

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV POČÍTAČOVÉ GRAFIKY A MULTIMÉDIÍ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF COMPUTER GRAPHICS AND MULTIMEDIA

AUTOMATIZACE RC ŘÍZENÍ MODELŮ S KAMEROU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

DRAHOSLAV ZÁŇ

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV POČÍTAČOVÉ GRAFIKY A MULTIMÉDIÍ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF COMPUTER GRAPHICS AND MULTIMEDIA

AUTOMATIZACE RC ŘÍZENÍ MODELŮ S KAMEROU

AUTOMATION OF RC MODELS CONTROL WITH VIDEOCAMERA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

DRAHOSLAV ZÁŇ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Dr. Ing. PAVEL ZEMČÍK

BRNO 2011

Abstrakt

V současnosti je sortiment RC modelů stále širší, avšak používání a ovládání zůstává pořád stejné. Cílem této bakalářské práce je proto upravení vhodného RC modelu tak, aby jej bylo možné ovládat pomocí PC. Model je osazen počítačem s videokamerou a s využitím bezdrátové technologie je zabezpečený přenos obrazu do cílové stanice. Takhle upravený model lze použít jako jednoduchý nástroj na průzkum terénu, případně špionáž.

Abstract

Nowadays, there is a big variety of RC models, but their use and control is basically the same. The aim of this thesis is therefore a modification of suitable RC model in such way, that it can be controlled via PC. The model is equipped with a computer plus video camera and using wireless technology is enabled video transmission into the final destination. This modified model can be used as a simple tool to explore an unknown terrain, or for spying purposes.

Klíčová slova

RC modely, automatizace, WiFi, PC, Videokamera

Keywords

RC models, automatization, WiFi, PC, Videocamera

Citace

Drahoslav Záh: Automatizace RC řízení modelů s kamerou, bakalářská práce, Brno, FIT VUT v Brně, 2011

Automatizace RC řízení modelů s kamerou

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením pana doc. Dr. Ing. Pavla Zemčíka. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

.....
Drahoslav Záh
16. května 2011

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu doc. Dr. Ing. Pavlovi Zemčíkovi za cenné rady a pomoc při řešení této práce.

© Drahoslav Záh, 2011.

Tato práce vznikla jako školní dílo na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna autorským zákonem a její užití bez udělení oprávnění autorem je nezákonné, s výjimkou zákonem definovaných případů.

Obsah

1	Úvod	2
2	Zhrnutie súčasného stavu	3
2.1	RC modely	3
2.2	Možnosti automatizácie	7
2.3	Servomechanizmy a pohony	9
2.4	Modely a video	11
2.5	Ovládanie modelov	12
3	Vyhodnotenie súčasného stavu	16
3.1	Zhodnotenie bezdrôtových technológií	16
3.2	Zhodnotenie modelov	17
3.3	Voľba komponentov	18
3.4	Technické parametre	20
4	Implementácia	21
4.1	Úprava Asus Eee PC za účelom ovládania modelu	21
4.2	Úprava modelu	24
4.3	Monitorovanie stavu spojenia a batérie	26
4.4	Prenos obrazu	27
4.5	Ovládanie modelu	28
4.6	Komponenty systému a využité nástroje	28
4.7	Výsledná aplikácia	30
5	Záver	31
A	Ovládanie modelu Joystickom	33

1. Úvod

Modelárstvo je jednak forma trávenia voľného času, ale i technická oblasť zaoberajúca sa zhotovovaním trojrozmerných modelov existujúcich alebo imaginárnych objektov. Existuje veľa typov modelov a stále sa objavujú nové trendy či už v ich dizajne alebo prevedení. RC modely (Radio Control) sú súčasťou tejto veľkej rodiny. Ich základom je vysielateľ a prijímač. Vysielateľ, zvyčajne v rukách modelára, vysielá rádiové vlny smerom k modelu, ktoré prijímač interpretuje ako povel a odovzdáva ďalej riadiacim prvkom.

V minulosti bol výber rádiom ovládaných modelov pre záujemcov obmedzený. Nie každý sa uspokojil s tým, čo ponúkal obchod. Preto nadšenci v tejto oblasti nezriedka nahradzovali výrobcov, keď začali vytvárať vlastné modely. Situáciu im pritom sťažoval výber komponentov, ktorý nebol zďaleka tak bohatý ako dnes. V súčasnosti je to o veľa jednoduchšie. Dalo by sa povedať, že práve u RC modelov bol v poslednej dobe zaznamenaný dramatický vývoj. Vďaka dostupnosti moderných materiálov a technológií je ich konštrukcia takmer neobmedzená. Sú to najčastejšie modely lodí, aut, lietadiel alebo vrtulníkov, v jednoduchých až po veľmi zložité prevedenia.

RC modely nie sú výhradne len komodita herného priemyslu, ako by sa na prvý pohľad mohlo zdať. Môžu byť využité, napr. na prieskum oblastí, ktoré sú pre človeka nedostupné, prípadne nebezpečné. Princípy ovládania RC modelov, sú použiteľné aj na ovládanie reálnych vozidiel alebo lietadiel bez posádky. Tieto nachádzajú uplatnenie najmä v armáde. Diaľkovo ovládané prieskumné lietadlá sa do povedomia verejnosti dostali najmä po ich nasadení vo vojne v Iraku a Afganistane. Tieto špionážne lietadlá tam mali za úlohu prinášať informácie o teréne či o pozíciách bojových jednotiek. Ich výhodou je, že tieto informácie získavajú bez vystavovania ľudských životov riziku. Mnohé z nich majú výborné parametre, napr. taký Global Hawk má dlhý dolet, je odolný, môže sa vyhnúť vplyvom počasia pri letoch vo výškach 20 kilometrov a vyššie.

Nakolko cieľom tejto bakalárskej práce je úprava a zdokonalenie RC modelu tak, aby ho bolo možné na diaľku ovládať cez osobný počítač, aj bez priameho vizuálneho kontaktu, prostredníctvom kamery, bolo nutné súčasne riešiť softwarovú aj hardwarovú stránku úlohy. Aj z tohto dôvodu ma práca zaujíma.

Bakalárska práca je rozdelená do piatich kapitol. Nasledujúca 2. kapitola zhŕňa poznatky o jednotlivých technológiách súvisiacich s touto problematikou. Táto kapitola nie je podstatná pre odborníka majúceho znalosti v týchto oblastiach, preto je možné ju preskočiť. V 3. kapitole je zdôvodnený výber konkrétnych technológií pre implementáciu, sú tam zhrnuté ich výhody i nevýhody. Najdôležitejšia kapitola je 4. kapitola (Implementácia), v nej sa nachádza presný postup tvorby projektu. Poslednou kapitolou je Záver.

2. Zhrnutie súčasného stavu

V tejto kapitole sú uvedené informácie o jednotlivých technológiách súvisiacich s touto prácou. Poznanky sú čerpané z literatúry. Obrázky sú prevzaté z internetu, pokiaľ nie je uvedené inak.

Kapitola je rozdelená na niekoľko sekcií. Prvá je zhrnutím poznatkov o RC modeloch, táto sekcia má len informatívny charakter, poznanky v nej uvedené nie sú nevyhnutné pri riešení tejto práce. Druhá obsahuje poznanky o automatizácii ovládania modelov, informuje o technológiách používaných v komerčnej sfére. Tretia zhŕňa poznanky o pohonoch a mechanizmoch používaných v RC odvetví. Posledné dve sekcie sú venované riešeniu video prenosu a bezdrôtovým technológiám.

2.1 RC modely

Poznanky v tejto kapitole sú len informatívneho charakteru, čitateľovi majú stručne priblížiť RC modely z hľadiska histórie, konštrukcie a prevedenia.

RC modely sú modely ovládané pomocou rádiových vln (RC je skratka pre „Radio Control“). Každý RC model je preto vybavený vysielateľom a prijímačom. Prijímač umiestnený na modely prijíma dáta odoslané z vysielateľa, tie sú potom interpretované ako povely a následne fyzicky prevedené.

Konštrukcia

Materiály používané na výrobu modelov sa líšia v závislosti od využitia a kvality spracovania. Rozhodujúcim faktorom je celková cena modelu.

