký rámec laboratória

- Výskum a vývoj lokalizačných systémov pracujúcich na báze družicových navigačných systémoch GNSS (Global Navigation Satellite System), mobilných bunkových, senzorických a ad hoc sietí.
- Výskum lokalizačných systémov pracujúcich vo vnútri budov.
- Výskum za účelom zlepšenia parametrov lokalizačnej metódy odtlačku signálu - „fingerprinting“.
- Výskum modulárnych lokalizačných systémov.
- Definovanie bázy služieb, ktoré majú vysoký potenciál a prinášajú so sebou veľkú pridanú hodnotu pre IDS.
- Výskum a vývoj v oblasti personalizácie LBS služieb pre potreby IDS, vytvorenie modelu personalizácie LBS.
- Výskum možností spracovania výsledkov leteckého skenovania, analýzy nutných podmienok a požiadaviek pre možnosti ďalšieho spracovania.
- Výskum a analýzy využitia skenovaných dát pre použitie v elektroenergetike.
- Výskum, analýzy a realizácia využitia skenovaných dát na sledovanie líniových stavieb v elektroenergetike – vzdušných elektrických vedení.

### **Základné identifikačné údaje o pracovisku:**

Zodpovedný pracovník KTaM/riešiteľ: Ing. Peter Brída, PhD.

Kontakt: telefón: +421 41 513 2237

e-mail: peter.brida@fel.uniza.sk

Zodpovedný pracovník KVES/riešiteľ: doc. Ing. Alena Otčenášová, PhD.

Kontakt: telefón: +421 41 513 2162

e-mail: alena.otcenasova@fel.uniza.sk

Miestnosti, ktoré tvoria uvedené laboratórium: ND312b, ND213, ND209



*Zoznam obstaraných zariadení z prostriedkov projektu BrokCE pre Centrum výskumu lokalizačných služieb.*

| <i>P. č.</i> | <i>Názov položky</i>                                                                    | <i>Umiestnenie</i> | <i>Zodpovedná osoba</i>                 |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------|
| 1.           | Mobilné laboratórium pre lokalizačné služby pozemných zariadení v mestách a extraviláne | ND312b             | <i>Ing. Peter Brída, PhD.</i>           |
| 2.           | Vyhodnocovací softvér pre skenované dáta FVES                                           | ND209a             | <i>Ing. Marek Hőger, PhD.</i>           |
| 3.           | Výpočtový server                                                                        | ND201              | <i>doc. Ing. Alena Otčenášová, PhD.</i> |
| 4.           | Plotér                                                                                  | ND213              | <i>doc. Ing. Alena Otčenášová, PhD.</i> |
| 5.           | Technický notebook (Variant A)                                                          | ND209<br>ND209a    | <i>doc. Ing. Alena Otčenášová, PhD.</i> |



Žilinská univerzita v Žiline

---

# Príloha B

## Prevádzkový poriadok CVLS Centrum výskumu lokalizačných služieb

### Aktivita 1.3

*Názov aktivity: Vybudovanie centra výskumu lokalizačných služieb a ich transferu do inteligentnej dopravy v SR*

### Aktivita 2.2

*Názov aktivity: Transfer poznatkov a technológií z výskumu lokalizačných služieb do odvetvia dopravy*



Elektrotechnická fakulta (EF), Katedra telekomunikácií a multimédií (KTaM) a Katedra výkonových elektrotechnických systémov (KVES) vydáva v súlade s platnou legislatívou a internými predpismi Žilinskej univerzity v Žiline tento prevádzkový poriadok pre Centrum výskumu lokalizačných služieb v rámci projektu *Brokerské centrum leteckej dopravy pre transfer technológií a znalostí do dopravy a dopravnej infraštruktúry* (BrokCE).

Centrum výskumu lokalizačných služieb bolo vybavené z prostriedkov BrokCE. Služí pre vedeckú a výskumnú činnosť pracovníkov, doktorandov a študentov EF ŽU v Žiline a v prípade záujmu aj pre ostatných pracovníkov ŽU v Žiline.

Centrum výskumu lokalizačných služieb (CVLS) je zriadené v priestoroch katedry KTaM a KVES budova ND.

## **A Všeobecné požiadavky na bezpečnosť práce**

### **§ 1**

#### **Rozsah platnosti**

Prevádzkový poriadok je záväzný pre všetkých zamestnancov KTaM, a KVES, EF, ktorí s ním boli preukázateľne oboznámení a boli v zmysle tohto prevádzkového poriadku určení vykonávať činnosť v priestoroch Centra výskumu lokalizačných služieb.