Pri konštruovaní leteckých modelov sa vyžívajú pevné, ale hlavne ľahké materiály. Najčastejšie sa využíva balzové drevo alebo penový polystyrén, extrudovaný polystyrén prípadne kombinácia materiálov (drevo, prekližka, polystyrén, laminát, kovové nosníky, poťahové materiály) [2]. Letecké modely je potrebné konštruovať s ohľadom na vyváženiu modelu. Nevyvážený model je ťažšie ovládateľný a preto častejšie dochádza k haváriám.

Pozemné modely oproti leteckým znesú väčšiu váhu. Kým letecké modely kvôli váhe nemusia ani vzlietnuť, u pozemných sa to prejaví len na rýchlosti. Najčastejšie sú využívané plasty a plech.

Presnosť prevedenia modelov sa delí na 3 kategórie:

Makety - „Reálne tvarové zpracovanie predlohy modelu včetně všech detailů a povrchové úpravy. Musí být na první pohled jasné, jaká byla předloha modelu.“ [2].

Polomakety - „Reálne tvarové zpracování předlohy modelu a povrchové úpravy. Můžou se vyskytnout konstrukční úpravy pro lepší vlastnosti modelu, nemusí být na první pohled jasné, jaká byla předloha modelu, nejsou vyhotoveny všechny detaily.“ [2].

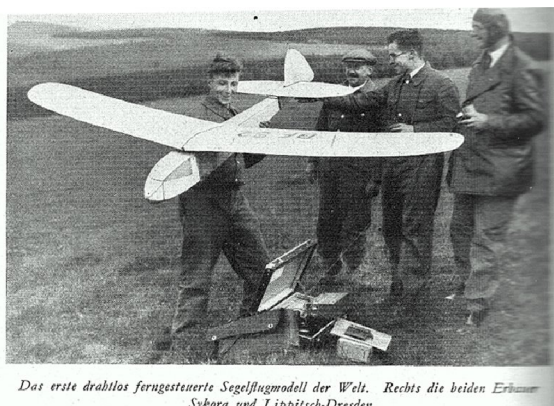
Vlastná konštrukcia - „Modelář zkonstruuje vlastní model, bez použití reálné předlohy“ [2].

História

Prvýkrát sa objavil diaľkovo ovládaný model v roku 1935. Bol to model lietadla a jeho riadiaca súprava pracovala v akustickom kmitočte. Jednalo sa o automobilovú húkačku firmy Bosch. Táto bola opatrená nástavcom a napájaná káblom z akumulátoru. Prijímačom bol všesmerový mikrofón pripojený k pásmovej prepusti naladený na kmitočet húkačky. Riadenie smerovky bolo pravdepodobne riadené rohatkovým mechanizmom v módoch ľavá výchylka - pravá výchylka - neutrál. [4].

Větroň po startu z ruky na svahu Wasserkuppe - "Svaté hory světového plachtění", kde se mistrovství pořádala, úspěšně odstartoval, provedl řadu řízených zatáček a přistál poblíž místa startu.

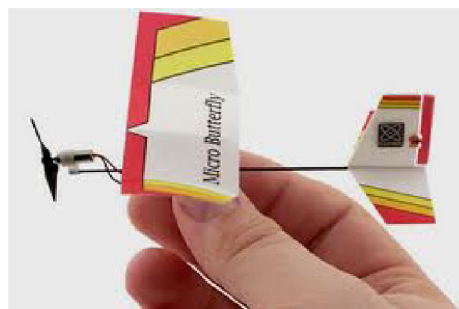
Dle dnešních měřítek to nebylo nic moc, ale bylo to poprvé a nový, beze sporu perspektivní směr leteckého modelářství zaujal vedoucí pracovníky tak, že na příští mistrovství v roce 1936 vypsalí zcela novou kategorii - dálkově řízené modely, což bylo světové prvenství. [4].



*Das erste drahtlos ferngesteuerte Segelflugmodell der Welt. Rechts die beiden Erbauer
Sykora und Lippitsch-Dresden*



(a) Prúdové lietadlo



(b) Mikro lietadlo



(c) Športové lietadlo



(d) Helikoptéra

Obrázek 2.1: Vzdušné modely

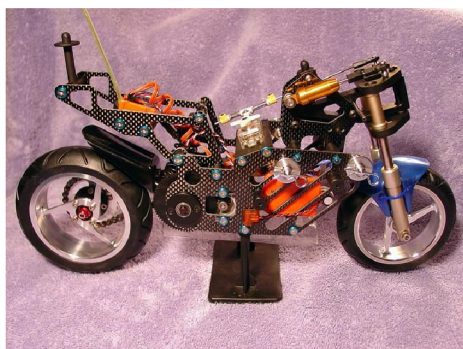
Typy modelov

V odvetví modelárstva sú najviac zastúpené modely lietadiel, automobilov, lodí a helikoptér. Existujú však aj modely tankov, ponoriek, vzducholodí, robotov, . . . Z tých najexotickejších sú to potom modely zvierat, alebo UFO.

Modely je možné kategorizovať na základe ceny, veľkosti, typu motora, účelu, atď. Nasledujúce delenie modelov do kategórií je jednoduché (nezahŕňa všetky typy modelov), všeobecne zaužívané a je na základe účelu využitia.

Vzdušné modely

- Cvičné lietadlá
- Športové lietadlá
- Parkové lietadlá
- Mini/Halové lietadlá
- Mikro lietadlá
- Helikoptéry



(a) Motorka



(b) On-road automobil

Obrázek 2.2: Pozemné modely

Pozemné modely

- On-Road automobily
- Off-Road automobily
- Motoriky
- Tanky

Vodné modely

- Lode
- Ponorky

Simulátory RC modelov

Tieto programy simulujú reálne modely v rôznych podmienkach. Sú určené na získavanie skúseností s ovládaním konkrétnych modelov. Najčastejšie sú to simulátory lietadiel a helikoptér. Tieto častokrát obsahujú virtuálne pilotné školy, v ktorých vyučujú základné techniky vzlietania a pristávania, ako aj pokročilé manévry. Uplatnenie nájdú hlavne u začiatočníkov.

Niektoré simulátory helikoptér a lietadiel:

- ClearView RC Flight Simulator
- FMS (Free Flying Model Simulator)
- Phoenix Flight Simulator



Obrázek 2.3: Phoenix Flight Simulator

2.2 Možnosti automatizácie

V dnešnej dobe je už možné k riadeniu modelov využívať počítač spolu s ďalšími technológiami ako GPS. Existuje celé množstvo kitov pre automatizované ovládanie, ktoré spadajú do komerčnej, výukovej alebo nadšeneckej sféry. [3].

Pre ovládanie leteckých modelov sú veľmi dôležité rozmery a hmotnosť takýchto kitov. Pri modeloch automobilov je možné použiť sofistikovanejšie, alebo lacnejšie technológie, ktoré sú náročnejšie na spotrebu, vďaka vyššej nosnosti týchto modelov. Stále by však tieto kity mali byť kompaktné. U väčších modelov lodí častokrát nezáleží ani na rozmeroch takýchto kitov.

Kestrel Autopilot

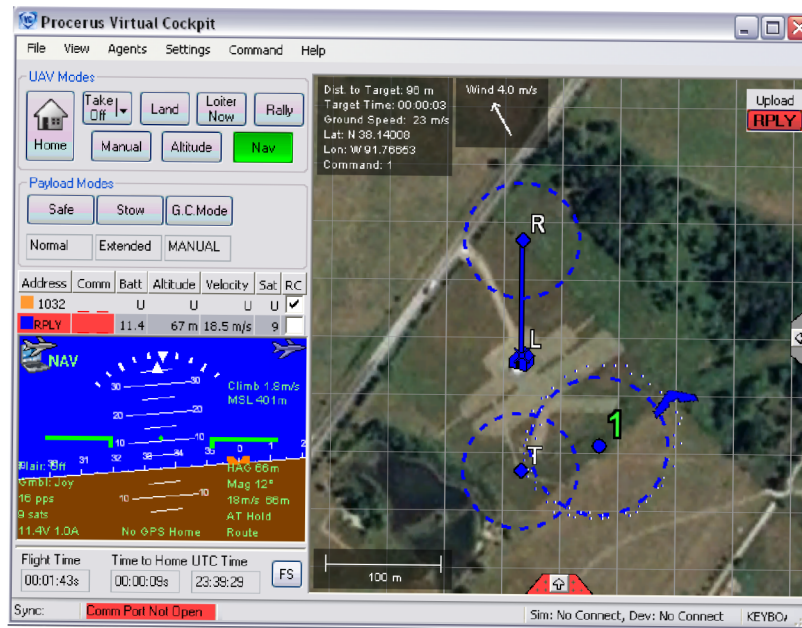
Je to jeden s predstaviteľov kitov pre automatické ovládanie leteckých modelov, ktorý je so svojimi rozmermi [2" * 1.37" * 0.47"] a hmotnosťou 16.7 gramu prezentovaný ako najmenší a najľahší na trhu. [6]. Dodávaným softvér Virtaul Cockpit (obr. 2.4) je rozhraním k systému Kestrel Autopilot. Umožňuje pozemné monitorovanie, video-monitorovanie a plánovanie letu, disponuje tiež funkciami, ktoré uľahčujú ovládanie systému, ako napr. uvedenie autopilota do množstva pred konfigurovaných módov (vzlet, pristátie, návrat domov, atď.). [7].

Autopilot je vybavený gyroskopmi a akcelerometrami, absolútnymi a diferenciálnymi senzormi tlaku, troma senzormi teploty a algoritmom určeným na kompenzáciu chýb merania.

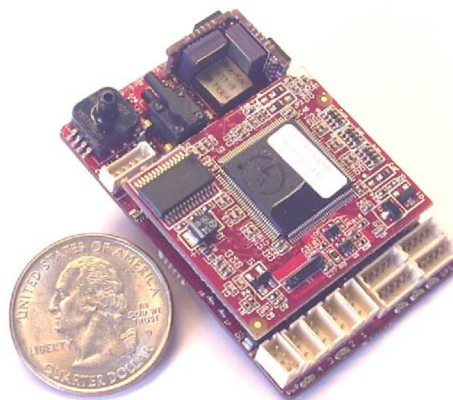
Jeho spotreba vďaka regulácií spotreby činí iba 0.77 W, tým je takisto zaistená nízka produkcia stratového tepla. Umožňuje tiež monitorovať stav batérie na základe merania vstupného napätia a prúdu.

V jeho výbave nechýbajú ani sériové porty, na ktoré je možné osadiť štandardné digitálne modemy alebo externé jednotky GPS. Disponuje vstavanou kamerou a jednotkou GPS. [6].

Kvôli svojim rozmerom, hmotnosti a robustnosti spracovania sa jedná o profesionálne riešenie ovládania hlavne bezpilotných vojenských a výskumných lietadiel.



Obrázek 2.4: Virtual Cockpit v2.6



Obrázek 2.5: Kestrel 2.4 Autopilot

2.3 Servomechanizmy a pohony

Aby bolo možné model ovládať, musí obsahovať mechanizmy na natáčanie hriadeľa, klapiek, kormidla, atď. Takisto musí obsahovať pohonnú jednotku, ktorá umožňuje pohyb modelu. Táto sekcia prezentuje práve tieto technológie.

Servomotory

Servomotor je motor s polohovateľným hriadeľom. Uhol natočenia hriadeľa ($0-180^\circ$) je regulovaný pomocou PWM signálu (pulznej šírkovej modulácie), ktorý pretrváva na ovládacom kábli. Vstupom servomotora sú okrem ovládacieho (biely alebo žltý) ešte ďalšie 2 káble - napájanie +5 V a zem.

Elektromotory

Majú vysoký výkon, neprodukujú splodiny, ich údržba je jednoduchá a sú lacné. Sú regulované pomocou elektronických regulátorov. Oproti spaľovacím motorom existujú aj vo veľmi malých prevedeniach vhodných do mikro modelov.

Rozdelenie elektromotorov [2]:

- striedavé, jednosmerné
- komutátorové, bezkomutátorové
- s prevodovkou, bez prevodovky

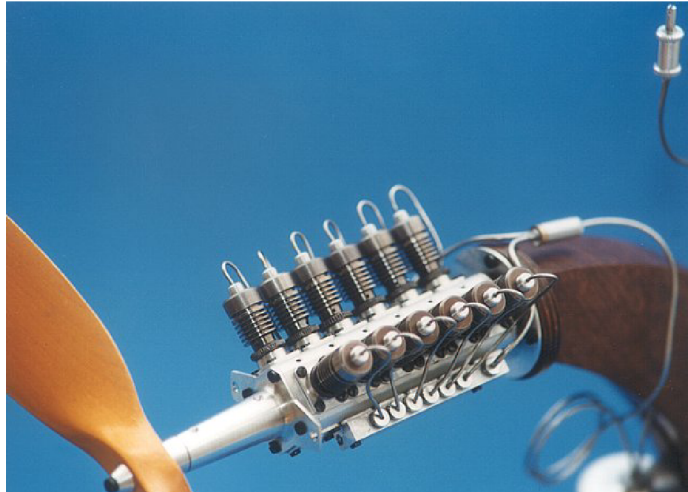
Spaľovacie motory

Spaľujú zmes paliva so vzduchom. „Palivom je obvykle smes ricinového oleja a nitromethanu, ale týchto smesí je hodne a záleží na modelári, jakou použije.“ [2]. Ďalším druhom paliva je zmes bezolovnatého benzínu a oleja.

Tieto motory sa vyznačujú vysokým výkonom avšak sú hlučné a produkujú splodiny. Reguláciu ťahu motora zabezpečuje karburátor.

Rozdelenie spaľovacích motorov [2]:

- jednovalcové, viacvalcové
- rádové, hviezdicové
- dvojtaktné, štvortaktné
- chladené vzduchom, vodou
- sviečka žeraviaca, iskrivá



Obrázek 2.6: CO₂ motor

CO₂ motory

Sú to motory poháňané stlačeným oxidom uhličítym. Ich údržba je jednoduchá.

Jedná se také o jedny z najstarších používaných modelárskych motorů, jejichž počátky jsou někdy kolem roku 1905 [2].

V modele je umiestnená nádrž so stlačeným CO₂, ktorý tlakom poháňa valec motora. Motor je regulovaný ventilom. Obrázok takéhoto motora, možno vidieť na obr. 2.6.



(a) FlyCamOne 2



(b) Mini Eye Cam (s mikrofónom)

Obrázek 2.7: Kamery používané v modeloch

2.4 Modely a video

Kamery v modeloch môžu slúžiť k dvom účelom a to:

1. Záznam videa
2. Živý prenos videa

V prvom prípade sa využívajú kamery s integrovanou pamäťou a vlastnou batériou. Tieto sú osadené na model a nahrávajú video počas prevádzky modelu. Záznam je potom možné stiahnuť z internej pamäte kamery a zhladať napr. v PC. Príklad takejto kamery je na obr. 2.7(a).

V druhom prípade sa využívajú kamery s bezdrôtovým prenosom videa. Obsahujú AV receiver, ktorý je osadený WiFi zariadením pracujúcim v pásme 2.4 GHz. Tieto kamery sú závislé na externom zdroji elektrickej energie. Veľkou výhodou tohto prístupu je že, tieto kamery je možné použiť na ovládanie modelu. Takáto kamera je na obr. 2.7(b).

V prípade osadenia modelu zariadením, ktoré disponuje rozhraniami ako sú USB alebo Ethernet a je schopné prenášať dáta cez WiFi, je možné použiť externé webkamery, prípadne IP kamery, ktoré streamujú video cez Ethernet. Avšak takéto kamery sú väčšie ako tie, ktoré sú vyložene určené pre modely, preto je nutné použiť modely väčších rozmerov.

Štandard 802.11	Frekvencia [GHz]	Max. prenosová rýchlosť [Mbit/s]	Dosah v budove [m]	Dosah vonku [m]
a	5	54	35	120
b	2.4	11	38	140
g	2.4	54	38	140
n	2.4/5	248	70	250

Tabulka 2.1: Porovnanie 802.11a/b/g/n štandardov

2.5 Ovládanie modelov

Model je ovládaný prostredníctvom motorov a servomotorov, avšak povelý pre tieto motory je nutné dodávať diaľkovo. Na prenos takýchto povelov slúžia bezdrôtové technológie, ktoré sú prezentované v tejto sekcii.

WiFi

WiFi je technológia lokálnych bezdrôtových sietí. Je štandardizovaná IEEE 802.11 štandardom. Najčastejšie využívané modulácie sú 802.11a, 802.11b, 802.11g a 802.11n (tab. 2.1).