Na ostatných zamestnancov Žilinskej univerzity, študentov a cudzie osoby platí primerane v rozsahu ich činnosti a poučenia určenými zodpovednými zamestnancami KTaM a KVES.

### **§ 2**

#### **Zodpovednosť za dodržiavanie**

Zodpovední vedúci zamestnanci za zabezpečenie dodržiavania prevádzkového poriadku sú v rozsahu svojich pracovných náplní a ustanovení tohto prevádzkového poriadku vedúci KTaM, KVES a vedúci centra.

Za dodržiavanie ustanovení prevádzkového poriadku, návodov na obsluhu, právnych a interných predpisov ŽU a vedenie prevádzkovej dokumentácie sú zodpovední zamestnanci v rozsahu pracovnej náplne, poverenia obsluhou zariadení, vyučovaním alebo inou určenou činnosťou v priestoroch centra.

### **§ 3**

#### **Pracovná disciplína**

- okamžite hlásiť svojmu priamemu nadriadenému vlastný pracovný úraz, prípadne úraz spoluzamestnanca, ktorý to nemôže urobiť sám,
- v prípade nepracovného úrazu vyzdvihnúť tlačivo „hlásenie o úraze“ v odbore mzdového účtovníctva, vyplniť ho a odovzdať,
- ak posledný odchádza z pracoviska, musí skontrolovať všetko, čo by mohlo byť potenciálnym zdrojom požiaru a krádeže, prípadne iného zdroja možného poškodenia majetku (vypnúť elektrospotrebiče, uzavrieť okná, uzamknúť dvere),
- dodržiavať predpisy a pokyny, týkajúce sa zabezpečenia ochrany objektov a majetku zamestnávateľa,



- e) pri vzdialení sa z pracoviska počas pracovného času alebo pri odchode z práce miestnosť zamknúť, aby tam nemohla vniknúť nepovolaná osoba,
- f) udržiavať na pracovisku poriadok a zabezpečiť, aby rozpracované úlohy, pomôcky boli bezpečne uložené,
- g) bez zbytočného odkladu oznámiť priamemu nadriadenému nedostatky a závady, ktoré môžu viesť k ohrozeniu bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci,
- h) ak to charakter práce vyžaduje používať pri práci osobné ochranné pracovné prostriedky, starať sa o ne a riadne s nimi hospodáriť,
- i) zúčastňovať sa nariadených školení,
- j) dodržiavať zákaz vyhotovovania kľúčov od vstupu do budov ŽU a od priestorov svojho pracoviska,
- k) na vyzvanie vedúcim zamestnancom podrobiť sa dychovej skúške, ktorou sa zisťuje či je pod vplyvom alkoholu prípadne aj vyšetreniu či nie je pod vplyvom alkoholu, omamných látok alebo psychotropných látok,
- l) dodržiavať zákaz požívania alkoholických nápojov, omamných a psychotropných látok na pracovisku a v pracovnom čase aj mimo pracoviska,

#### § 4

##### Povinnosti vedúceho CVLS

Okrem základných povinností, ktoré upravuje § 82 Zákonníka práce (ZP) je vedúci centra povinný:

- a) zabezpečiť, aby podriadení zamestnanci boli riadne oboznámení s predpismi na zaistenie bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci, so zásadami bezpečnej práce a overovať ich znalosti,
- b) zabezpečovať dodržiavanie právnych a vnútorných predpisov, viesť zamestnancov k dodržiavaniu pracovnej disciplíny,
- c) sústavne vyžadovať od podriadených zamestnancov dodržiavanie predpisov z oblasti bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci (BOZP), kontrolovať ich dodržiavanie a používanie osobných ochranných pracovných prostriedkov,
- d) bezodkladne oznámiť vznik pracovného úrazu bezpečnostnému technikovi,
- e) prešetriť každé porušenie pracovnej disciplíny zo strany podriadeného zamestnanca, postupovať podľa ods. 3 tohto článku a intenzitu určiť podľa ods. 4 tohto článku,
- f) spracovať návrh na uzavretie dohody o hmotnej zodpovednosti so zamestnancom, ktorý v rámci svojho pracovného zaradenia má zverené hodnoty, ktoré je povinný vyúčtovať,
- g) zveriť zamestnancovi osobné ochranné pracovné prostriedky a iné podobné pracovné prostriedky (napr. nástroje, náradie a pod.) na základe písomného potvrdenia.