WiFi bezdrôtová sieť môže byť vytvorená v dvoch základných módoch:

- Infrastructre
- Ad-hoc

V infrastructure móde je pre spojenie dvoch alebo viacerých zariadení potrebné použiť minimálne jedného prostredníka, ktorým je „Access Point“ (AP). Ako AP je najčastejšie využívaný WiFi router, ktorý má rôzne fyzické porty a preto môže slúžiť aj ako „bridge“ do iných sietí. Takisto častokrát podporuje pokročilejšie metódy autentizácie (EAP MS-CHAP, LEAP, ...) a šifrovanie spojenia (WPA2). V tomto móde zariadenia prihlásené v rovnakej sieti nekomunikujú medzi sebou priamo, ale prostredníctvom spomínaného AP. Preto ani nemusia byť vo svojom dosahu.

Ad-hoc mód sa používa na prepojenie malej skupiny zariadení, ktoré medzi sebou komunikujú priamo a preto musia byť vo svojom dosahu. V tomto móde sa nepoužíva autentizácia. Spojenie môže byť nešifrované, alebo sa využíva len základné, nie bezpečné šifrovanie (WEP). Tento mód sa využíva najčastejšie na vytvorenie dočasných sietí.

Rádio

Základom rádiového ovládania je vysielateľ a prijímač (obr. 2.8). Vysielateľ a prijímač pracujú na rovnakej, pevnej predom zvolenej frekvencii. Vysielateľ vysielateľ povelý zadávané operátorom do prostredia, ktoré je neustále monitorované prijímačom. Každý povel je zakódovaný ako séria elektrických pulzov. Šírka pulzu a intervalu v zasielanom segmente závisí od použitej frekvencie. Potom ako je zachytený signál a povel rozpoznávaný prijímačom, je povel fyzicky vykonaný.

Typické rádiové ovládanie je schopné ovládať model šiestimi povelmi:

- Dopredu
- Dozadu
- Vľavo vpred
- Vľavo vzad
- Vpravo vpred
- Vpravo vzad

Rozdelenie pásiem rádiovej komunikácie v Českej republike riadi Český telekomunikačný úrad.

Zo zákona sú v Českej republike vyhradené 3 pásma na ovládanie RC modelov:

- 27 MHz - toto pásmo je vyhradené na ovládanie ľubovoľných RC modelov. Je využívané hlavne modelmi určenými pre začínajúcich modelárov, pretože dosah je len niekoľko metrov. Povolený vyžarovací výkon je 100 mW.
- 35 MHz - toto pásmo je vyhradené výhradne pre letecké modely. Zariadenia môžu využiť vyžarovací výkon až 1 W.
- 40 MHz - použiteľná pre všetky druhy RC modelov. Povolený vyžarovací výkon činí 100 mW.

V niektorých krajinách sú na ovládanie RC modelov vyhradené aj ďalšie pásma ako napr. 41 MHz alebo 72 MHz. V Českej republike je však používanie týchto pásiem na tieto účely zakázané.

Rádio s rozprestreným spektrom

Zariadenia pracujúce s rozprestreným spektrom pracujú v pásme 2.4 GHz, rovnako ako WiFi, bezdrôtové telefóny, atď. Prijímače majú typicky 2 krátke antény (3–15 cm), ktoré sú voči sebe otočené o 90°. Tieto zariadenia medzi sebou neinterferujú ako v prípade klasických vysielateľov, avšak vysielateľe/prijímače od rôznych výrobcov nie sú kompatibilné. [8].



(a) Rádio vysielač (Futaba 9C)



(b) Rádio prijímač (Futaba R156F)

Obrázek 2.8: Komponenty rádiového ovládania

Ostatné bezdrôtové technológie

Okrem Bluetooth a ZigBee existuje ešte mnoho ďalších bezdrôtových technológií ako napr. RFID, WiMAX alebo DECT.

Bluetooth

Bluetooth je bezdrôtová technológia umožňujúca prepojiť dve a viac zariadení, ktoré sú vo svojej blízkosti, do „piconet“ sietí.

Connections between Bluetooth enabled electronic devices allow these devices to communicate wirelessly through short-range, ad hoc networks known as piconets [1].

Každé zariadenie v „piconete“ môže súbežne komunikovať s ďalšími siedmimi zariadeniami. Dosah Bluetooth technológie je aplikačne špecifický, podľa pôvodnej špecifikácie minimálne 10 metrov.

The Core Specification mandates a minimum range of 10 meters or 30 feet, but there is no set limit and manufacturers can tune their implementations to provide the range needed to support the use cases for their solutions [1].

Bluetooth technológia pracuje v pásme 2.4–2.485 GHz, využíva rozprestrené spektrum, menenie frekvencie a plne duplexný signál. Vďaka adaptívnemu meneniu frekvencie, nedochádza často k interferenciám medzi ostatnými zariadeniami zdieľajúcimi 2.4 GHz spektrum. Dosah Bluetooth technológie závisí na použitej triede vysielača. [1]

Dosah v závislosti na triede vysielača:

1. 100 až 300 metrov
2. 10 metrov
3. 1 meter

Najbežnejšie sú zariadenia pracujúce s vysielačmi 2. triedy. Spotreba týchto zariadení je 2.5 W.

ZigBee

ZigBee špecifikácia má 2 varianty - ZigBee a ZigBee PRO. ZigBee je určená pre malé siete so stovkami zariadení v jednej sieti. ZigBee PRO je určená pre siete s tisíckami zariadení v sieti. Obidve varianty sú navzájom kompatibilné.

ZigBee pracuje globálne v pásme 2.4 GHz a regionálne v pásmach 915 MHz (Amerika), 868 MHz (Európa). [9].

3. Vyhodnotenie súčasného stavu

V tejto kapitole sú rozobrané technológie z predchádzajúcej kapitoly. Je tu porovnaná ich vhodnosť na daný účel. Takisto sú v tejto kapitole vybrané už konkrétne technológie a nástroje použité k riešeniu. Na konci tejto kapitoly sú potom uvedené niektoré technické parametre zvolených komponent.

3.1 Zhodnotenie bezdrôtových technológií

V tejto práci je nutné zabezpečiť dve veci z hľadiska prenosu dát. A to prenos povelov na ovládanie modelu a prenos obrazu z videokamery. Toto je možné riešiť využitím viacerých technológií napr. rádio na ovládanie modelu a WiFi na prenos videa. Takéto riešenie však vyžaduje viac zariadení čo je nevýhodou, môže mať však aj svoje výhody, napr. v ovládaní modelu je možné pokračovať aj potom čo prenos obrazu skončí kvôli batérii.

Technológia	Hodnotenie	Verdikt
Bluetooth	Z hľadiska spotreby by bola táto technológia vhodná, ale bežne dostupné Bluetooth moduly pracujú s vysielacími 2. triedy, ktoré majú dosah do cca. 10 metrov. Takisto nie je vhodná ani prenosy väčších objemov dát (video).	nevhodná
WiFi	Najbežnejšie WiFi moduly (IEEE 802.11g) sa vyznačujú na tieto účely relatívne dobrou prenosovou rýchlosťou a dostatočným dosahom. Táto technológia je na dané účely vhodná aj za cenu vyššej spotreby oproti ostatným technológiám.	vhodná
ZigBee	Táto technológia sa vyznačuje nízkou spotrebou a ďalekým dosahom, ale má nízke prenosové rýchlosti. Bola by vhodná len na ovládanie modelu, ale nie na prenos videa.	čiastočne vhodná
Radio	Uspôsobená na ovládanie modelu, neumožňuje prenos dát.	čiastočne vhodná

3.2 Zhodnotenie modelov

Nie všetky modely sú vhodné na účel automatizácie ovládania a prenos obrazu. Niektoré modely nemajú vhodné rozmery, konštrukciu, atď. U niektorých modelov je prenos videa zbytočný. Niektoré modely by zas stratili niektorú zo svojich predností. Pri automatizácii ovládania a prenose videa záleží predovšetkým na váhe zariadenia ktorým bude model osadený, a tiež na rozmeroch a schopnostiach samotného modelu.