#### § 5

##### Porušenie pracovnej disciplíny

##### 1) menej závažné porušenia pracovnej disciplíny

- a) výkon činností, ktoré nesúvisia s dohodnutým druhom práce,
- b) nedodržiavanie zákazu fajčenia,

##### 2) závažné porušenia pracovnej disciplíny



- a) nedodržanie predpisov na zaistenie bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci, predpisov o požiarnej ochrane, nepoužívanie osobných ochranných pracovných prostriedkov,
- b) požívanie alkoholu, omamných prostriedkov a psychotropných látok na pracovisku a v pracovnom čase,
- c) výkon inej zárobkovej činnosti zhodnej s predmetom činnosti zamestnávateľa bez jeho predchádzajúceho písomného súhlasu,

3) porušenia pracovnej disciplíny zvlášť hrubým spôsobom

- a) majetkové delikty na pracovisku, úmyselné odcudzenie alebo poškodenie majetku zamestnávateľa,
- b) úmyselné ublíženie na zdraví inému zamestnancovi.

§ 6

Zastupovanie a odovzdanie funkcie

- a) Vedúci centra je povinný organizačne zabezpečiť zastupovanie neprítomných zamestnancov,
- b) Pri odovzdaní a prevzatí funkcie sa spíše záznam, ktorý podpíšu zúčastnení zamestnanci a vedúci katedry. Rovnopis záznamu sa založí do osobného spisu odovzdávajúceho a preberajúceho zamestnanca.
- c) Pri odovzdaní funkcie s hmotnou zodpovednosťou za zverené hodnoty vedúci katedry zabezpečí vykonanie mimoriadnej inventarizácie.
- d) Ak funkciu odovzdáva vedúci CVLS, je povinný najneskôr do posledného pracovného dňa vykonať inventarizáciu majetku v CVLS a odovzdať súpis majetku zamestnancovi, ktorý preberá funkciu alebo vedúcim relevantných katedier.

§ 7

Ochrana práce

- 1) Ochrana práce je systém opatrení vyplývajúcich z právnych predpisov, organizačných, technických, zdravotných a sociálnych opatrení zameraných na utváranie pracovných podmienok zaisťujúcich bezpečnosť a ochranu zdravia a pracovnej schopnosti zamestnanca.
- 2) Znalosť právnych predpisov a ostatných predpisov na zaistenie bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci je neoddeliteľnou a trvalou súčasťou kvalifikačných predpokladov. Pri hodnotení pracovných výsledkov treba prihliadať na ich dodržiavanie.
- 3) Zamestnávateľ v rozsahu svojej pôsobnosti je povinný sústavne zaisťovať bezpečnosť a ochranu zdravia zamestnancov pri práci a na tento účel vykonáva potrebné opatrenia vrátane zabezpečovania prevencie, osobných ochranných pracovných prostriedkov, potrebných finančných prostriedkov a vhodného systému na riadenie ochrany práce.
- 4) Zamestnávateľ oboznamuje zamestnancov s predpismi na zaistenie bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci, vybaví pracoviská prostriedkami prvej pomoci a zabezpečí výškolenie zamestnancov na poskytovanie prvej pomoci.
- 5) Ďalšie povinnosti pre zamestnávateľa v oblasti bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci ukladá § 8 zákona č. 330/1996 Z. z. o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci a predpisy o vyhradených technických zariadeniach.
- 6) Zamestnanec je povinný pri práci dbať o svoju bezpečnosť a zdravie a o bezpečnosť a zdravie osôb, ktorých sa jeho činnosť týka.



- 7) Ďalšie povinnosti pre zamestnanca v oblasti bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci ukladá § 14 zákona č. 330/1996 Z. z. o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci.
- 8) Zamestnanci sú povinní používať osobné ochranné pracovné prostriedky (OOPP) a primerane sa o ne starať. Okruh zamestnancov, ktorým sa OOPP poskytuje je upravený vo vnútornom predpise ŽU.
- 9) Za plnenie úloh na úseku ochrany práce sú zodpovední vedúci zamestnanci na všetkých útvaroch a pracoviskách ŽU v rozsahu svojich funkcií. Zvýšenú pozornosť sú povinní venovať vedúci zamestnanci na pracoviskách, kde to vyžaduje povaha prevádzky (laboratória, dielne a pod.). Podmienky práce zamestnancov a pobyt cudzích osôb na vysoko špecializovaných pracoviskách upravujú prevádzkové predpisy týchto pracovísk.
- 10) Zamestnávateľ je v súlade s ustanoveniami zákona č. 67/1997 Z. z. povinný dbať na to, aby sa zdravie zamestnancov neohrozovalo fajčením na pracoviskách. Za týmto účelom je povinný zabezpečovať dodržiavanie zákazu fajčenia na pracoviskách a vydať zákaz fajčenia na pracoviskách, kde pracujú aj nefajčiari.
- 11) Povinnosť zamestnávateľa pri zabezpečovaní ochrany práce sa vzťahuje na všetky osoby, ktoré sa s jeho vedomím zdržiavajú na pracoviskách.
- 12) Zamestnávateľ v súlade s Nariadením vlády 247/2001 Z.z. o minimálnych bezpečnostných a zdravotných požiadavkách pri práci so zobrazovacími jednotkami, vytvára vhodné pracovné podmienky. V súlade s platnými právnymi predpismi zamestnanec pri práci so zobrazovacími jednotkami má právo na primerané vyšetrenie zraku
- a) pred zaradením na prácu so zobrazovacími jednotkami podľa osobitného predpisu,
  - b) v určených časových intervaloch podľa osobitného predpisu,
  - c) v prípade zrakových ťažkostí, ktoré môže spôsobiť práca so zobrazovacími jednotkami.
- 13) zamestnanci majú právo na odborné vyšetrenie pohybového a nervového systému, ak majú zdravotné ťažkosti takého charakteru, že mohli vzniknúť v súvislosti s výkonom práce so zobrazovacou jednotkou.
- 14) Odborový orgán ŽU má právo v súlade s § 149 ZP vykonávať kontrolu nad stavom bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci. Má právo najmä
- a) kontrolovať ako zamestnávateľ plní svoje povinnosti v starostlivosti o bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci,
  - b) kontrolovať či zamestnávateľ riadne vyšetruje príčiny pracovných úrazov,
  - c) požadovať od zamestnávateľa odstránenie nedostatkov v prevádzke na strojoch a zariadeniach,
  - d) upozorniť zamestnávateľa na prácu nadčas, ktorá by ohrozovala bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci,
  - e) požadovať od zamestnávateľa zabezpečovanie OOPP pre stanovený okruh zamestnancov.
- 15) Každý úraz v pracovnom čase je zamestnanec povinný nahlásiť priamemu nadriadenému, ktorý podľa závažnosti úrazu, najskôr zabezpečí poskytnutie prvej pomoci postihnutému a v prípade potreby aj následnú lekársku pomoc.
- 16) Drobné pracovné úrazy sa zaznamenávajú v knihe drobných úrazov.
- 17) Priamy nadriadený spíše na predpísanom tlačive záznam o pracovnom úraze a to najneskôr do troch dní po ohlásení úrazu. Pri tom spolupracuje s bezpečnostným technikom.
- 18) Bezpečnostný technik určí ďalšie opatrenia na splnenie požiadaviek Vyhlášky č.111/1975 Zb. o evidencii a registrácii pracovných úrazov.
- 19) Zamestnanci, ktorí sú zaradení na pracoviská, kde sa vyžadujú vstupné, periodické, preventívne a výstupné lekárske prehliadky, sú povinní ich absolvovať u lekára určeného zamestnávateľom, tým nie je dotknutá slobodná voľba lekára. Okruh pracovísk a profesií určí vnútorný predpis.



## § 8 Náhrada škody

- 1) Zodpovednosť zamestnanca za škodu, rozsah a spôsob náhrady škody, za ktorú zodpovedá zamestnanec, upravujú § 179 až § 191 ZP a § 13 zákona o VS. Zodpovednosť zamestnávateľa za škodu, rozsah a spôsob náhrady škody, za ktoré zodpovedá zamestnávateľ, upravujú § 192 až § 219 ZP.
- 2) Škoda, ktorá vznikne zamestnávateľovi aj zamestnancovi je riešená v škodovej komisii. Škodová komisia zisťuje príčiny a rozsah škody, ktorá vznikla zamestnávateľovi alebo zamestnancovi. Návrh na náhradu škody komisia predkladá rektorovi ŽU.