Rodina	Typ	Hodnotenie
Vzdušné modely	Cvičné lietadlá	Sú to pomerne lacné modely lietadiel s jednoduchým ovládaním. Je možné ich použiť na účely automatizácie.
	Športové lietadlá	Sú využívané na rôzne akrobatické manévry. Osadenie zariadením na automatizovanie ovládania a kamerou by zvýšilo váhu týchto lietadiel, týmto by prišli o svoj účel. Tieto lietadlá sú na automatizáciu nevhodné.
	Parkové lietadlá	Tieto lietadlá sú vhodné na účely automatizácie ovládania, pre svoje rozmery aj jednoduchosť ovládania.
	Mini / Mikro lietadlá	Pre svoje rozmery sú takmer nepoužiteľné na tieto účely.
	Helikoptéry	Väčšie modely helikoptér unesú väčšiu váhu a preto je možné ich použiť aj na účely automatizácie. Ceny väčších modelov helikoptér sú ale pomerne vysoké.
Pozemné modely	Autá	Vyrábané v rôznych veľkostiach. Ľahko upravitel'ne na účel automatizácie. Cenovo dostupnejšie ako lietadlá (vo väčších rozmeroch). Sú vhodné na tieto účely.
	Motoriky	Pre svoje rozmery nevhodné.
Vodné modely	Lode	Unesú veľkú záťaž, vyrábané v rôznych veľkostiach. Oproti ostatným modelom v priemere lacnejšie. Týmto sú vhodné na účely automatizácie, aj keď hrozí možnosť styku s vodou. Prenos obrazu pri modeloch lodí, ale nemá moc vysoké uplatnenie.
	Ponorky	Väčšinou menšie rozmery, pomerne drahé, malý sortiment. Prenos obrazu z takýchto modelov by mal vyššie uplatnenie, ako v prípade lodí.

3.3 Voľba komponentov

V tejto sekcii sú prezentované konkrétne komponenty, ktoré som vybral. Sú tu uvedené ich vlastnosti a funkcie, ďalšie parametre týchto komponentov sú uvedené v nasledujúcej sekcii.

RC model

Ako model som zvolil auto **HIMOTO 1/8 VEGA 8 Short Course**, ktoré disponuje týmito vlastnosťami:

- Striedavý senzorový motor 9,5 závitu
- 80 A regulátor s ventilátorom
- RC súprava 2,4 Ghz
- Gulôčkové ložiská
- Stabilizátor na prednej a zadnej náprave
- Nastaviteľná geometria
- Olejové tlmiče



Základ ovládania modelu

Ako základ ovládania modelu je použitý **Asus Eee PC 900**. Jedná sa o klasické PC relatívne malých rozmerov, ktoré je ešte možné použiť na ovládanie modelov (väčšie rozmery modelov). Jeho najťažšou komponentou je batéria, preto zvolený model musí byť schopný uniesť váhu batérie.

Výhodou využitia PC oproti mikrokontrolérom, alebo špeciálnym kitom je možnosť využitia bežných operačných systémov. V mojom prípade som zvolil Arch Linux, ktorý je bezplatný a poskytuje všetky potrebné softwarové nástroje na sprevádzkovanie požadovaných funkcií. Tieto nástroje sú taktiež Open Source a bezplatné.

Ďalšou výhodou použitia tohto PC je vstavaná webkamera, tým pádom nie je nutné zabezpečovať túto komponentu. Tiež je veľkou výhodou vstavané WiFi a disk s pomerne veľkou kapacitou.



Ovládanie servomotorov

Na ovládanie servomotorov som zvolil kontrolér **Micro Maestro** od firmy Pololu. Jedná sa o najmenší (6 kanálový) servo kontrolér z produkcie tejto firmy. Disponuje natívnym USB rozhraním, preto je možné ho priamo pripojiť k Asus Eee PC a to bez redukcie [5].

Podporuje 3 režimy ovládania:

- USB pre priame spojenie s PC
- TTL pre spojenie s vstavanými systémami
- Interné skripty

Kanály môžu byť nakonfigurované na ovládanie serv, na elektronické ovládanie rýchlosti, ako digitálne výstupy alebo analógové vstupy [5].

Ďalšie vlastnosti:

- Konfigurovateľná frekvencia pulzov od 33 do 100 Hz.
- Šírka pulzu od 64 do 3280 μs .
- Individuálne kontrolovanie rýchlosti a akcelerácie pre každý kanál.
- Kontrolér napájateľný z USB



3.4 Technické parametre

Táto sekcia obsahuje technické údaje o zvolených komponentoch.

HIMOTO 1/8 VEGA 8 Short Course

Dĺžka	440	mm
Šírka	305	mm
Výška	160	mm
Svetlá výška	30	mm
Rázvor	325	mm
Kolesá	115 x 42	mm

Asus Eee PC

Veľkosť disku	12 GB
CPU	Intel
WiFi	802.11 b/g
RAM	1 GB (DDR2)
Webkamera	1.3 M pixel camera
Audio	Stereo speaker, microphone
Batéria	2.5 – 3.5 h
Váha	0.99 kg

Pololu Micro Maestro

Počet kanálov	6
Baud	300 – 200000 bps
Min. operačná voltáž	5 V
Max. operačná voltáž	16 V
Napájací prúd	30 mA

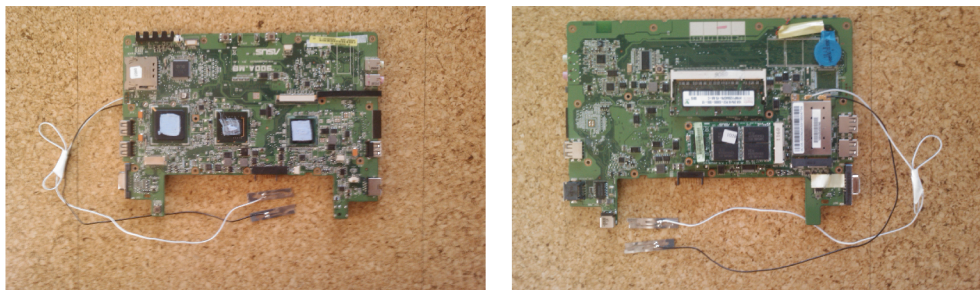
4. Implementácia

Cieľom implementácie je upravenie a rozšírenie RC modelu o jednotku, ktorá bude schopná zabezpečiť vzdialené ovládanie tohto modelu prostredníctvom PC stanice a takisto zabezpečí prenos videa. Celý systém je zložený z modelu a zo stanice, ktorou je model ovládaný. Schému systému možno vidieť na obr. 4.1.

V tejto kapitole je popísaný postup realizácie softwarových častí práce, ako aj riešenie úpravy modelu.