## **B Účel využívania CVLS**

### § 9 Výskum

- a) CVLS svojim vybavením vytvára podmienky študentom a doktorandom, na vedecko-výskumnú činnosť spojenú s riešením diplomových a dizertačných prác.
- b) Výskumným pracovníkom a pedagógom umožňuje vykonávať experimentálne merania spojené s riešením vedecko-výskumných úloh.
- c) Zodpovednosť za bezpečnosť experimentálneho merania má zodpovedný riešiteľ úlohy, vedúci CVLS musí byť oboznámený s postupom merania pre posúdenie vykonania prípadných opatrení.
- d) Zodpovednosť za likvidáciu prototypových jednorázovo použitých zariadení má zodpovedný riešiteľ úlohy po schválení vedúcim CVLS.
- e) CVLS umožňuje svojim prístrojovým vybavením overovanie navrhnutých metodík merania pred ich využitím v praxi.

## **C Vstup a pohyb osôb po CVLS**

### § 10 Vstup zamestnancov

- 1) Do priestorov CVLS je dovolený vstup len zamestnancom uvedených katedrií.
- 2) Vstup vedúcich pracovníkov rektorátu a fakulty je dovolený spravidla v sprievode vedúceho katedry.
- 3) Vstup upratovačky je riešený interným pokynom. Upratovanie CVLS je zabezpečované mimo vyučovacie bloky a vykonávanie výskumných prác.
- 4) Podmienky pre vstup do CVLS:
  - a) Kľúče sú uložené na vrátnici fakulty, o vydaných a vrátených kľúčoch sa vedie evidencia na vrátnici,
  - b) Pre mimoriadne situácie (požiar a p.) je na vrátnici k dispozícii zvláštna sada kľúčov,
  - c) Kľúče je možné vydať len zamestnancom, ktorí sú uvedení na zozname podpísanom vedúcim katedry.

### § 12 Vstup študentov



- 1) Študenti majú povolený vstup do CVLS, len za prítomnosti kompetentnej osoby poverenej vedúcim CVLS.
- 2) Povinnosti kompetentnej osoby pri prvom stretnutí so študentmi v CVLS:
  - a) Vykonať poučenie študentov podľa pokynov pre zabezpečenie ochrany zdravia, bezpečnosti pri práci a protipožiarnej prevencie,
  - b) Odovzdať záznam o vykonanom poučení na sekretariáte katedry.
- 3) Povinnosti vyučujúcich pred odchodom z CVLS a špecializovanej učebne:
  - a) Vypnúť používané elektrické zariadenia a svietidlá,
  - b) Fyzicky skontrolovať uzatvorenie všetkých okien,
  - c) Uzamknúť miestnosť a odovzdať kľúče na vrátnicu fakulty.

### § 13

#### Vstup cudzích osôb

- 1) Vstup a prechod cudzích osôb a zamestnancov iných katedier cez CVLS je zakázaný.
- 2) V priebehu emisnej kontroly je dovolený vstup cudzej osoby len do priestoru vykonávania emisnej kontroly.
- 3) Exkurzie študentov sa môžu pohybovať po CVLS len v sprievode vyučujúceho alebo vedúceho CVLS.
- 4) Na začiatku exkurzie je sprevádzajúci učiteľ alebo vedúci CVLS povinný oboznámiť študentov s príslušnými paragrafmi v „Prevádzkovom poriadku CVLS“.

### § 14

#### Vstup pozvaných osôb

- 1) Pozvané osoby môžu vstúpiť a pohybovať sa po CVLS len v sprievode pozývajúceho pracovníka katedry.

### § 15

#### Vstup kontrolných orgánov

- 1) Pre vstup kontrolných orgánov do CVLS platia všeobecne platné predpisy.
- 2) Vstup je možný len po predchádzajúcom ohlásení sa u vedúceho katedry.

## E Záverečné ustanovenia

- 1) Zamestnávateľ oboznámi s týmto prevádzkovým poriadkom všetkých zamestnancov
- 2) Do prevádzkového poriadku môže nahliadnuť každý zamestnanec na sekretariáte katedry.
- 3) Nedodržanie ustanovení uvedených v prevádzkovom poriadku sa považuje za porušenie pracovnej disciplíny.
- 4) Zmeny a doplnky k tomuto prevádzkovému poriadku môžu byť vykonané po predchádzajúcom súhlase vedenia Elektrotechnickej fakulty a KTaM pri Žilinskej univerzite v Žiline.
- 5) Tento prevádzkový poriadok nadobúda účinnosť dňa 12.11.2012



doc. Ing. Martin Vaculík, PhD.  
vedúci Katedry TaM

prof. Ing. Milan Dado, PhD.  
dekan Elektrotechnickej fakulty a vedúci aktivity 2.2

prof. Ing. Juraj Altus, PhD.  
vedúci Katedry VES

Ing. Peter Brída, PhD.  
vedúci CVLS a aktivity 1.3



Žilinská univerzita v Žiline

---

# Príloha C

## Poučenie pracovníkov o dodržiavaní pracovného poriadku

### Aktivita 1.3

*Názov aktivity: Vybudovanie centra výskumu lokalizačných služieb a ich transferu do inteligentnej dopravy v SR*