4.1 Úprava Asus Eee PC za účelom ovládania modelu

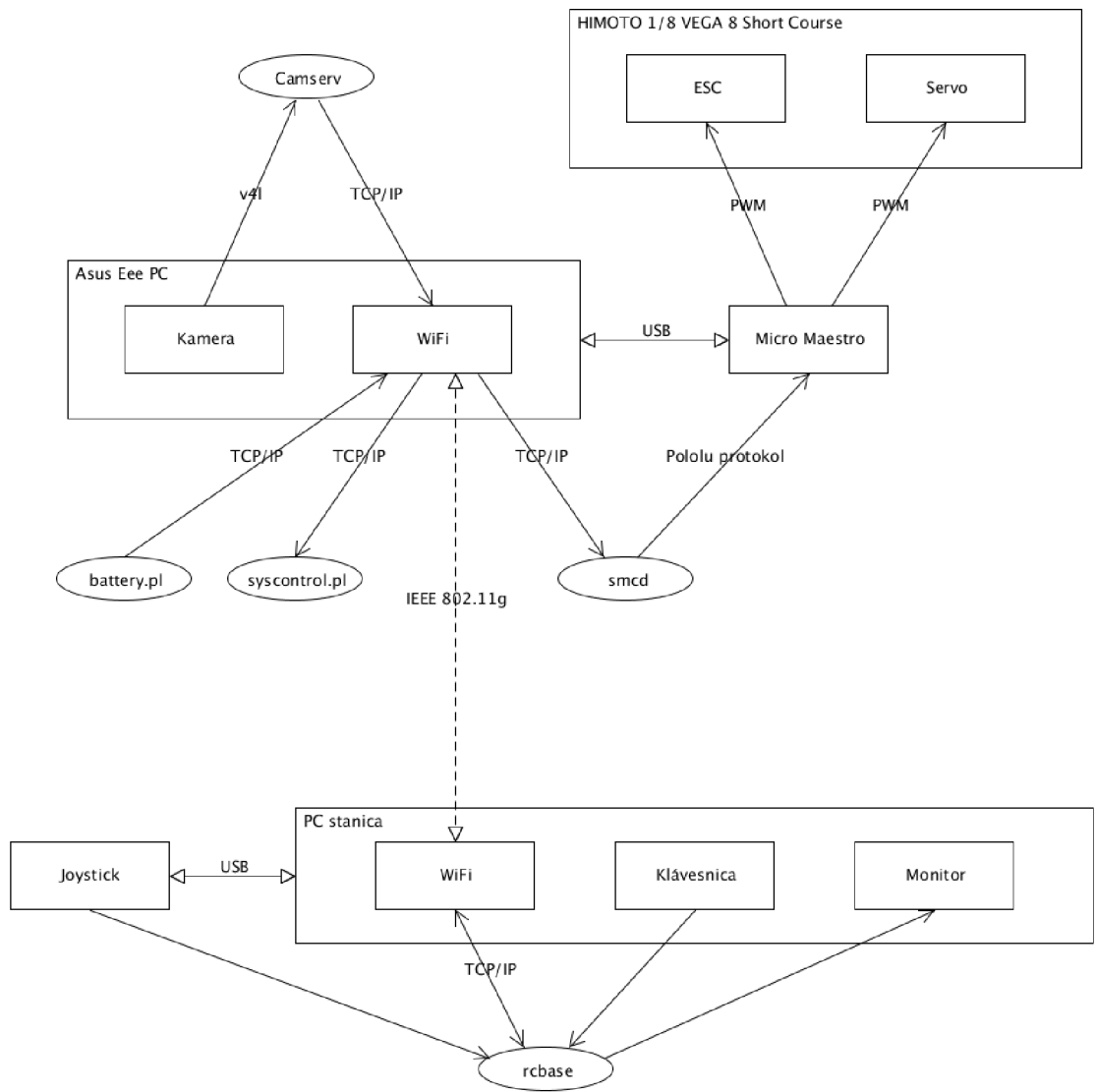
Počítač som rozobral a všetky jeho nepotrebné súčasti odstránil (klávesnica, monitor, reproduktor, ventilátor, touchpad).



Potrebný software a jeho konfigurácia

Na počítač som nainštaloval linuxovú distribúciu Arch Linux odľahčenú o všetok nepotrebný software. Na inštaláciu a konfigurovanie som využil ssh sedenia, vzhľadom k tomu, že počítač po úpravách neobsahuje klávesnicu ani monitor.

Na spojenie modelu s PC stanicou je využité WiFi, ktorým disponuje počítač Asus. Bolo možné zvoliť niekoľko operačných módov, z ktorých najjednoduchší a zdrojovo najmenej náročný by bol mód Ad-Hoc. Tento však podľa špecifikácie štandardu WiFi umožňuje šifrovať spojenie maximálne s využitím WEP kľúča, ktorý je možné zistiť behom niekoľkých minút odposlúchavaním komunikácie. Preto som zvolil riešenie v ktorom sa využije WiFi Managed mód so šifrovaním komunikácie na báze WPA2. Na vytvorenie tohto módu



Obrázek 4.1: Bloková schéma systému

bolo potrebné spraviť z počítaču softwárový Access Point (AP). Takéto riešenie, aj keď je náročnejšie má svoje výhody a to v tom, že všetky ostatné dátové prenosy už nemusia byť zabezpečené. Na vytvorenie AP som využil nástroj *hostapd*.

Listing 4.1: /etc/hostapd.conf

```
#Wireless interface to use as AP
interface=wlan0

driver=nl80211
ssid=RC
channel=6

#Operation mode IEEE (a = 802.11a, b = 802.11b, g = 802.11g)
hw_mode=g

wpa=2
wpa_passphrase=***
wpa_key_mgmt=WPA-PSK
wpa_pairwise=TKIP CCMP
rsn_pairwise=CCMP

...
```

Uvedené volby sú najdôležitejšie pre vytvorenie zabezpečeného spojenia. Okrem týchto je možné nastaviť ešte veľa ďalších (napríklad bridge, logovanie), v tomto prípade však postačí základná konfigurácia, pretože počítač nebude slúžiť ako router.

Vzhľadom k využitiu počítaču ako AP, som sa rozhodol aj pre využitie DHCP serveru, ktorý automaticky pridelí IP adresu cieľovej stanici. Tým je zjednodušená konfigurácia na strane stanice ak by bolo potrebné zmeniť adresu siete. Nástroj, ktorý som zvolil je server *dhcp*. Adresa pre stanicu, je pridelovaná z privátneho adresového priestoru 172.16.1.0/24 a adresa AP, je 172.16.1.1.

Prenos videa zabezpečuje server *Camserv*, ktorý prenáša obraz z kamery klientom. Aby bolo možné získať dáta z kamery, kamera musí byť kompatibilné s v4l ovládačmi. Kamera vstavaná v Asus Eee PC, je s nimi kompatibilná, preto ju bolo možné využiť.

Listing 4.2: /etc/camserv.cfg

```
[ video_v4l_bttv ]
device_path      /dev/video0
...

[ socket ]
listen_port      5001
...

[ filters ]
```

```

num_filters      1
filter0_section  jpg_filter
#filter1_section time_stamp
...

[video]
video_section    video_v4l_bttv
width            640
height          480
...

```

V odstavci **video_v4l_bttv** sa vyberá a konfiguruje video zariadenie. Je možné nastaviť ešte jas, kontrast, atď. V základnej konfigurácii sú však tieto zložky nastavené vhodne.

V odstavci **socket** sa nachádzajú voľby súvisiace s pripájaním klientov. Dá sa napríklad limitovať dĺžka spojenia na základe počtu zaslaných bytov. Ďalšie voľby okrem portu sú v tomto odstavci pre účel práce nepodstatné.

Kvalitu obrazu je možné meniť a to v odstavci **filters**. Takisto je možné do obrazu pridávať prvky ako text alebo logo. Štandardne je zapnuté zobrazovanie času v obraze. Túto voľbu som vypol.

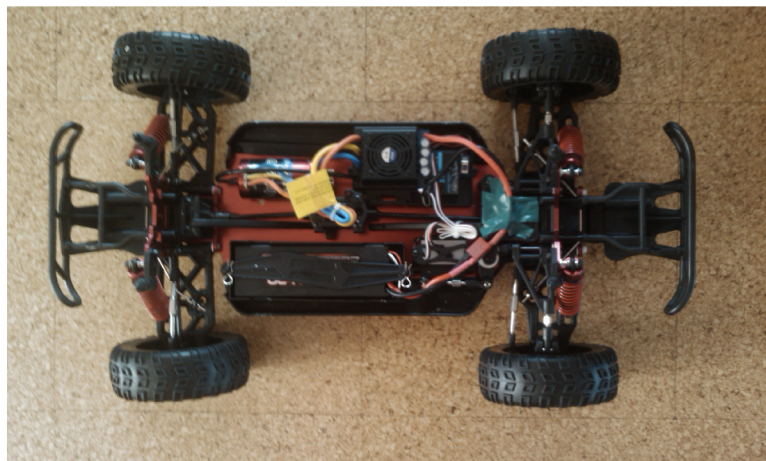
Aby sa zabezpečilo spustenie všetkých služieb po štarte systému, bolo ešte nutné vytvoriť skripty, ktoré spustia programy na pozadí (uzavrú štandardný vstup a výstup u programov, ktoré nepracujú ako „daemon“). V poslednom kroku bolo potrebné umiestniť skripty do priečinku */etc/rc.d* a ich názvy vložiť do súboru */etc/rc.conf* do premennej *DAEMONS*.

Týmito krokmi je zaistené spojenie so stanicou a tiež je funkčný prenos videa. Ostatné programy ako napr. server ovládajúci servomotory, monitor batérie, atď. sú popísané v ďalších sekciách.

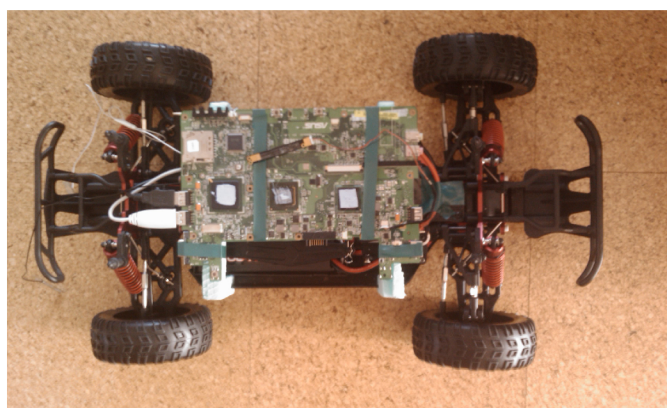
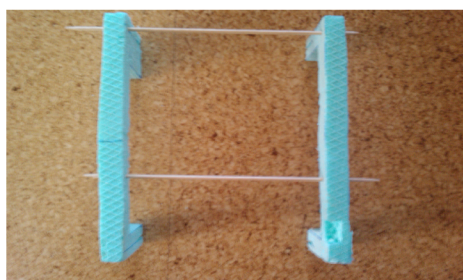
4.2 Úprava modelu

Keďže model mal byť osadený počítačom Asus Eee PC a jeho batériou, tak som zámerne zvolil model väčších rozmerov aby tam bolo možné tieto komponenty pohodlne vložiť.

Automobil obsahoval vo svojej výbave elektromotor, batériu, servo na ovládanie kolies (smeru), jednotku na ovládanie rýchlosti motora (ESC) a rádio prijímač.



Aby tam bolo možné vložiť počítač a zaručiť aspoň miernu cirkuláciu vzduchu, bolo ho potrebné umiestniť v určitej vzdialenosti od základnej výbavy modelu. Na vytvorenie 2 nosníkov, na ktoré som umiestnil počítač, som zvolil tvrdený polystyrén (vhodnejšie by bolo využiť plast). Na tieto nosníky som upevnil počítač pomocou izolačnej pásky.



Ako poslednú vec bolo potrebné vhodne umiestniť kameru a WiFi antény. Kameru som umiestnil na predné okno auta a antény za zadné okno. Na vedenie káblov som využil otvor v streche, ktorý bol pôvodne určený pre anténu.



4.3 Monitorovanie stavu spojenia a batérie

Pri ovládaní modelu sa môže stať, že sa prekročí vzdialenosť medzi stanicou a modelom, ktorá je limitom bezdrôtového spojenia. Takisto môžu nastať potiaže s batériou.

Takéto problémy sa pre model, najmä ak sa jedná o vzdušný alebo vodný, môžu skončiť tragicky. Aby sa tomu vyhlo je spojenie medzi stanicou a modelom monitorované. Zmena stavu bezdrôtového spojenia je dynamickejšia oproti zmene stavu batérie, preto je potrebné ho kontrolovať častejšie. Ja som zvolil periódu kontroly stavu bezdrôtového spojenia 500 ms a stavu batérie 30000 ms.

WiFi

Zistenie kvality signálu je implementované vo funkcii *wifiSignal*, ktorá vracia percentuálnu hodnotu. Vzhľadom na to, že knižnica *Qt* toto neumožňuje zistiť, je táto implementácia platformne závislá a to na operačných systémoch rodiny Unix. Kvôli tejto platformnej závislosti je kód na zistenie kvality signálu izolovaný v súbore **system.h**.

Kvalita signálu sa zisťuje pomocou programu **iwconfig**, ktorý je súčasťou všetkých Unixových systémov a obsahuje informácie o kvalite linky.

Batéria

Zisťovanie stavu batérie je riešené metódou klient-server. Na modeli je spustený server, ktorý naslúcha na zvolenom porte. Stanica sa periodicky spojuje s týmto serverom, za účelom prebratia percentuálneho stavu batérie.

Server je vytvorený ako jednoduchý *perl* skript a využíva program *acpi*.

Listing 4.3: battery.pl

```
...
$battery = `acpi -b`;
$battery =~ s/.*?([0-9]*)%$/\1/g;
chomp $battery;
...
```

4.4 Prenos obrazu

Prenos obrazu je riešený metódou klient-server. Ako server som využil spomínaný program *Camserv*, ktorý prenáša obraz z kamery. Komunikácia medzi klientom a serverom je postavená na protokole *http*.

Výhoda využitia Camservu oproti streamovaniu videa z kamery (napr. s využitím programov VLC alebo mplayer) je nižšia latencia prenosu obrazu, ktorá je cca. do pol sekundy.

Klient na získavanie obrazu využíva knižnicu *libvlc*. Kód využívajúci túto knižnicu je izolovaný v module **Video.cc** a predstavuje okno s obrazom.

```
void Video::play(const QString &stream);
```

Hlavnou funkciou jeho rozhrania je **Video::play**, ktorá je zavolaná pri detekovaní funkčného spojenia a zabezpečí prehranie videa. Parameterom *stream* je URL, konkrétne v tvare *http://ip:port*.

Knižnica sa parametrizuje rovnako ako pri použití programu *VLC*.

```
const char * const VLC_ARGS[] = {
    "-I", "dummy",
    "--ignore-config",
    "--http-caching=0",
    ...
};
```

Najdôležitejším parametrom je *-http-caching*, ktorý určuje veľkosť vyrovnávacej pamäte v sekundách. Prenos videa je štandardne cachovaný, to je nežiadúce ak chceme dosiahnuť obraz v čo najreálnejšom čase, preto je potrebné túto funkciu vypnúť.

4.5 Ovládanie modelu

Modely sú častokrát vybavené vstavaným rádio prijímačom určeným na jeho ovládanie. Ale vzhľadom k možnosti využitia USB kitu určeného na ovládanie serv, je možné využiť na tieto účely WiFi. Tým je zabezpečené, že u žiadneho modelu, ktorého prijímač nepracuje s rozprestreným spektrom, nedôjde k rušeniu ovládania iným modelom. Takisto sa v tomto prípade vytvára možnosť ovládať model rôznymi spôsobmi, nie len pomocou dodávaného vysielača, ale napr. myšou, klávesnicou, joystickom, volantom, atď.

Povely sú vysielané zo stanice do modelu, na ktorom beží server, ktorý tieto povely interpretuje a na základe toho ovláda servá. Tieto povely používajú jednoduchý protokol, ktorý identifikuje servomotor a udáva jeho natočenie v percentách. Percentuálne natočenie znamená, že servomotor je pri $\pm 100\%$ natočený do svojich krajných polôh a pri 0% je v neutrálnej polohe (podobne pre ESC).

Byte	Účel	Hodnota
1	ID serva	0 – 255
2	Natočenie	-100 – 100

Limitou tohto protokolu je, že umožňuje prenášať úroveň natočenia len s rozlíšením jedného percenta. Aj keď by bolo možné rozšíriť veľkosť údaju o natočenie, na tieto účely takéto rozlíšenie stačí.

Server po spustení „pridá“ servá na kontrolér, potom čo špecifikuje ich maximálny rozsah šírky pulzu v mikrosekundách. Po prijatí 2 bytov sa „vyberie“ servo z kontroléra na základe ID z prvého bytu. Ak je servo „prítomne“ na kontroléri, tak sa skontroluje rozsah hodnôt (bytu 2) a ten sa upraví do intervalu $\langle -1, 1 \rangle$. Následne sa nastaví pozícia serva na základe tohto údaju.

4.6 Komponenty systému a využité nástroje

Pri riešení tejto práce boli použité rôzne programy a knižnice. V tejto sekcii sú zhrnuté nástroje použité v počítači ovládajúci model ako aj tie, ktoré sú využité na vytvorenie užívateľského rozhrania v PC stanici. Zvlášť sa tu nachádzajú informácie o hlavných komponentoch systému (obr. 4.1) a moduloch užívateľského rozhrania.

Model

Na počítači, ktorý ovláda model je nainštalovaný Arch Linux a okrem štandardnej výbavy programov, ktoré zahŕňa, bolo nutné nainštalovať ešte nástroje perl, hostapd, dhcp, libusb, libtool a acpi. Tieto sa nachádzajú v repozitároch balíčkovacieho systému. Nutnou komponentou, ktorá nie je obsiahnutá v repozitároch je program Camserv, ktorý zabezpečuje prenos videa.