### Aktivita 2.2

*Názov aktivity: Transfer poznatkov a technológií z výskumu lokalizačných služieb do odvetvia dopravy*

## Centrum výskumu lokalizačných služieb

Dolupodpísaný pracovníci sú oprávnení pracovať v Centre výskumu lokalizačných služieb. Školenie vykonal Ing. Peter Brída, PhD.. Pracovníci svojim podpisom potvrdili oboznámenie sa s prevádzkovým poriadkom.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

.....  
.....  
.....  
.....  
.....





Žilinská univerzita v Žiline

---

# Príloha D

## Separáty publikačných výstupov

### Centrum výskumu lokalizačných služieb

#### Aktivita 1.3

*Názov aktivity: Vybudovanie centra výskumu lokalizačných služieb a ich transferu do inteligentnej dopravy v SR*

#### Aktivita 2.2

*Názov aktivity: Transfer poznatkov a technológií z výskumu lokalizačných služieb do odvetvia dopravy*



- AFC4 BRIDA, P., MACHAJ, J.: Mobile Positioning Solution Suitable for Intelligent Transportation System Based on IEEE 802.11a, New Trends in Software Methodologies, Tools and Techniques SOMET\_2014, Langkawi, Malajzia, pp. 327-336, ISBN 978-1-61499-434-3.
- AFC3 MACHAJ, J., BRIDA, P., BENIKOVSKY, J.: Impact of APs Removal on Accuracy of Fingerprinting Localization Algorithms, 37th International Conference on Telecommunications and Signal Processing, TSP 2014, pp. 115-119, ISBN 978-80-214-4983-1.
- AFD2 BRIDA, P., MACHAJ, J.: Mobile positioning based on GSM as part of integrated positioning system, v zborníku konferencie: Brokerské centrum leteckej dopravy pre transfer technológií a znalostí do dopravy a dopravnej infraštruktúry ITMS 262200220156, Donovaly 2014, str. 15-19, ISBN 978-80-554-0877-4.
- AFD1 OTCENASOVA A., HOGER M., ALTUS J.: Využitie leteckého Lidaru na sledovanie polohy vodiča elektrického vedenia, v zborníku konferencie: Brokerské centrum leteckej dopravy pre transfer technológií a znalostí do dopravy a dopravnej infraštruktúry ITMS 262200220156, Donovaly 2014, str. 74-79, ISBN 978-80-554-0877-4.
- AFC2 OTCENASOVA A., HOGER M., ALTUS J.: Possible Use of Airborne LiDAR for Monitoring of Power Lines in Slovak Republic, 15th International Scientific Conference Electrical Power Engineering, EPE 2014, Brno, Czech Republic, pp. 477-481, ISBN 978-1-4799-3806-3, 2014.
- ADM1 BRIDA, P., MACHAJ, J., BENIKOVSKY, J.: Wireless sensor localization using enhanced DV-AoA algorithm, Turk. J. Elec. Eng. & Comp. Sci., vol. 22, issue 3, 2014, pp. 679-689, ISSN 1300-0632.
- ADF1 MACHAJ, J., BRIDA, P.: Survey of Device Calibration Techniques for Fingerprinting Localization Algorithms, Communications, Scientific Letters of the University of Žilina, vol. 15, no. 4, EDIS, Žilina 2013, pp. 48-53, ISSN 1335-4205.
- AFC1 MLYNKA, M., BRIDA, P., MACHAJ, J.: Modular Positioning System for Intelligent Transport, 5th International Conference on Computational Collective Intelligence Technologies and Applications, Craiova, Romania, in Recent Developments in Computational Collective Intelligence, Studies in Computational Intelligence 513, A. Bădică et al. (eds.), DOI: 10.1007/978-3-319-01787-7\_11, Springer International Publishing Switzerland 2014, vol. 513, pp. 115-124, ISSN 1860-949X, ISBN 978-3-319-01786-0, 2013.