Komponenta	Účel	Využíva
Camserv	Prenos obrazu	libtool
smed	Ovládanie servomotorov	libusb
battery.pl	Stav batérie	perl, acpi
syscontrol.pl	Reštart/Vypnutie systému	perl

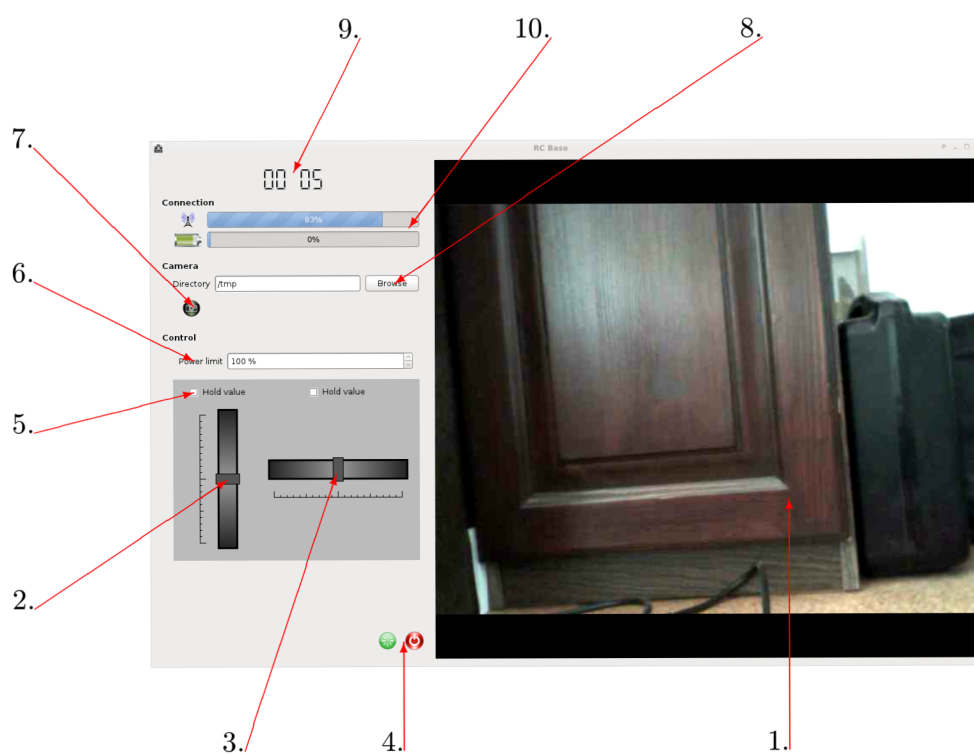
PC stanica

Užívateľské rozhranie na ovládanie modelu bolo riešené s využitím knižnice Qt, ktorá zabezpečuje určitú multiplatformnosť (minimálne Windows, Linux a Mac). Tým je zabezpečená nezávislosť na OS až na zisťovanie stavu spojenia, ktoré je izolované v súbore *system.h*. Jeho reimplementácia je jednoduchá, je treba len využiť nástroje zvoleného OS. Prehranie videa je realizované pomocou knižnice libvlc. Program ešte využíva knižnicu SDL ak by sa použil Joystick na ovládanie modelu.

Komponenta	Účel	Využíva
rcbase	Užívateľské rozhranie na ovládanie modelu	Qt, libvlc, SDL

rcbase	
Modul	Účel
mainwindow	Hlavné okno programu
video	Okno s videom
joystick	Ovládanie modelu joystickom
system	Platformne závislé funkcie (stav spojenia)

4.7 Výsledná aplikácia



1. Obraz z kamery
2. Ovládanie plynu
3. Ovládanie smeru
4. Reštart/Vypnutie modelu
5. Krokové ovládanie
6. Škrtenie výkonu
7. Screenshot obrazu
8. Priečnik na ukladanie screenshotov
9. Uplynutý čas
10. Stav spojenia a batérie

5. Záver

Cieľom práce bolo upraviť RC model spôsobom, ktorý vylepší a rozšíri jeho vlastnosti. Úloha kládla dôraz na vzdialené ovládanie modelu prostredníctvom PC stanice, ako aj na možnosť sledovania „živého“ obrazu z modelu.

K dispozícii na riešenie práce bol počítač Asus Eee PC, ktorý pre svoje rozmery a váhu (batéria) výrazne limitoval výber modelov. Nakoniec sa ako kandidát na vhodný model ukázalo auto v mierke 1:8 a to konkrétne HIMOTO 1/8 VEGA 8 Short Course. Toto auto bolo možné bez problémov osadiť všetkými potrebnými komponentami, avšak športový charakter tohto auta ho nepredurčuje na dlhé prieskumy „neznámych“ oblastí, ani na jemné ovládanie v stiesnenom priestore. V každom prípade však auto splňa požiadavky naň kladené.

Cieľ práce bol splnený vytvorením užívateľského rozhrania, ktoré umožňuje ovládať model (napr. prostredníctvom klávesnice) ako aj zobrazuje video prenos z modelu v reálnom čase (s prijateľným oneskorením, v skutočnosti reálny prenos nie je možné zabezpečiť).

V budúcnosti by bolo lepšie nahradiť Asus Eee PC, ktoré je použité na ovládanie modelu niečím menším, pričom by zostala možnosť použiť všetok software, ktorý je na ňom. Napr. vhodnejší by bol router s linuxovou distribúciou OpenWrt alebo PDA postavené na Linuxoch. Tiež by bolo lepšie využiť externú kameru s hardwarovo riešeným kódovaním videa, čím by sa ušetril čas a tým znížilo oneskorenie videa pri prenose.

Takisto je tu priestor na rozšírenie funkcií tohto riešenia jednak na strane cieľovej stanice a to napr. o autopilota, ktorý by rozpoznával objekty v prijímanom obraze (napr. cestu), ale aj rozšírenie modelu o ďalšie komponenty (ďalšie kamery, reproduktor, mikrofón, ...).

Literatura

- [1] BLUETOOTH SIG. *Bluetooth Basics* [online]. 2011 [cit. 1. března 2011]. Dostupné na: <<http://www.bluetooth.com/Pages/Basics.aspx>>.
- [2] BOROVIČKA, P. *Konstrukce podvozku pro letecké modely*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2009. 102 s. Bakalářská práce. Dostupné na: <<http://dspace.knihovna.utb.cz/handle/10563/8121>>.
- [3] FILO, M. *Poloautomatické RC řízení modelů*. Brno: FIT VUT v Brně, 2010. 32 s. Bakalářská práce. Dostupné na: <<http://www.fit.vutbr.cz/study/DP/BP.php.cs?id=10741&y=2009>>.
- [4] HRNČÁR Ľubo. *Trocha historie aneb zrození RC modelů* [online]. 2011-02-03 [cit. 25. dubna 2011]. Dostupné na: <<http://www.sam122.sk/photos/jaroslavprchal03/index.htm>>.
- [5] POLOLU CORPORATION. *Micro Maestro 6-Channel USB Servo Controller* [online]. 2011 [cit. 10. března 2011]. Dostupné na: <<http://www.pololu.com/catalog/product/1350>>.
- [6] PROCERUS TECHNOLOGIES. *Kestrel Autopilot v2.4*. [b.m.]: Procerus Technologies, 2010. 7 s. Dostupné na: <http://www.procerusuav.com/Downloads/Datasheets/Kestrel_2.4.pdf>.
- [7] PROCERUS TECHNOLOGIES. *Virtual Cockpit v2.6*. [b.m.]: Procerus Technologies, 2010. Dostupné na: <http://www.procerusuav.com/Downloads/DataSheets/Virtual_Cockpit_2.4.pdf>.
- [8] WITT, W. *RC Helicopter Primer*. [b.m.]: Knowledge Labs, 2010. 342 s. Dostupné na: <<http://www.knowledgelabs.com/RadioControl/Helicopter/Primer/>>.
- [9] ZIGBEE ALLIANCE. *ZigBee Specification Overview* [online]. 2011 [cit. 1. března 2011]. Dostupné na: <<http://www.zigbee.org/Specifications/ZigBee/Overview.aspx>>.

A. Ovládanie modelu Joystickom



A. Ovládanie plynu (2.)

B. Ovládanie smeru (3.)

C. Screenshot obrazu (7.)

D. Krokové ovládanie (5.)

E. Zníženie výkonu (6.)

F. Zvýšenie výkonu (6.)